



Température nocturne et photosynthèse. III. Influence de la température appliquée pendant une nuit sur les échanges gazeux de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Jean-Jacques Longuenesse

► To cite this version:

Jean-Jacques Longuenesse. Température nocturne et photosynthèse. III. Influence de la température appliquée pendant une nuit sur les échanges gazeux de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Agronomie*, 1982, 2 (9), pp.805-811. <hal-00884449>

HAL Id: hal-00884449

<https://hal.science/hal-00884449v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Température nocturne et photosynthèse.

III. Influence de la température appliquée pendant une nuit sur les échanges gazeux de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Jean-Jacques LONGUENESSE

I.N.R.A., Station de Bioclimatologie, Centre de Recherches d'Avignon, B.P. 91, F 84140 Montfavet.

RÉSUMÉ

Tomate,
Température nocturne,
Échanges gazeux,
Photosynthèse,
Transpiration.

La photosynthèse de la tomate est sensible à la température nocturne. Une différence de quelques degrés par rapport à la température appliquée pendant la croissance (14 °C) entraîne une réduction d'environ 10 p. 100 des échanges de la période diurne suivante.

Les nuits froides (7 °C) entraînent un blocage du métabolisme nocturne (respiration nulle) qui a des conséquences importantes sur la photosynthèse (réduction globale de 35 p. 100 sur 12 h de jour). Chez les plantes plus âgées, après la nouaison, l'optimum thermique évolue vers des valeurs plus basses (10 °C). Cette sensibilité met en jeu le bon déroulement du métabolisme nocturne et l'élaboration des substances nécessaires à la photosynthèse, plutôt que les relations hydriques de la plante et son activité stomatique.

SUMMARY

Tomato,
Night temperature,
Gaseous exchange,
Photosynthesis,
Transpiration.

Night temperature and photosynthesis. III. Effect of applied temperature during one night on gaseous exchange tomato (Lycopersicon esculentum Mill.)

Tomato photosynthesis responds to night temperature. A difference of a few degrees from the night growth temperature (14 °C) leads to a reduction of about 10 % in gas exchange on the next day. Night-time metabolism is almost stopped during cold nights (7 °C) and respiration is zero. An important consequence is the reduction of daytime photosynthesis (by 35 % over a 12-hour period). For older plants, after fruit set, cool nights have a positive effect on CO₂ assimilation.

These effects on photosynthesis are related to the proper function of night metabolism and to the production of photosynthetic enzymes, rather than to water relations or stomatal activity.

I. INTRODUCTION

La température est un facteur essentiel de la croissance et du développement de la plante, facteur qui conditionne la quasi-totalité des fonctions physiologiques ; dans le cas des cultures sous serres, le contrôle de la température nocturne par le chauffage se fait bien souvent à partir de niveaux de consignes déterminés de façon plus ou moins empirique, en particulier en fonction des consommations d'énergie qu'ils entraînent.

Dans un précédent article (LONGUENESSE, 1978a) nous avons passé en revue, à partir de la littérature existante, l'action possible de la température nocturne sur la photosynthèse, qui représente un bon indicateur de l'activité physiologique diurne : en dehors d'une plage de températures « optimales » d'amplitude inférieure à 10 °C, l'arrière effet dépressif sur la photosynthèse des basses comme des hautes températures est quasi général.

L'action des basses températures peut s'expliquer par 3 types de mécanismes :

— l'apparition d'un déficit hydrique en début de journée, dû à l'inertie thermique du substrat racinaire (CROOKSTON *et al.*, 1974 ; PASTERNAK & WILSON, 1972), ce déficit aboutissant à une fermeture des stomates et donc à une réduction des échanges de CO₂.

— la réduction des transformations et exportations des produits de la photosynthèse, entraînant une réduction des échanges par engorgement des feuilles (PEOPLES & KOCH, 1978). Ce mécanisme est essentiel dans le cas des graminées tropicales (WEST, 1973 ; CARTER & GARRARD, 1976),

— également lié à une réduction de l'utilisation des assimilats, un manque de produits élaborés (enzymes de la photosynthèse, par exemple) entraînant une baisse de potentiel photosynthétique de la plante (HURD & ENOCH, 1976).

Certains auteurs relient également cette moindre photosynthèse à une réduction de la croissance foliaire (conséquence des effets précédents) qui se répercute sur la capacité d'assimilation à l'échelle de la plante (HUSSEY, 1965).

La réduction de photosynthèse observée après une température nocturne trop élevée est liée à la concurrence, pour l'utilisation des assimilats, entre la respiration d'entretien, qui augmente avec la température, et les autres utilisations (synthèses, exportations) (MURAKAMI & INAYAMA, 1974 ; HEWITT & CURTIS, 1948) selon un mécanisme finalement analogue au cas précédent.

Les expériences rapportées dans le présent article avaient pour objet :

— de caractériser l'influence à court terme de la température nocturne sur le fonctionnement physiologique des tomates, mesuré par leur activité photosynthétique. Des observations sur son action à long terme avaient mis en évidence l'importance du début de la croissance végétative pour le déroulement ultérieur de la vie de la plante (LONGUENESSE, 1978b). Cette caractérisation a donc été faite essentiellement sur des plantes jeunes (avant floraison) ;

— de préciser quelques possibilités quant aux mécanismes impliqués dans cette action.

L'influence de la température nocturne sur la photosynthèse diurne fait intervenir les relations entre les différentes fonctions et les variations des équilibres d'ensemble de la plante. C'est pourquoi l'unité d'observation utilisée est la plante entière.

Le choix du nyctémère comme échelle de temps permet de suivre l'évolution de la respiration obscure (qui fournit une indication de l'activité de la plante pendant la nuit) et de la photosynthèse au cours de la journée suivante ; le bilan sur 24 h de ces échanges constitue une estimation de l'importance des effets observés dans la production de matière sèche.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. Matériel végétal et mode de culture

Les tomates (variété « Lucy ») sont semées directement dans des pots en plastique de 20 × 20 cm contenant du terreau horticole (3 à 4 graines par pot) à raison de 2 pots, 2 fois par semaine ; 15 jours à 3 semaines après le semis, on sélectionne visuellement pour chaque pot la plante la plus vigoureuse et on élimine les autres. Les pots sont placés dans une chambre climatisée où les conditions sont les suivantes :

	Rayonnement global	P.A.R. (400/700 nm)	Température	Humidité relative
Jour	100 W.m ⁻²	45 W.m ⁻²	21,5 ± 0,5 °C	70 à 75 %
Nuit	—	—	14,0 ± 0,5 °C	80 à 85 %

La photopériode et la thermopériode sont de 12 h ; l'éclairement est assuré par des lampes à vapeur de mercure et halogénures métalliques (OSRAM HQI 400) dont le spectre, mis à part un pic important vers 540 nm, est assez voisin de celui de la lumière solaire.

Les plantes sont arrosées en fonction des besoins, 2 à 4 fois par semaine. A partir de la fin de floraison du 1^{er} bouquet, l'arrosage est complété une fois par semaine par l'apport d'une solution nutritive identique à celle utilisée dans les essais de serre (mélange d'engrais commerciaux additionné de séquestrène de fer).

Les plantes sont menées à 1 ou 2 bouquets ; les mesures d'échanges gazeux en chambre d'assimilation après différentes températures nocturnes sont réalisées d'une part sur des plantes âgées de 40 à 60 j, c'est-à-dire au moins une semaine avant la floraison du 1^{er} bouquet, d'autre part sur des plantes âgées de 90 à 110 j, soit après la fin de la nouaison du 1^{er} bouquet.

B. Traitements appliqués et mesures effectuées

Les chambres d'assimilation utilisées ont été décrites par ailleurs (LONGUENESSE *et al.*, 1982). Elles sont climatisées et permettent la mesure en continu des échanges gazeux de la partie aérienne de plantes dont la hauteur n'excède pas 1 m. L'éclairage y est assuré par les mêmes lampes que dans les chambres de culture, mais le niveau d'éclairement est beaucoup plus important (en P.A.R. : 300 W.m⁻² au-dessus de la plante, 50 à 100 W.m⁻² au niveau des feuilles les plus basses).

1. Traitement

Les plantes sont prélevées dans la chambre climatisée en début d'après-midi et placées dans la chambre d'assimilation ; après quelques heures d'équilibrage avec les conditions de la chambre, leur assimilation nette et leur transpiration sont mesurées pendant 2 heures, de 16 h à 18 h. La valeur moyenne pendant ces 2 heures servira de référence pour les mesures du lendemain.

De 18 à 6 h le lendemain, les plantes sont à l'obscurité et subissent une température nocturne donnée, pendant que la respiration est enregistrée de façon continue ; puis, leur photosynthèse et leur transpiration sont de nouveau suivies pendant toute la photopériode suivante, à la même température que pendant la croissance en chambre climatisée (21.5 °C).

Les températures appliquées pendant la nuit sont 7, 10, 14 ou 20 °C.

On a donc un enregistrement continu des échanges de CO₂ pendant plus d'un nyctémère et des échanges de vapeur d'eau pendant la partie « diurne » de cette période, et cela pour des plantes ayant subi 4 températures différentes pendant la scotopériode ; toutes les autres conditions sont censées être rigoureusement identiques pour toutes les plantes.

Les résultats présentés ici sont les moyennes des mesures effectuées sur au moins 10 plantes (mesures avant floraison) ou 5 plantes (mesures après floraison) pour chaque température.

2. Calcul des échanges gazeux

Les échanges gazeux de la plante sont calculés en faisant la somme de 2 termes :

$$N = Q(C_e - C_s) - V \times dCi/dt$$

$$(1) \quad (2)$$

où l'on a :

N = Echanges nets de la plante en g (CO₂ ou H₂O) . S⁻¹, comptés positivement lorsqu'il y a absorption par la plante.

Q = Débit d'air traversant l'enceinte en l.s^{-1} .

C_e = Concentration dans l'air à l'entrée de l'enceinte (en g.l^{-1}).

C_s = Concentration dans l'air à la sortie de l'enceinte.

C_i = Concentration intérieure (compte tenu du brassage intérieur on a $C_i = C_s$).

V = Volume total de l'enceinte.

dC_i/dt = Dérivée par rapport au temps de la concentration C_i .

Le terme (1) représente le bilan instantané entre les quantités de CO_2 ou H_2O entrant et sortant de l'enceinte ; il est seul à intervenir en état de régime permanent. Le terme (2) n'intervient que lors de variations importantes et assez rapides des échanges de la plante (pendant environ 2 h après l'allumage ou l'extinction des lampes). Il prend en compte l'inertie du système de mesure, qui atténue fortement la traduction au niveau de C_s de ces variations des échanges.

En pratique, le terme différentiel dC_i/dt est approché par un accroissement discret $\frac{\delta C_s}{\delta t}$, mesuré pour $\delta t = 5 \text{ mn}$.

III. RÉSULTATS

A. Expression des résultats

Les mesures de photosynthèse et de transpiration sont le plus souvent exprimées en quantité de gaz (CO_2 ou H_2O) par unité de surface foliaire et par unité de temps.

C'est la méthode que nous avons utilisée pour présenter les échanges gazeux des plantes jeunes. Cela n'était possible que dans la mesure où les plantes utilisées étaient relativement identiques, aussi bien par leur taille que par leur structure, et où la répartition de l'énergie lumineuse entre les différentes feuilles était donc constante.

Cependant pour atténuer l'importance des disparités existant malgré tout entre les conditions initiales, nous avons également exprimé ces résultats en unités relatives, c'est-à-dire en pourcentage du niveau de référence mesuré la veille entre 17 h et 18 h.

De cette façon, on peut apprécier uniquement l'importance des modifications des échanges sous l'effet du traitement appliqué.

B. Echanges de CO_2 (fig. 1 et 2)

1. Respiration

Les mesures de respiration ne sont disponibles que pour les nuits à 7, 10 et 20 °C. Les expériences à 14 °C ont été réalisées les premières, alors que le dispositif ne permettait pas encore les mesures nocturnes. On peut noter :

— d'une façon générale, la très forte influence de la température sur la respiration : $39 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ à 10 °C, $90 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ à 20 °C (niveau maximum), soit un Q_{10} de 2,3 ;

— une certaine stabilité de la respiration durant toute la scotophase, surtout aux températures élevées ; à 20 °C, elle est à peu près parfaite ; à 10 °C, la respiration décroît légèrement au cours de la nuit ;

— l'inhibition presque totale de la respiration à 7 °C. La courbe de respiration dans ces conditions présente une forme particulière : faible, mais nettement positive en début de nuit, la respiration diminue rapidement pour s'annuler

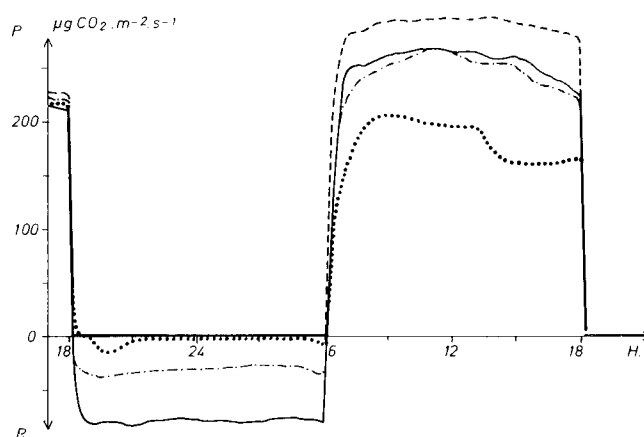


Figure 1

Echanges de CO_2 de tomates avant la floraison (40 à 60 j après le semis) - valeur absolue.

Température appliquée pendant la nuit :

20 °C (—) ; 14 °C (---) ; 10 °C (....) ; 7 °C (— · —).

CO_2 exchange of tomatoes before flowering (40 to 60 days after sowing) - absolute values.

Night temperature :

20 °C (—) ; 14 °C (---) ; 10 °C (....) ; 7 °C (— · —).

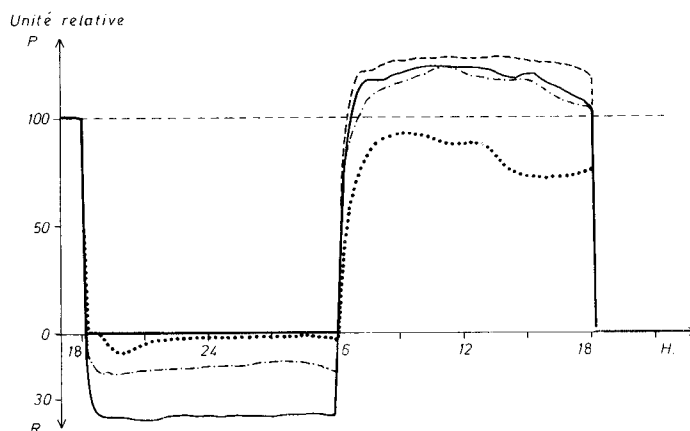


Figure 2

Echanges de CO_2 de tomates avant la floraison - Unités relatives - Mêmes symboles que fig. 1.

CO_2 exchange of tomatoes before flowering - relative units - Same symbols as fig. 1.

(ou tout au moins devenir inférieure au seuil de résolution des mesures) vers 21 h 30.

Dans ces 2 derniers cas (10 °C et 7 °C), l'évolution de la respiration au cours de la nuit doit être reliée à la courbe des températures racinaires qui décroît régulièrement pour n'atteindre sa valeur d'équilibre qu'en fin de nuit (fig. 3). Bien qu'on ne mesure ici que les échanges de la partie aérienne, il n'est pas surprenant de constater que les activités métaboliques des parties aérienne et racinaire de la plante sont liées, comme ces variations de la respiration tendent à le prouver.

2. Photosynthèse

Les courbes d'échanges diurnes font apparaître très nettement plusieurs éléments :

a) La photosynthèse est maximale après une nuit à 14 °C c'est-à-dire à la même température que celle qui a été

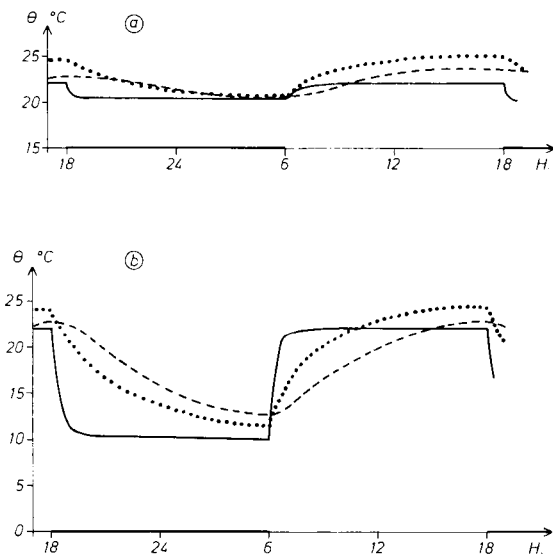


Figure 3

Evolution de la température au cours du nyctémère.

a) température de consigne nocturne : 20 °C ; b) température de consigne nocturne : 10 °C.

— : feuilles ; : sol (à 4 cm) ; - - - - : sol (à 10 cm).

Temperature evolution over 24 h. Night air temperature : a) 20 °C ; b) 10 °C.

— : leaves ; : soil (4 cm deep) ; - - - - : soil (10 cm deep).

appliquée pendant la croissance. Ceci est surtout visible sur les courbes d'assimilation par unité de surface ; le maximum atteint est de $300 \mu\text{g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; exprimé en unité relative, l'avantage d'une température nocturne de 14 °C est moins net du point de vue du niveau maximum des échanges instantanés, mais s'exprime surtout par la régularité tout au long de la journée : la photosynthèse atteint 95 p. 100 de son maximum dès 7 h 30 et ne redescend en dessous de ce niveau qu'après 17 h.

On peut noter ici que pour ce traitement « témoin », le niveau d'assimilation en fin de journée est de 20 p. 100 supérieur à ce qu'il était la veille.

Deux éléments peuvent se combiner pour expliquer ce phénomène :

— d'une part, l'accroissement de la surface foliaire en 24 h. Les échanges sont en effet rapportés à la surface mesurée en fin d'expérience qui est supposée constante de la mise en place des plantes à leur sortie de la chambre. En fait, pour des plantes à ce stade, on peut envisager un accroissement quotidien de surface de l'ordre de 10 p. 100 ;

— d'autre part, l'adaptation de la plante aux conditions de la chambre d'assimilation, après le « choc » du transfert à partir de la chambre climatisée ; la période d'adaptation de 2 ou 3 h est peut-être insuffisante pour un bon ajustement des échanges, d'autant plus que l'intensité lumineuse est très supérieure dans la chambre d'assimilation ($300 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ contre 45). Il peut donc s'agir également d'un phénomène d'acclimation progressif à des conditions lumineuses plus favorables.

b) Après une nuit à 10 °C ou à 20 °C, le niveau maximum de photosynthèse est significativement réduit ($270 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ dans les 2 cas, soit une diminution de 10 p. 100).

L'examen des courbes de variation relative montre :

- une montée matinale plus lente après une nuit à 10 °C,
- aussi bien après 20 °C qu'après 10 °C, une décroissance régulière de la photosynthèse à partir de 11 h environ

(heure à laquelle le maximum est atteint) pour revenir en fin de journée au niveau de référence de la fin de la journée précédente.

c) Après une nuit à 7 °C, la photosynthèse est très fortement réduite. D'une part, la montée est beaucoup plus lente ; d'autre part, le maximum atteint ne représente que 90 p. 100 du niveau de référence et, après un plateau légèrement décroissant vers $200 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ qui dure jusqu'à 13 h, la photosynthèse chute brusquement à $160 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, soit 75 p. 100 seulement du niveau de référence.

C. Transpiration (fig. 4)

Les mesures de transpiration permettent d'apporter certains éléments d'explication aux variations de la photosynthèse. C'est dans ce but que les mesures sont présentées uniquement en unités relatives, toujours sur la base du niveau de référence mesuré entre 17 h et 18 h le 1^{er} jour de l'expérience.

Les variations de la transpiration sont beaucoup moins importantes que celles de la photosynthèse :

— pour un traitement donné : le niveau varie très peu au cours de la journée, bien que l'on observe une légère décroissance dans les dernières heures ;

— entre les différents traitements : les courbes sont pratiquement confondues pour 20 °C et 14 °C ; après 10 °C, bien que le niveau soit légèrement inférieur, la différence est à peine significative.

Seules les plantes ayant subi 7 °C la nuit précédente ont une transpiration nettement inférieure à celle des autres traitements.

En tout état de cause, la faible importance de ces variations indique que la température nocturne a assez peu d'effets sur la résistance foliaire à la diffusion, donc en particulier sur l'ouverture stomatique.

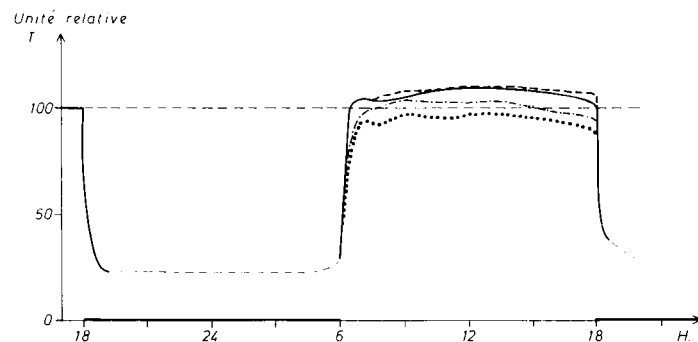


Figure 4

Echanges de vapeur d'eau de tomates avant la floraison - Unité relative - Mêmes symboles que fig. 1.

Water vapour exchange of tomatoes before flowering - relative units - Same symbols as fig. 1.

D. Relations entre photosynthèse et transpiration (fig. 5)

La comparaison, traitement par traitement, des courbes de photosynthèse et de transpiration rapportées à leur niveau maximum, permet de mettre en évidence l'évolution, au cours de la journée, de facteurs contrôlant un seul des 2 phénomènes qui entraîneront donc un écart entre les courbes correspondantes. Elle vient ainsi en complément de

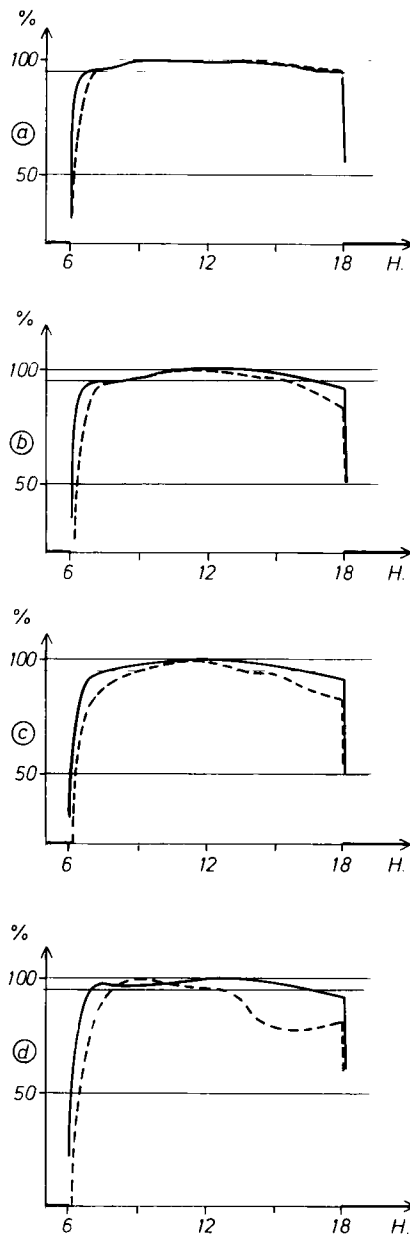


Figure 5
Evolution de la photosynthèse et de la transpiration, en p. 100 de leur maximum. Température nocturne : a) 14 °C ; b) 20 °C ; c) 10 °C ; d) 7 °C

— : transpiration ; - - - - : photosynthèse.

Photosynthesis and transpiration, as percent of their max. Night temperature : a) 14 °C ; b) 20 °C ; c) 10 °C ; d) 7 °C

— : transpiration ; - - - - : photosynthesis.

l'étude précédente portant sur les valeurs propres à chaque fonction.

1. Après une température nocturne de 14 °C, les 2 courbes sont quasiment confondues tout au long de la journée (fig. 5a). Ceci montre d'une part le poids de la régulation stomatique dans le contrôle des échanges de CO₂ comme de vapeur d'eau, d'autre part qu'il n'apparaît pas au cours de la journée de nouveau facteur limitant la photosynthèse.

2. Après 20 °C (fig. 5b), si les courbes coïncident bien en début de journée (pendant la période d'augmentation des échanges), mais avec un léger décalage qui peut s'expliquer par le fort niveau de respiration antérieur, elles s'écartent ensuite l'une de l'autre, la transpiration se maintenant en

plateau pendant une période assez longue, alors que la décroissance de la photosynthèse intervient beaucoup plus tôt. C'est donc que d'autres facteurs interviennent pour contrôler le niveau d'assimilation.

3. Après 10 °C (fig. 5c), on observe un décalage semblable à la fois en début et en fin de journée : la courbe de photosynthèse est plus « pointue » que la courbe de transpiration.

Pour le début de la journée, le retard de la photosynthèse peut s'expliquer, comme pour la respiration nocturne, par la dépendance entre l'activité des feuilles et celle des racines, qui se réchauffent plus lentement, alors que la transpiration est simplement commandée par l'ouverture des stomates, qui est beaucoup plus rapide. En fin de journée, tous les paramètres du milieu étant stabilisés, l'intervention d'autres facteurs pour expliquer la baisse de photosynthèse est probable, comme après une température nocturne de 20 °C.

4. Enfin, pour 7 °C (fig. 5d), les 2 phénomènes ne présentent à peu près aucun point commun ; si la courbe de transpiration a, *grosso modo*, la même allure que pour les autres températures nocturnes, l'évolution de la photosynthèse est apparemment fortement découplée des facteurs qui commandent les flux gazeux entre la plante et l'atmosphère et sous la dépendance essentielle de facteurs internes.

C'est le seul cas où les maximums de photosynthèse et de transpiration sont totalement séparés dans le temps ; l'assimilation du CO₂ semble limitée très tôt, puisque la décroissance s'amorce dès 9 h, au lieu de 12 à 14 h dans les autres cas.

E. Influence de l'âge de la plante (fig. 6 et 7)

Sur des plantes âgées de 90 à 110 j, c'est-à-dire en pleine période de croissance des fruits, les résultats sont notablement différents. Il s'agit ici de « sondages » effectués sur des échantillons plus réduits (5 plantes) et qu'il faut donc interpréter avec prudence. Toutes les comparaisons faites avec les plantes plus jeunes portent sur les valeurs relatives, pour les raisons exposées plus haut.

Les niveaux de respiration au cours de la nuit sont tout à fait comparables à ceux mesurés sur de jeunes plantes ; par

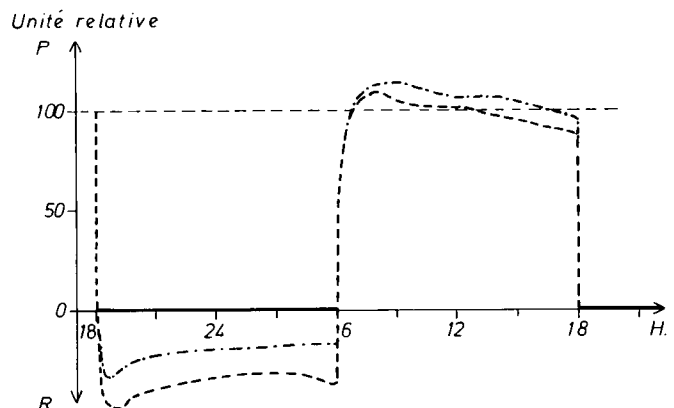


Figure 6

Echanges de CO₂ de tomates après la nouaison (90 à 110 j après le semis) - Unités relatives.

Température nocturne : 14 °C (- - - -) ; 10 °C (- - - -).

CO₂ exchange of tomatoes after fruit-set (90 to 110 days after sowing) - relative units.

Night temperature : 14 °C (- - - -) ; 10 °C (- - - -).

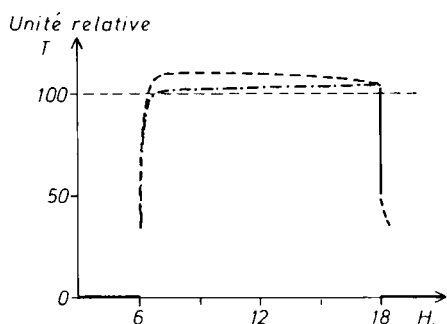


Figure 7

Transpiration des tomates après la nouaison - Unités relatives - Mêmes symboles que fig. 6.

Transpiration of tomatoes after fruit-set - relative units - Same symbols as fig. 6.

contre on observe en début de scotophase un pic respiratoire important. Les niveaux de photosynthèse diurne sont nettement plus faibles (maximum à 115 p. 100 et 110 p. 100 du niveau de référence, respectivement pour 10 °C et 14 °C, contre 126 et 130 p. 100) et surtout l'assimilation décroît continuellement au cours de la journée : elle tombe en-dessous de 95 p. 100 de son niveau maximum respectivement à 10 h 30 et 9 h 30. Par contre, l'évolution de la transpiration est à peu près la même que pour des plantes jeunes.

Si l'alimentation hydrique et le fonctionnement des stomates ne sont donc pas affectés par l'âge de la plante, il en va autrement de la photosynthèse :

- au lieu d'une augmentation en fin de journée par rapport au niveau de référence, on observe une diminution ; ceci peut provenir d'une part, de l'absence de feuilles en croissance et de la stabilité de la surface foliaire, puisqu'à ce stade les plantes, « arrêtées » au plus après le 2^e bouquet, n'ont plus de jeunes feuilles en croissance ; d'autre part, du vieillissement des feuilles qui entraîne une « fatigue » plus rapide de l'appareil photosynthétique ;

- on constate en outre un décalage de l'optimum de température nocturne vers des valeurs plus basses, puisque le niveau de photosynthèse est légèrement plus faible après une nuit à 14 °C qu'après une nuit à 10 °C.

IV. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'assimilation du CO₂ se fait au cours de réactions biochimiques complexes, qui nécessitent un certain nombre de substrats élaborés et d'enzymes assurant, en particulier, le fonctionnement du cycle de Calvin.

En tenant compte du fait que la variété de tomate utilisée est une variété sélectionnée pour les cultures de printemps sous serre, bien adaptée à des conditions relativement précises avec toutefois une tolérance possible à un climat moyennement froid, on peut proposer les hypothèses suivantes pour expliquer les phénomènes observés (LONGUENESSE, 1980).

La température nocturne de 14 °C, appliquée à toutes les plantes pendant leur croissance, représente alors leur optimum de fonctionnement : le métabolisme nocturne se déroule correctement et assure l'utilisation et la transformation complète des assimilats, mais sans épuisement des réserves de la feuille.

La réduction des activités de synthèse pendant une nuit à 10 °C ou la consommation excessive d'assimilats pendant une nuit à 20 °C peuvent entraîner au cours de la journée un manque d'enzymes nécessaires au bon déroulement de la photosynthèse. Cependant, on n'observe pas à ces températures d'altération fondamentale de la physiologie de la plante et, au bout de quelques jours, celle-ci doit pouvoir ajuster son fonctionnement à ces nouvelles conditions.

Les nuits froides réduisent considérablement l'exportation hors des feuilles des produits de la photosynthèse (YOSHIOKA *et al.*, 1977 ; HORI & SHISHIDO, 1977). De plus, chez de jeunes plantes, avant la floraison, elles entraînent une orientation préférentielle des transferts vers les racines (HORI & SHISHIDO, 1977).

A la suite d'une nuit à 7 °C, pendant laquelle le métabolisme de la plante est à peu près bloqué, on peut donc avoir à la fois :

- une accumulation d'assimilats bruts dans les feuilles adultes (HO, 1979), affectant leur taux d'assimilation nette selon un mécanisme analogue à celui observé par PEOPLES & KOCH (1978) sur la luzerne ;

- une mauvaise alimentation des jeunes feuilles encore partiellement hétérotrophes (HO & SHAW, 1977, 1979) affectant cette fois leur capacité d'assimilation par manque des enzymes nécessaires (SMITH, 1976 ; MURAKAMI & INAYAMA, 1974).

Après la floraison, par contre, ce sont les températures élevées qui entraînent des transferts préférentiels vers les racines (YOSHIOKA *et al.*, 1977) ; de plus, à ce stade, toutes les feuilles sont entièrement autotrophes ; enfin la consommation respiratoire, en particulier celle des fruits, devient très vite excessive par nuits chaudes.

Tous ces éléments combinés expliquent l'évolution de l'optimum thermique nocturne vers des valeurs plus basses ; ceci concorde d'ailleurs avec nos observations sur la croissance et la production (LONGUENESSE, 1978b) qui montrent un effet défavorable des nuits fraîches sur la croissance des jeunes plantes, mais un effet favorable dans la période de grossissement des fruits.

Par contre, l'absence de réduction importante de la transpiration indique qu'il n'y a pas d'altération notable de l'alimentation hydrique semblable à celle qui intervient chez le sorgho (PASTERNAK & WILSON, 1972) ou le haricot (CROOKSTON *et al.*, 1974). L'évolution du potentiel hydrique des feuilles, mesuré à la bombe de Scholander (chambre à pression) après une température nocturne de 5 °C ou 15 °C, a d'ailleurs été étudiée dans une expérience annexe (fig. 8) :

Si après une nuit froide on relève bien une chute de potentiel en début de journée, la situation s'inverse par la

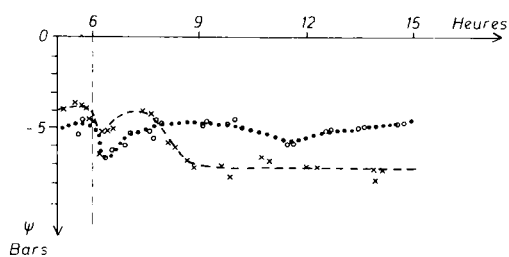


Figure 8

Evolution du potentiel hydrique des feuilles après deux températures nocturnes : 15 °C (x - - - x) ou 5 °C (o . . . o).

Leaf water potential after 15 °C (x - - - x) or 5 °C (o . . . o) night temperature.

suite, les plantes qui ont subi une température nocturne « favorable » (15 °C) présentent le potentiel le plus bas mais les différences sont faibles et le potentiel reste toujours supérieur aux valeurs indiquées par HSIAO (1973) comme seuils entraînant un début de fermeture des stomates.

L'existence aux différentes périodes de la vie de la plante d'arrière effets de la température nocturne sur les échanges gazeux diurnes montre que le fonctionnement physiologique de la plante dépend à la fois de la réponse propre à chaque fonction et des relations entre elles. Ces relations évoluent au cours de la période de culture en fonction du poids relatif des différents organes et de leur âge physiologique. En particulier, le retard de photosynthèse en début de journée après une nuit froide peut s'expliquer par

l'influence de l'activité racinaire réduite, du fait des basses températures relevées dans le sol ; cette hypothèse serait complémentaire des observations de FROSSARD (1980) qui note une dépendance marquée de la respiration racinaire vis-à-vis de l'activité des parties aériennes.

Ces relations entre fonctions sont susceptibles de s'ajuster plus ou moins rapidement aux variations du milieu. Il sera ainsi utile de compléter cette étude par celle de l'effet d'une température nocturne sur plusieurs nycthémers consécutifs ; de même, le poids relatif des racines et des parties aériennes dans cette sensibilité reste à déterminer.

Reçu le 15 mars 1982.

Accepté le 26 mai 1982.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Carter J. L., Garrard L. A., 1976. Effects of 10 °C night temperature and leaf assimilate levels on photosynthesis of *Digitaria decumbens* Stent. *Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc.*, **35**, 3-5.
- Crookston R. K., O'Toole J., Lee R., Ozbun J. L., Wallace D. H., 1974. Photosynthetic depression in beans after exposure to cold for one night. *Crop Sci.*, **14**, 457-464.
- Frossard J. S., 1980. *L'éclairement du feuillage, facteur de régulation du rythme nycthéral de respiration des racines*. Thèse de 3^e cycle, Université de Clermont II, 52 p., 67 réf.
- Hewitt S. P., Curtis O. F., 1948. The effect of temperature on loss of dry matter and carbohydrates from leaves by respiration and translocation. *Amer. J. Bot.*, **35**, 746-755.
- Ho L. C., 1979. Regulation of assimilate translocation between leaves and fruits in the tomato. *Ann. Bot.*, **43**, 437-448.
- Ho L. C., Shaw A. F., 1977. Carbon economy and translocation of 14 C in leaflets of the seventh leaf of tomato during leaf expansion. *Ann. Bot.*, **41**, 833-848.
- Ho L. C., Shaw A. F., 1979. Net accumulation of minerals and water and the carbon budget of an expanding leaf of tomato. *Ann. Bot.*, **43**, 45-54.
- Hori Y., Shishido Y., 1977. Studies on translocation and distribution of photosynthetic assimilates in tomato plants. 1. Effects of feeding time and night temperature on the translocation and distribution of 14 C assimilates. *Tohoku J. Agric. Res.*, **28**, 26-40.
- Hsiao T. C., 1973. Plant response to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, **24**, 519-570.
- Hurd R. G., Enoch H. Z., 1976. Effect of night temperature on photosynthesis, transpiration and growth of spray carnation. *J. exp. Bot.*, **27**, 695-703.
- Hussey G., 1965. Growth and development of the young tomato. III. The effect of night and day temperatures on vegetative growth. *J. exp. Bot.*, **16**, 375-385.
- Longuenesse J. J., 1978a. Température nocturne et photosynthèse. I. Etude bibliographique. *Ann. agron.*, **29**, 525-539.
- Longuenesse J. J., 1978b. Croissance et développement de la Tomate : action de la température nocturne. *C.R. Acad. Sci.* **287** (sér. D), 1329-1332.
- Longuenesse J. J., 1980. *Température nocturne et physiologie de la Tomate. Quelques influences à court et long termes*. Thèse 3^e cycle, Université d'Aix-Marseille 2, 58 p., 92 réf.
- Longuenesse J. J., Conus G., Sarrouy C., 1982. Température nocturne et photosynthèse. 2. Une chambre d'assimilation climatisée pour la mesure des échanges gazeux de plantes entières. *Agronomie*, **2**, (8), 777-781.
- Murakami T., Inayama M., 1974. The effect of temperature on the translocation of photosynthates in Cucumber plants. II. Effect of night temperature on the translocation of 14 C photosynthates in Cucumber seedlings (en japonais). *Jap. Soc. hort. Sci. J.*, **43**, 43-54.
- Pasternak D., Wilson G. L., 1972. After effects of night temperature on stomatal behaviour and photosynthesis of Sorghum. *New Phytol.*, **71**, 683-689.
- Peoples T. R., Koch D. W., 1978. Physiological response of three alfalfa cultivars to one chilling night. *Crop. Sci.*, **18**, 255-258.
- Smith C. J., 1976. Adaptations to environmental change in *Picea sitchensis* seedlings. Changes in photosynthesis, growth and substrate availability. *Ann. Bot.*, **40**, 1003-1015.
- West S. H., 1973. Carbohydrate metabolism and photosynthesis of tropical grasses subjected to low temperatures. 'Plant response to climatic factors'. *Actes du Colloque UNESCO d'Uppsala*, 1970, 165-168.
- Yoshioka H., Takahashi K., Arai K., Nagaola M., 1977. Studies on the translocation and accumulation of photosynthates in fruit vegetables. 1. Effects of night temperature and root temperature and of previous treatments with light intensity and nitrogen levels on the translocation and distribution of 14 C. Photosynthates in tomato plants. *Bull. Veg. Ornamental Crops Res. Stu* **3**, 31-41 (en japonais).