

Effets des basses températures et de la photopériode sur la croissance et le développement inflorescentiel du fraisier non remontant

Ines Hajlaoui¹, C. Hannachi¹ & Monique Bodson²

Keywords: Strawberry- Temperature and Photoperiod- Growth of vegetative- Inflorescentiel organs- Tunisia

Résumé

Des plants au stade 4 feuilles de deux cultivars de fraisier, Darselect et Elsanta, ont été scindés en cinq lots et cultivés durant 10 semaines sous différents régimes thermique et photopériodique: [1] une température basse (3 °C) associée à 8 h (4 semaines) puis transférés à une température élevée (20 °C) associée à 8 h ou 16 h (6 semaines) ou bien [2] une température élevée (20 °C) associée à 8 h et 16 h (10 semaines) ou 8 h (4 semaines) suivis de 16 h (6 semaines). Les résultats obtenus montrent que le pré-traitement thermique de 4 semaines détermine la croissance et l'état inflorescentiel des plants qui sera mesuré dès leur transfert à une température élevée (20 °C) en présence des jours courts ou des jours longs durant 6 semaines. En effet, les températures élevées (20 °C) augmentent le nombre de feuilles/plant, améliorent la surface foliaire totale et la longueur du pétiole, tandis que les basses températures (3 °C) avancent le stade d'émergence du bourgeon terminal et accélèrent la croissance de son axe inflorescentiel. Dans ce cas, le transfert des plants de jours courts en jours longs favorise la croissance de l'axe inflorescentiel et la longueur du pétiole (Elsanta).

Summary

Effects of Low Temperatures and Photoperiod on Growth and Inflorescentiel Development of June Bearing Strawberry

Strawberry plants (stage 4 leaves) of two cultivars, Darselect and Elsanta were subjected to temperature and photoperiod patterns: [1] low temperature (3 °C) with short days (8 h, 4 weeks) then 20 °C with short days or long days (16 h for 6 weeks) or [2] high temperature (20 °C) with short days, long days (10 weeks) or short days (4 weeks) followed by long days (6 weeks). Results showed that, temperature (3 °C or 20 °C) of first period (4 weeks) influences development stages of bud and vegetative growth after transferring plants to high temperature (20 °C) during 6 weeks. In fact, high temperature ameliorates leaf number/plant, total leaf area and length petiole and low temperature enhances terminal bud initiation and accelerates growth of inflorescentiel axis. Positive effects of low temperatures on elongation of petiole and inflorescentiel axis are increased by long days (Elsanta).

Introduction

Le fraisier, appartenant à la famille des Rosacées, est une plante herbacée et pérenne avec un port en rosette qui possède un rhizome (tige plus ou moins souterraine). Son système racinaire est peu développé et assez superficiel. Le fraisier cultivé (*Fragaria x ananassa* Duch, 2n= 56) est un hybride naturel octoploïde (*Fragaria chiloensis* x *Fragaria virginiana*) (6). L'inflorescence est une cyme bipare dont le nombre de fleurs est théoriquement illimité (5).

Les différentes phases de développement et de croissance du cycle physiologique du fraisier sont tributaires des facteurs du milieu, principalement la température et la photopériode (12). En fonction de leurs réponses photopériodiques, les cultivars de fraisier sont classés en deux catégories distinctes entre lesquelles le passage se fait selon un continuum de situations intermédiaires (12). La première catégorie est formée par les cultivars dits «non remontants» (une seule fructification/an), ce sont des plantes de «jours courts» facultatifs dont l'induction florale se fait à une photopériode inférieure à 12 h associée à des températures n'excédant pas les 15 °C (5). La seconde catégorie est formée par les cultivars dits «remontants» (deux fructifications/an) dont l'induction florale se fait à une photopériode supérieure à 12 h et des températures modérées, comprises entre 15 et 20 °C (5). Certains auteurs (12) identifient une troisième catégorie de cultivars dits «Day Neutral» dont la régulation photopériodique est faible (5). Cependant certains auteurs (7) considèrent que les termes «remontants» et «Day Neutral» sont interchangeables désignant une classification technique (deuxième production) et une classification

physiologique (photopériode longue). Dès lors, les cultivars de fraisier sont classés non plus selon leurs exigences photopériodiques mais plutôt selon leur unique production unique ou multiple (3).

La croissance végétative et la différenciation florale sont sous l'influence de facteurs génétiques et des conditions environnementales, principalement la température et la photopériode (1). Par exemple, chez les variétés non remontantes, le passage de l'état végétatif à l'état inflorescentiel des bourgeons est liée aux basses températures égales ou inférieures à 15 °C associées à une photopériode courte de 8 h. Toutefois, il y a une forte interaction entre la température et la photopériode. En effet, à 15 °C, la photopériode critique est comprise entre 11 et 12 h suivant les cultivars. Mais, cette photopériode chute dès que la température augmente (4, 12).

Ainsi, le présent travail analyse l'impact d'un passage à basse température et de différentes photopériodes sur la croissance végétative et le développement inflorescentiel de jeunes plants de deux cultivars non remontants de fraisier (Elsanta et Darselect). Les résultats attendus pourraient être exploités pour améliorer le rendement du fraisier en Tunisie où la culture est faite sur une superficie de 500 ha, localisée principalement au Cap-Bon dans la région de Korba (Nabeul). La récolte débute en janvier et se termine en juin (plantation en septembre). Son rendement moyen est de 30 t/ha. Les cultivars utilisés sont des cultivars non remontants, principalement les cultivars Tudla (Espagne) et Chandler (USA).

¹Ecole Supérieure d'Horticulture. 4042 Chott- Mariem, Sousse. Tunisie.

²Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Passage des Déportés, 2 à 5030 Gembloux, Belgique.

Reçu le 16.11.05 et accepté pour publication le 30.01.06.

Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

Le matériel végétal se compose de jeunes plants de fraisier (*Fragaria x ananassa* Duch) issus de stolons de deux cultivars non remontants, Elsanta et Darselect. Le cultivar Elsanta se caractérise par un rendement élevé, une cueillette facile, une bonne conservation des fruits et une bonne qualité gustative des fruits. Néanmoins, 'Elsanta' requiert de bonnes conditions de sol et se montre très sensible aux maladies cryptogamiques (10). Le cultivar Darselect est moins sensible aux maladies cryptogamiques, moins exigeant en conditions édaphiques et ses fruits ont une bonne qualité organoleptique mais il est moins productif (11).

2. Conditions de culture

Les jeunes plants des deux cultivars (Elsanta et Darselect) ont été mis à enraciner à l'étouffée sur tourbe à 25 °C au Laboratoire de physiologie végétale appliquée à l'Horticulture de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. Après enracinement, ils ont été repotés en pots plastique noir (400 ml de volume) dans du terreau et placés dans une chambre de culture (20 °C, 16 h, 4 semaines) jusqu'au stade quatre feuilles. La culture est éclairée par une lumière artificielle d'une intensité de $180 \pm 15 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (tubes Osram de type «lumilux») et sous une humidité relative de $65 \pm 5\%$. En cours de culture, la fertilisation est assurée de façon hebdomadaire par la solution d'Hoagland où les engrais solubilisés dans une eau déminéralisée sont le nitrate de potassium (0,505 g/l), le nitrate de calcium (0,820 g/l), le phosphate monopotassique (0,136 g/l) et le sulfate de magnésium (0,240 g/l).

3. Protocoles expérimentaux

Après les quatre semaines de croissance (stade 4 feuilles), les plants ont été scindés en cinq lots de façon aléatoire et ont été cultivés durant 10 semaines sous différents régimes thermique et photopériodique: sous une température élevée 20 °C associée à 8 h, 16 h (10 semaines) ou 8 h (4 semaines)

suivis de 16 h (6 semaines) ou bien une température basse (3 °C) associée à 8 h (4 semaines) puis transférés à 20 °C associée à 8 h ou 16 h (6 semaines). Ces conditions de l'expérimentation sont affichées dans le tableau 1.

4. Paramètres mesurés

Pour chacun des deux cultivars ('Elsanta' et 'Darselect'), le nombre de feuilles émergées/plant, la longueur du pétiole (mesurée entre le point d'insertion des folioles et celui des stipules de la feuille), la surface foliaire de toute la plante (planimètre digital: Li Cor 3000), la hauteur des inflorescences émergées/plante et le stade de développement de l'inflorescence primaire (déterminé après dissection du bourgeon sous loupe binoculaire) sont examinés chez huit plants par traitement thermique et lumineux.

Les résultats présentés dans ce travail ont été traités statistiquement par l'analyse de variance à un et deux critères de classification. La structuration des moyennes est réalisée par la méthode de Duncan avec un niveau de signification de 5% (logiciel «The SAS System for Windows V.6.0.»). Le paramètre de dispersion repris pour les données des graphiques est l'erreur standard de la moyenne (SE).

Résultats

1. Nombre de feuilles émergées

Selon la figure 1, les plants des deux cultivars, cultivés sous basse température (3 °C) pendant 4 semaines, donnent dès le transfert à une température élevée (20 °C) pendant 6 semaines le plus faible nombre de feuilles (lots 1 & 2), 5 à 6 feuilles/plante. Par contre, les plants maintenus sous une température élevée (20 °C) durant 10 semaines (lots 3, 4 & 5), ont donné plus de feuilles. Dans ce dernier cas, le plus grand nombre de feuilles est observé chez les plants conduits en jours courts (lot 4, Darselect) ou en jours courts suivis de jours longs (lot 3, Elsanta), soit respectivement 8,5 et 10 feuilles/plant. Les analyses statistiques montrent que les effets négatifs des températures basses sont hautement significatifs chez les deux cultivars, Darselect et Elsanta. Tandis que les effets de la photopériode sont significatifs uniquement chez le cultivar Darselect.

2. Surface foliaire totale par plant

Selon la figure 2, les basses températures (3 °C) de 4 semaines ont significativement réduit la surface foliaire des plantes des deux cultivars (lots 1 & 2). En effet, après transfert à des températures plus favorables (20 °C) pendant 6 semaines, la surface foliaire mesurée est inférieure à 100 cm². Par contre, les températures élevées (20 °C) de 10

Tableau 1
Traitements thermique et lumineux de l'expérimentation

Lots	4 semaines	6 semaines
Lot 1	3 °C + 8 h	20 °C + 16 h
Lot 2	3 °C + 8 h	20 °C + 8 h
Lot 3	20 °C + 8 h	20 °C + 16 h
Lot 4		20 °C + 8 h
Lot 5		20 °C + 16 h

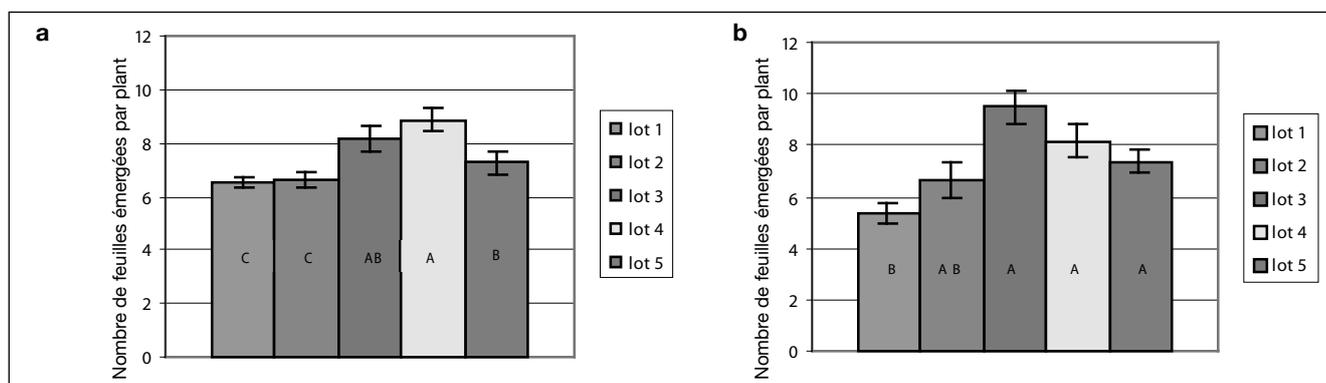


Figure 1: Nombre de feuilles émergées/plant, après 6 semaines à 20 °C, en fonction des différentes conditions expérimentales. a: cv. Darselect; b: cv. Elsanta. Les barres verticales correspondent aux erreurs standards de la moyenne. Les valeurs moyennes associées à des lettres identiques ne sont pas significativement différentes.

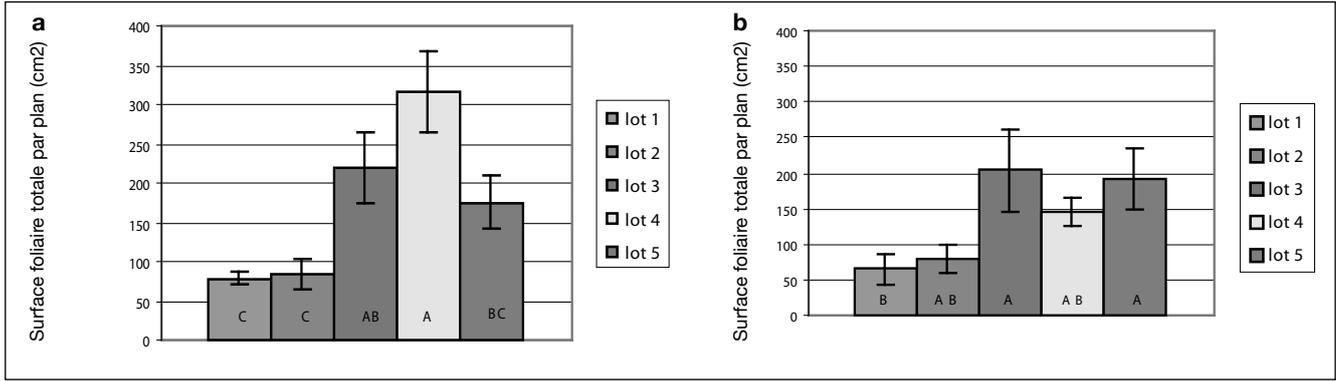


Figure 2: Surface foliaire totale/plant, après 6 semaines à 20 °C, en fonction des différentes conditions expérimentales. a: cv. Darselect; b: cv. Elsanta. Les barres verticales correspondent aux erreurs standard de la moyenne. Les valeurs moyennes associées à des lettres identiques ne sont pas significativement différentes.

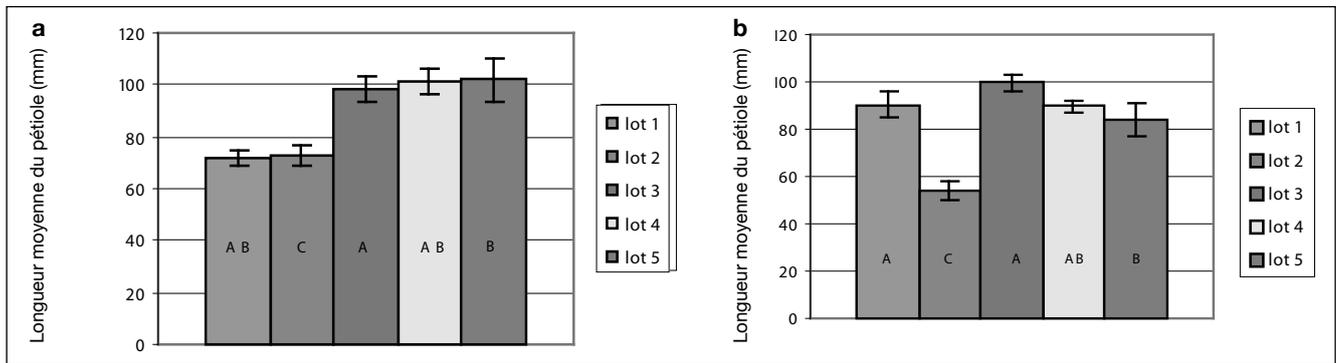


Figure 3: Longueur du pétiole d'une feuille mature, après 6 semaines à 20 °C, en fonction des différentes conditions expérimentales. a: cv. Darselect; b: cv. Elsanta. Les barres verticales correspondent aux erreurs standard de la moyenne. Les valeurs moyennes associées à des lettres identiques ne sont pas significativement différentes.

semaines (lots 3, 4 & 5) ont amélioré la surface foliaire des deux cultivars, elle est de 200 (cultivar Elsanta) à 320 cm² (cultivar Darselect). La photopériode ne joue aucun rôle significatif sur la surface foliaire.

3. Longueur du pétiole

D'après la figure 3, les pétioles les plus longs (80 à 100 mm) ont été mesurés chez les feuilles des plants cultivés sous une température de 20 °C pendant 10 semaines (lots 3, 4 & 5) et les pétioles les plus courts ont été mesurés chez les plants cultivés sous une température basse de 3 °C (lots 1

& 2). Toutefois, dans ce dernier cas, lorsque les plants ont été transférés à une photopériode longue (16 h) durant 6 semaines, les feuilles (cultivar Elsanta) ont développé des pétioles assez longs, 80 à 100 mm.

4. Stade «inflorescence émergée»

Le développement de l'inflorescence primaire du fraisier dans le bourgeon passe par huit stades physiologiques, depuis l'apparition du méristème plat à bombé: premier stade jusqu'à l'émergence de l'inflorescence: dernier stade (12). Ainsi, chez les deux cultivars testés, la température (3 °C ou 20 °C) a agi

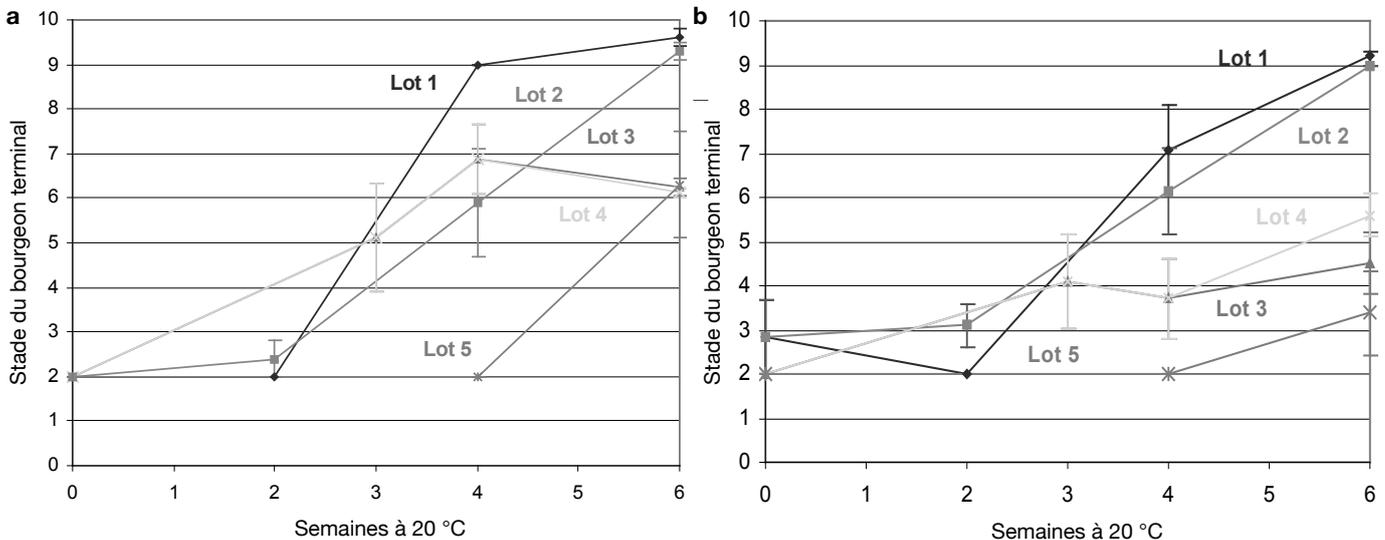


Figure 4: Evolution du stade de développement du bourgeon terminal de plants de fraisier au bout des 10 semaines à 20 °C. a: cv. Darselect; b: cv. Elsanta. Les barres verticales correspondent aux erreurs standard de la moyenne.

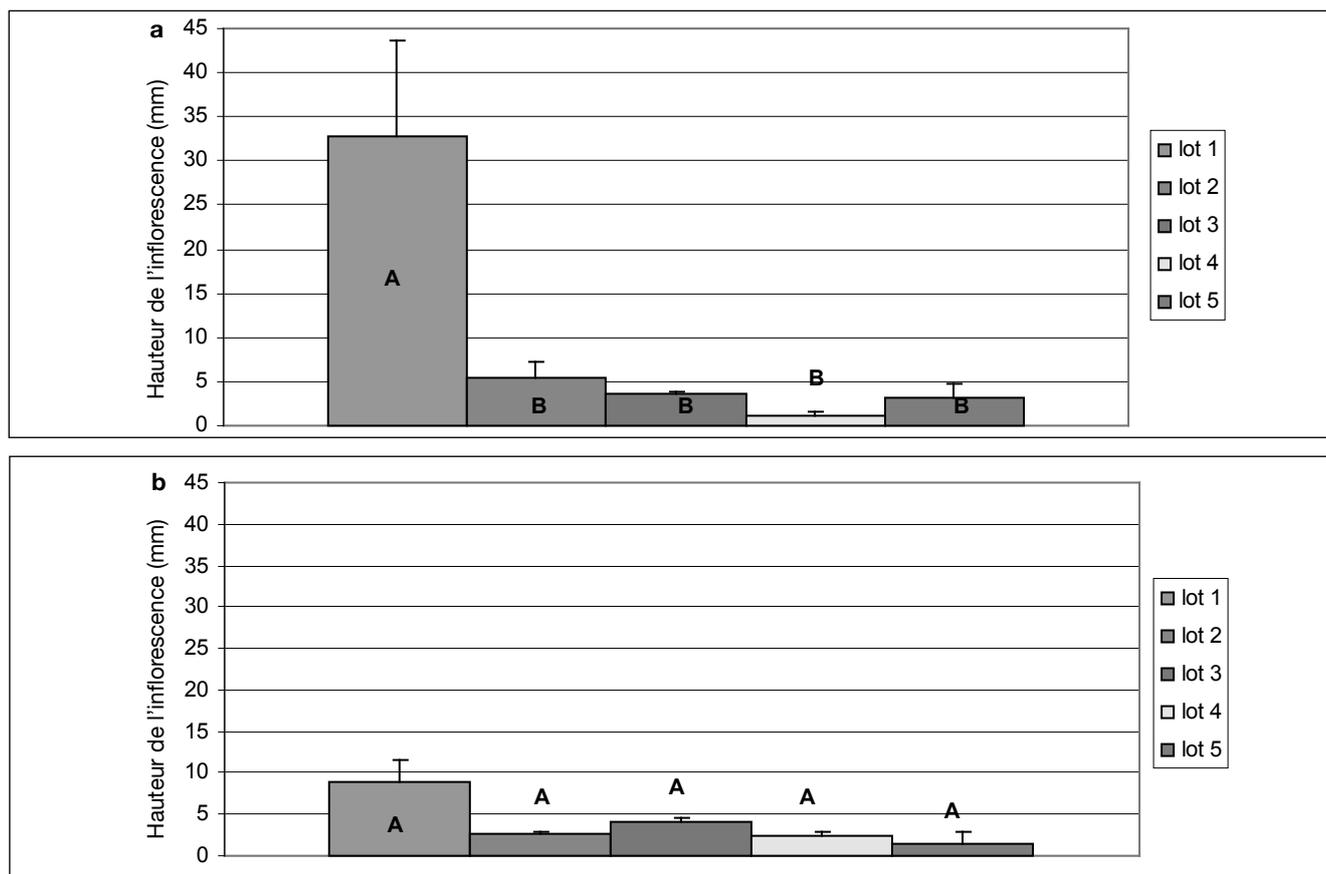


Figure 5: Hauteur de l'inflorescence principale en fonction des conditions expérimentales après 10 semaines à 20 °C. a: cv. Darselect. b: cv. Elsanta. Les barres verticales correspondent aux erreurs standard de la moyenne. Les valeurs moyennes associées à des lettres identiques ne sont pas significativement différentes.

sur la rapidité de l'évolution physiologique des bourgeons des plants transférés à 20 °C. A la 6^{ème} semaine, les bourgeons des plants cultivés à basses températures (lots 1 & 2), contiennent des carpelles sur le réceptacle (7^{ème} stade). Par contre, les bourgeons des plants cultivés à températures élevées (lots 3, 4 & 5) évoluent moins rapidement, ils sont au premier (méristème plat à bombé) ou troisième stade (primordiums d'axes secondaires visibles) chez le cultivar Elsanta et ils n'ont pas dépassé le quatrième stade (primordiums de sépales de la fleur primaire visibles) chez le cultivar Darselect. Ces effets positifs des basses températures sur l'évolution du bourgeon sont encore améliorés par la photopériode longue au niveau de la 4^{ème} semaine (lot 1, figure 4). De plus, pour tous les traitements essayés, la cinétique d'évolution du bourgeon (lot 3) est plus rapide chez le cultivar Darselect que chez le cultivar Elsanta (Figure 4).

5. Hauteur de l'inflorescence principale

Il est également noté que la hauteur de l'inflorescence principale chez les deux cultivars du fraisier dépend des traitements thermiques et/ou photopériodiques, préalablement reçus durant 4 semaines, elle varie de 3 mm à 9 mm chez le cultivar Elsanta et de 2 mm à 33 mm chez le cultivar Darselect. En effet, après transfert à 20 °C durant 6 semaines, la figure 5 montre que chez les plants du cultivar Darselect, les basses températures (3 °C) ont significativement stimulé la croissance de l'axe inflorescentiel. Cet effet positif (lot 1) se trouve significativement renforcé par la photopériode longue (16 h).

Discussion

Les traitements thermiques et photopériodiques, ayant caractérisé les conditions environnementales de l'expérience

durant 10 semaines de culture, période scindée en deux intervalles successifs, de quatre semaines (3 °C + 8 h, 20 °C + 8 h ou 16 h) et de six semaines (20 °C + 8 h ou 16 h), ont exercé des effets significatifs sur la croissance végétative et l'état inflorescentiel des plants de deux cultivars de fraisier, Darselect et Elsanta. Chez d'autres cultivars de cette même espèce, effectivement, les plants de fraisier sont très sensibles aux variations des conditions environnementales, notamment la photopériode et la température (9, 11, 12). En effet, lorsque les plants ont été préalablement cultivés pendant 4 semaines sous une température de 20 °C, ils ont produit un plus grand nombre de feuilles; 8,5 (Darselect) à 9,8 feuilles/plant (Elsanta), une plus grande surface foliaire, 200 (cultivar: Elsanta) à 320 cm²/plant (cultivar Darselect) et un pétiole plus long, 80 à 100 mm (cultivars: Darselect et Elsanta). Par contre, les basses températures (3 °C), facteurs inhibiteurs de la végétation (2), ont limité la croissance de ces trois paramètres. Toutefois, ces effets négatifs des basses températures ont pu être effacés par une photopériode longue (16 h), car chez les plants du cultivar Elsanta soumis au froid puis transférés en jours longs de 16, la longueur du pétiole se trouve significativement amélioré par rapport au pétiole des plants maintenus en jours courts, soit respectivement une longueur de 90 mm contre 55 mm. En effet, quand les températures dépassent 16 °C, la photopériode doit être supérieure à 14 h pour stimuler la croissance végétative (5).

En outre, le passage de l'état végétatif à l'état inflorescentiel du bourgeon terminal est déterminé par deux principaux facteurs environnementaux, la photopériode et la température (7, 13). Nos résultats indiquent que cette transition est assurée par les basses températures (3 °C) pendant 4 semaines. Car, après transfert de ces plants à 20 °C durant 6 semaines,

le bourgeon terminal a atteint le stade 10. C'est-à-dire que toutes les pièces florales de la première fleur (primordiums de sépales, pétales, étamines et carpelles) sont mises en place. Tandis que, chez les plantes cultivées à 20 °C durant 10 semaines, le bourgeon terminal n'a pas dépassé le stade 5 (cultivar Elsanta) ou le stade 6 (cultivar Darselect); il y a formation uniquement des primordiums des sépales de la fleur primaire. Certains auteurs (4, 5) ont montré, chez d'autres cultivars de fraisier, que le froid stimule la floraison. A cette vernalisation, vient s'ajouter une exigence en photopériode longue pour la croissance rapide des pièces florales, les plants, vernalisés sous jours courts puis transférés en jours longs, ont eu une évolution rapide du bourgeon terminal (surtout le cultivar Darselect) et un allongement significatif de l'axe de l'inflorescence par comparaison aux plants vernalisés en jours courts et maintenus ultérieurement également en jours courts.

Conclusion

Le pré-traitement thermique pendant 4 semaines des plants de deux cultivars non remontants de fraisier, Darselect et Elsanta conditionnent ultérieurement durant 6 semaines leur croissance végétative et leur l'état inflorescentiel. En effet, les températures élevées (20 °C) permettent aux plants d'acquérir une bonne croissance végétative, c'est-à-dire ils ont un plus grand nombre de feuilles, une plus grande surface du limbe et un pétiole plus long. Tandis que les basses températures (3 °C) améliorent l'état inflorescentiel des plants: ils accélèrent l'évolution du bourgeon terminal (les deux cultivars). En outre, après transfert des plants des températures basses aux températures élevées (20 °C), les jours longs stimulent l'élongation du pétiole des feuilles (cultivar Elsanta) et celle de la hauteur de l'inflorescence (cultivar Darselect).

Références bibliographiques

1. Avigdor-avidov H., 1986, Strawberry. In: Monselise, S.P. (ed.), Fruit set and development. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 419-448.
2. Champagnat P., 1992, Les bourgeons et le froid: notions indispensables; dormance des bourgeons chez les végétaux ligneux. Les végétaux et le froid. Editeurs des Sciences et Arts, 179-262.
3. Durner E.F. & Poling F.B., 1985, Comparison of three methods for determining the floral or vegetative status of strawberry plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110, 808-811.
4. Durner E.F. & Polling F.B., 1987, Flower bud induction, initiation, differentiation and development in the "earliglow" strawberry. Scientia Horticulturae, 31, 61-69.
5. Guttridge C.G., 1985, The effects of winter chilling on the subsequent growth and development of the cultivated strawberry plant. J. Hort. Sci. 51, 225-234.
6. Hancock J.F., 1999, Structural and development physiology. In: "Strawberries", ed. CABI Publishing, CAB International, U. K. 90-110.
7. Lason K.D., 1994, Strawberry. In: Handbook of environmental physiology of fruit Crop. Volume I, Temperature Crop (Schaffer B. and Anderson P.C., Eds). CRC press, Boca Raton, Florida, 271-297.
8. Markocic M. & Roudeillac P., 1995, Fraises remontantes: la sélection variétale. L'arboriculture fruitière, 480, 17-21.
9. Le Mière P., Hadley P., Darby J. & Battley N.H., 1998, The effect of thermal data and crown size on growth, development and yield of *Fragaria x ananassa* Duch. Elsanta. J. Hort. Sci. 73, 786-795.
10. Risser G., 1987, La fraise: techniques de production. Chapitre 3: Physiologie. Ed. Ctifl. 60-80.
11. Robbe A., 2000, Le point sur la variété 'Darselect': Le fruit belge. 483, 68-73.
12. Sonstebly A. & Nes A., 1998, Short day and temperature effects on growth and flowering in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 73, 730-736.
13. Sung S. & Arnasino R., 2004, Vernalisation and epigenetic: how plants remember winter. Current opinion in plant biology, 7, 4-10.
14. Verhoeven B., 1999, Contribution à l'optimisation de la culture continue de *Fragaria x ananassa* Duch. (cv Elsanta). Etude des caractéristiques histologiques permettant de préciser la période d'initiation inflorescentielle et florale responsable de la fructification du printemps. Projet de fin d'études, FuSAGx, 80 p.

Ines Hajlaoui, Tunisienne, Doctorante, DEA, Ecole Supérieure d'Horticulture. 4042 Chott- Mariem, Sousse, Tunisie.

C. Hannachi, Tunisien, Maître de conférences, Thèse d'Etat, Ecole Supérieure d'Horticulture. 4042 Chott- Mariem, Sousse, Tunisie.

Monique Bodson, Belge, Professeur, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Passage des Déportés, 2 à 5030 Gembloux, Belgique.