
Dormance induite par le traitement
jours courts chez des semis d'épi-
nette noire cultivés en conteneurs

The induction of dormancy by
short-day treatment of container-
grown black spruce seedlings

Par

André L. D'Aoust

Le Centre de recherches forestières des Laurentides (CRFL), Service canadien des forêts, un organisme relevant du Service de la Gestion de l'Environnement (Ministère de l'Environnement Canada), s'intéresse autant à l'environnement qu'aux industries forestières. Le but de ses travaux est de favoriser, par la recherche et par la mise en application des connaissances acquises, l'aménagement et l'utilisation la plus efficace et rationnelle possible des ressources forestières de façon à ce qu'ils soient en harmonie avec les besoins de l'environnement.

Le CRFL se veut un élément actif de recherche scientifique au Québec. En collaboration avec divers groupes et organismes québécois, les chercheurs du CRFL visent à trouver des solutions pratiques aux nombreux problèmes forestiers du Québec. Le CRFL développe des projets susceptibles d'être appliqués par les usagers de la forêt québécoise: le gouvernement du Québec, les administrations régionales et municipales, l'industrie forestière et la population en général. Il joue aussi un rôle important dans le développement de méthodes acceptables pour l'amélioration et la sauvegarde de l'environnement forestier, de même qu'il veille à l'évaluation de l'impact du milieu forestier sur la qualité de l'environnement.

Les activités du CRFL peuvent être regroupées comme suit: la recherche dans le domaine des ressources forestières, la recherche dans le domaine de la protection, l'aménagement de terrains fédéraux et les services d'information au public. La recherche sur les ressources forestières comprend les projets tendant à l'amélioration des forêts et des arbres proprement dits alors que la recherche sur la protection vise à protéger les arbres contre deux de leurs ennemis naturels: les insectes nuisibles et les maladies. Soucieux de communiquer les résultats de recherche du CRFL, la Section de l'information diffuse de l'information sous forme de rapports scientifiques, de feuillets techniques ou de publications vulgarisées conçues spécialement pour le grand public.

The Laurentian Forest Research Centre (LFRC), Canadian Forestry Service, is a component of the Environmental Management Service in the Department of the Environment. The program of the LFRC is as much concerned with the forest environment as it is with the forest industry. Its objective is to promote, by research and technology transfer, the most efficient and rational management and use of forest resources so that they coincide with environmental concerns.

Scientists at the LFRC are actively engaged in research in Québec. Many of the LFRC projects are conducted in cooperation with provincial agencies and other organizations, the primary concern being to look for practical solutions to diverse forestry problems in Québec. Technology transfer to the users of Québec forests -- the Québec Government, regional and municipal administrations, forest industries, and the general public -- is attained through scientific and technical publications and by liaison and development activities. Last but not least, the LFRC plays an important role in the development of suitable methods to improve and conserve the forest environment and evaluates the impact of forestry practices and other activities by man on the quality of the forest and related environments.

LFRC research and related activities fall into the following broad categories: forest resources research, forest protection research, federal land management and public information. The forest resources research is concerned with improving the management of forests and trees, while forest protection research is concerned with protecting trees from two of their great natural enemies: insect pests and diseases. To communicate the result of LFRC research, the Information Section distributes information through scientific and technical reports, and through popular publications for the general public.

DORMANCE INDUITE PAR LE TRAITEMENT JOURS
COURTS CHEZ DES SEMIS D'ÉPINETTE NOIRE
CULTIVÉS EN CONTENEURS

THE INDUCTION OF DORMANCY BY SHORT-DAY
TREATMENT OF CONTAINER-GROWN BLACK
SPRUCE SEEDLINGS

André L. D'Aoust

LAU-X-47

1981

CENTRE DE RECHERCHES FORESTIÈRES DES LAURENTIDES
SERVICE CANADIEN DES FORÊTS
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
1080 ROUTE DU VALLON
C.P. 3800
SAINTE-FOY, QUÉBEC
G1V 4C7

LAURENTIAN FOREST RESEARCH CENTRE
CANADIAN FORESTRY SERVICE
DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT
1080 ROUTE DU VALLON
P.O. BOX 3800
SAINTE-FOY, QUEBEC
G1V 4C7

RÉSUMÉ

Des semis d'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) sont cultivés sous enceintes climatisées. Suite à différentes périodes de croissance, la photopériode est brusquement réduite de 15 à 8 h par jour, ou encore, la température et la photopériode sont graduellement modifiées de façon à reproduire un climat automnal. Une réduction de la photopériode, pendant trois semaines, modifie la croissance des semis et la formation de bourgeons. Les parties aériennes des semis, aussi jeunes que cinq semaines, réagissent au changement photopériodique. Le traitement jours courts influence particulièrement les parties aériennes et il s'ensuit une modification du rapport pondéral parties aériennes/racines. La réduction de la température, conjointement à la photopériode, ne modifie pas de façon aussi marquée la croissance des semis par rapport au traitement unique de jours courts.

ABSTRACT

Black spruce seedlings (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) were grown in containers under controlled environmental conditions. After different periods of growth, treatments involved either a rapid change in daylength, from 15 to 8 h, or a gradual decline in both temperature and photoperiod programmed to imitate natural conditions in the fall. Short daylength during a period of three weeks induced growth cessation and bud setting. Seedlings as young as five weeks old responded to changes in photoperiod. The short-day treatment influenced particularly the above ground portion of the seedling which resulted in a modification of the shoot-root ratio. The reduction of temperature with short-day condition did not markedly alter growth behavior as did the short-day treatment alone.

INTRODUCTION

L'élevage de plants en conteneurs constitue une méthode prometteuse pour la restauration forestière (Kinghorn 1974; Cousin et Lanier 1976). Le coût de revient de production en serre de semis de qualité, particulièrement dans le cas de zones climatiques rigoureuses, est un sérieux inconvénient par rapport à ce qu'il en est des semis à racines nues cultivés selon les techniques utilisées normalement en pépinière. Cependant, cette méthode mérite qu'on s'y arrête en raison de ses avantages éventuels (période de production écourtée, prolongation de la saison de plantation, et réduction du choc de la plantation) (Verdure 1978; Tinus et McDonald 1979).

L'intérêt croissant que soulève au Québec la production de plants forestiers en conteneurs est relié indirectement aux conditions climatiques de la province. En mars par exemple, à la latitude 50°N, la durée du jour est de 11 heures et la température ambiante est encore sous le point de congélation, tandis que sur la Côte ouest, la saison de végétation est déjà débutée. Un regard sur les données de températures moyennes révèle que les conditions météorologiques qui favorisent sous cette latitude la reprise de l'activité de croissance ne se présentent pas avant le début de mai, et, qu'au Québec, le danger de gel peut prolonger cette période jusqu'aux premiers jours de juin. À l'autre extrémité du cycle, l'activité de croissance prend fin en octobre, pour à peu près l'ensemble du Canada (Chapman et Brown 1966). Il faut donc tenir compte de tous ces facteurs dans la préparation d'un programme de production et se rappeler que les méthodes élaborées pour une zone climatique donnée ne conviennent pas nécessairement aux autres.

La régénération artificielle pratiquée durant la période de croissance dans les régions au climat rigoureux a donné des résultats très variables quant à l'établissement de

INTRODUCTION

Containerized forest tree seedlings offer a promising approach to reforestation (Kinghorn 1974; Cousin and Lanier 1976). The cost of quality material produced in the greenhouse, for extreme outside climatic conditions, is a serious drawback when compared to that of bareroot seedlings produced under standard nursery practice. However the advantages that could potentially be obtained with containerized material (i.e. short production period, extension of the planting season, minimum planting shock), is worthy of consideration (Verdure 1978; Tinus and McDonald 1979).

The increasing interest in containerized forest tree seedlings in Québec is related indirectly to existing climatic conditions. For example, in March, at latitude 50°N, daylength is 11 hours of sunlight and the average air temperature is still below freezing, while on the West Coast the growing season has already begun. A look at charts of average temperatures indicate that the vegetative meteorological conditions are not reached before the beginning of May, and that in Quebec, the risk of frost may extend this period to early June. At the other end of the cycle, the growing season ends in October more or less uniformly across Canada (Chapman and Brown 1966). These factors all have to be taken into consideration when preparing production schedules, and it also means that methods developed for one climatic zone may not necessarily be suited for others.

Artificial regeneration carried out during the growing period in severe climatic regions has shown a lot of variation in the survival of bareroot stock (Ackerman and Johnson 1962; Mullin 1963; Arnott 1974). Studies of root regeneration potential (R.R.P.) and rooting of cuttings have pointed out that considerable variations occur during the growing season (Girouard 1975; Day *et al.* 1976). It

plants à racines nues (Ackerman et Johnson 1962, Mullin 1963; Arnott 1974). Des études sur le potentiel de régénération des racines (R.R.P.) et l'enracinement des boutures ont révélé que des variations importantes se produisent durant la saison de végétation (Girouard 1975; Day *et al.*). Ces premiers renseignements nous portent à formuler l'hypothèse que le ralentissement de l'activité de croissance, ou dormance, est une condition préalable à l'adaptation du semis aux conditions sur le terrain (Vegis 1964; Lavender et Cleary 1974; Tinus 1974). Il a également été proposé de soumettre le matériel cultivé en serre à une période d'adaptation préalable, soit en le mettant en chambre froide ou dans des abris extérieurs, avant de le planter (Carlson 1979).

La présente étude vise à déterminer les conditions qui induisent la dormance chez les semis d'épinette noire cultivés en conteneurs.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les semis d'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P., provenance Roberval, Québec, 49° 22' de latitude Nord, 72° 45' de longitude Ouest et 370 m d'altitude) sont cultivés à partir de semences sous enceintes climatisées (D'Aoust 1978). En résumé les conditions de culture qui ont précédé le traitement d'induction de la dormance sont: 25°C entre 8 et 20 h, et 20°C la nuit; la photopériode est constante (15 heures), de 7 à 22 h; l'éclairage énergétique en terme de radiation photosynthétiquement active, équivaut à 210 microEinstein par mètre carré par seconde ($\mu\text{E.}/\text{m}^2\cdot\text{s}$). On utilise deux types de conteneurs pour ces études: la cartouche

is tempting to hypothesize with this background information, that reduced growth activity or dormancy is a pre-requisite for adjustment of planting stock to field conditions (Vegis 1964; Lavender and Cleary 1974; Tinus 1974). It has also been suggested that before outplanting, material produced under greenhouse conditions requires a preadaptation period by either cold storage or outdoor shelters. (Carlson 1979.)

The aim of this study was to establish conditions required to induce dormancy in container-grown black spruce seedlings.

MATERIALS AND METHODS

Black spruce seedlings (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P., provenance Roberval, Quebec, 49° 22'N lat., 72° 45'W long. at an altitude of 370 m) were grown from seeds under a controlled environment (D'Aoust 1978). In summary the growing conditions prior to the dormancy inductive treatment were 25°C between 8 and 20 h, and 20°C night temperature; the photoperiod was constant (15 h) extending from 7:00 to 22:00, with a photosynthetically active radiation equivalent to 210 microEinstein per square metre per second ($\mu\text{E.}/\text{m}^2\cdot\text{s}$). Two types of containers were used during these studies: the Walters' bullet (20 cm³) and the RL¹ single cell (40 cm³) with Turface R² as a growing medium. Weekly fertilization³ provided nutrients during the entire growing period.

¹ RL: The R. Leach - Fir cell, Leach Nurseries in Aurora, Oregon U.S.A.

² Turface R: trade name of Wyandotte Chemical Corporation.

³ One mL with the small container and two mL with the larger container of a concentrated solution: 5.1 g (20-20-20, Plant Product Co. Ltd.) 2.5 g of MgCl₂ · 6H₂O completed to 250 mL with distilled water and pH adjustment to 3.5 with H₂SO₄ 1 M.

Walters (20 cm³) et la "RL¹ single cell" (40 cm³), avec du Turface R² comme milieu d'enracinement. Une fertilisation hebdomadaire³ fournit les éléments nutritifs durant toute la période de croissance.

Pour le traitement d'induction de la dormance, on a uniformisé les semis (jugés sur leur apparence) qu'on a regroupés dans de petits cabinets (modèle E-54B, Percival Manufacturing Co., Iowa), de 0.56 m² de plancher. Le banc d'éclairage, séparé par une barrière de diffusion thermique, était composé de huit tubes fluorescents de 45 W (Sylvania, Cool-White N° F36T12-CW.HO) et quatre lampes à incandescence de 25 W. L'éclairage énergétique, mesuré avec un récepteur quantique (Type LI-190S, avec un LI-185 Quantum-Radiometer-Photometer de Lambda Instrument Corp.) à 10 cm au-dessus du plancher, indique un éclairage énergétique de plus de 170 µE./m².s. Avant l'expérience, l'air ambiant a été étalonné à l'aide d'un thermocouple cuivre-constantan; par la suite, il est vérifié régulièrement avec un thermomètre au mercure. Le recyclage de l'air est assuré par un système de canalisation, un serpentin d'évaporateur et un radiateur électrique permettant de modifier l'humidité relative et vérifier périodiquement à l'aide d'un hygromètre (modèle L 15-2011, Hygrodynamic, American Instrument Company).

Les données météorologiques sont utilisées pour établir un programme qui puisse reproduire les conditions naturelles induisant une période de repos de croissance. Dans la nature, cette situation est produite notamment

For dormancy inductive treatments, graded seedlings (by appearance) were placed inside small reach-in type growth cabinets (model E-54B, Percival Manufacturing Co., Iowa), with 0.56 m² working area. The light canopy consisted of eight 45 W fluorescent tubes (Sylvania, Cool-White No. F36T12-CW.HO) and four 25 W incandescent lamps above a diffusing thermal barrier. The photon flux density, measured with a quantum sensor (Type LI-190S, with a LI-185 Quantum-Radiometer-Photometer of Lambda Instrument Corp.) 10 cm above the working bench, indicated over 170 µE./m².s of photosynthetically active radiation. The air temperature was calibrated before the experiment with a copper-constantan thermocouple and was verified regularly with a mercury bulb thermometer. The air was recirculated through a duct system and over an evaporator coil and electric heater, relative humidity was verified periodically with a wide-range hygrosensor (model L 15-2011, Hygrodynamic, American Instrument Company).

Meteorological data were used to prescribe an environmental schedule that could imitate a natural inductive rest period. Although in nature this includes freezing temperature, the growth cabinet used could not provide these low temperatures. To reduce the treatment duration, each week of treatment was programmed to reproduce the monthly average temperature between August and November. A five degree differential was maintained between day and night temperatures and a 4°C was reduced every week of thermal adjustment for each month to be imitated. Daylength was reduced by 1.75 h for each week of thermal adjustment. For this particular experiment, ten week old seedlings were graded and separated into three samples of 80 seedlings. One sample was placed inside a growth cabinet reproducing "autumn" conditions; a second sample

¹ RL: Il s'agit de la R. Leach - Fir cell, de Leach Nurseries, à Aurora, Oregon, E.-U.

² Turface R: marque déposée de Wyandotte Chemical Corporation.

³ Un mL (pour le petit conteneur) et deux mL (pour le gros) de la solution concentrée suivante: 5,1 g (20-20-20, Plant Product Co. Ltd.) et 2,5 g de MgCl₂ · 6H₂O, à laquelle on ajoute de l'eau distillée pour obtenir 250 mL, le pH étant réglé à 3,5 en ajoutant H₂SO₄ 1 M.

températures au niveau du point de congélation, or, les cabinets utilisés ne peuvent fournir des températures aussi basses. Afin de réduire la durée du traitement, quatre semaines sont programmées de façon à reproduire une moyenne mensuelle pour chacun des mois entre août et novembre. Entre les températures diurne et nocturne, on maintient une différence de cinq degrés et, pour chaque mois dont on veut reproduire les conditions de chaleur, on abaisse la température de 4°C chaque semaine. La photopériode est réduite de 1,75 heure pour chaque semaine d'ajustement thermique. Pour cette expérience particulière, on a classé des semis de dix semaines en trois échantillons de 80 semis chacun. Un échantillon est placé dans une enceinte reproduisant le climat automnal; un deuxième dans une autre où l'on a réduit uniquement la photopériode (modification hebdomadaire de la nyctopériode: 10,8 h, 12,5 h, 14,3 h et 16 h d'obscurité continue), tout en maintenant constantes les températures jour-nuit (25/20°C); enfin, un échantillon témoin est cultivé dans des conditions normales de croissance (températures jour-nuit de 25/20°C et photopériode constante de 15 h). Par la suite, toutes les deux semaines, dix semis sont prélevés de chaque groupe d'échantillons et leurs paramètres de croissance sont mesurés.

Durant le traitement d'induction de la dormance, la quantité d'eau dans le milieu racinaire est maintenue à la capacité au champ, les conteneurs étant déposés dans 2 cm d'eau, et le régime de fertilisation est poursuivi.

Pour réduire la photopériode dans la serre, on couvre les plants d'une toile noire, de 16 h à 8 h le lendemain, sauf en fin de semaine (4 jours sur 7 de traitement jours courts) où les plants sont laissés sous l'influence de l'ensoleillement naturel du jour (environ 15 h).

Aux fins de la présente étude, on considère qu'un semis est en dormance quand ses parties aériennes cessent de s'allonger.

was placed in another growth cabinet with only the photoperiodic decline in daylength (weekly change in nyctoperiod; 10.8 h, 12.5 h, 14.3 h and 16 h of continuous darkness), but with constant day-night temperatures (25/20°C), and a third sample, a control, was maintained at a standard growing condition (25/20°C day-night temperatures and a constant 15 h photoperiod). Subsequently every second week, ten seedlings were removed from each treatment and growth parameters were measured.

During the dormancy inductive treatment, water content in the growing medium was kept at field capacity by placing the bottom of the containers in 2 cm of water and fertilization was continued as during the growth period.

In the greenhouse, shortening the photoperiod was achieved by covering the plant material manually with a black cloth. The cloth was put in place at 16:00 and removed the following morning at 8:00, except on weekends (short-day treatment 4 out of 7 days) when the plants were left to natural daylength (about 15 h).

For this study, a seedling is dormant when it has ceased height growth.

RESULTS

Although spruce containerized seedlings are generally not moved to the field before they have reached a certain size (Scarratt and Reese 1976, Roller 1977), time is required to induce a rest period in active growing material. In the first experiment, an abrupt change in photoperiod was imposed on the black spruce seedlings. Figure 1 gives height growth (mean of ten seedlings) for the different age groups during and after short-day treatment. Seedlings responded differently to daylength treatment: younger seedlings stopped growing under short-day and resumed normal development under long-day conditions, older material did not react significantly to the change in photoperiod, but stopped

RÉSULTATS

Bien que les semis d'épinettes cultivés en conteneurs ne soient généralement plantés sur le terrain que lorsqu'ils ont atteint une certaine dimension (Scarratt et Reese 1976; Roller 1977), il faut du temps pour induire une période de repos chez le matériel en pleine activité de croissance. Dans la première expérience, la photopériode est brusquement réduite. La figure 1 montre la croissance en hauteur (moyenne de dix semis) pour les différents groupes d'âges, pendant et après le traitement jours courts. Les semis réagissent différemment: chez les jeunes semis, la croissance s'arrête avec le traitement jours courts, puis reprend normalement dans les conditions de jours longs. Le matériel plus âgé réagit peu au changement photopériodique: il cesse de croître en hauteur, indépendamment du traitement photopériodique. L'observation morphologique (figure 2) révèle que le traitement jours longs entraîne chez les semis d'épinette noire, le développement d'un nombre de plus en plus élevé de bourgeons axillaires et de branches sur l'axe primaire et qu'en moins d'un mois de traitement continu de jours courts, cette croissance secondaire cesse. Le traitement photopériodique peut être utilisé pour modifier la croissance des semis d'épinette noire. Dans les conditions particulières de cette étude, un plant plus jeune réagit davantage au traitement.

Dans la deuxième expérience, on établit un climat artificiel à partir des relevés météorologiques (figure 3). On utilise également de plus grands conteneurs pour réduire l'influence de leur volume sur le développement des semis. Il suffit de deux à trois semaines de traitement d'induction de la dormance pour arrêter la croissance des parties aériennes des semis, alors qu'il n'y a aucune indication d'arrêt de croissance chez le groupe témoin durant toute la présente étude (figure 4).

height growth independently of daylength treatments. Observations of morphological development (Figure 2) indicate that under long-day, black spruce seedlings progressively develop more and more axillary buds and branching from the primary axis; and within a month of continuous short-day conditions, the formation of secondary growth is stopped. Daylength treatment can be used to modify the development of spruce seedlings. Younger material is more responsive than older material under the conditions of this particular study.

In the second experiment, an artificial climate was prescribed from meteorological records (Figure 3). Also, larger containers were used to reduce its influence on seedling development during the study. Two to three weeks of inductive rest period were sufficient to stop height growth of young seedlings, while there was no indication of height growth cessation for the control for the duration of this study (Figure 4).

The significance of a gradual decline in climatic conditions during the inductive rest period was measured in the third experiment. Shortening the daylength significantly affected development of black spruce seedlings. A reduction in temperature, with reduced photoperiod, did not increase the daylength effect on growth (Figure 5). Analysis of variance of results indicated the short-day effect is highly significant. This experiment was repeated three times and essentially the same pattern of growth cessation was observed for treated seedlings as compared to control.

A subsequent test was carried out in the greenhouse with reduced daylength. Rooted cuttings of black spruce clones were brought into the greenhouse in early spring. Ninety-two percent of the cuttings had their terminal bud open and were beginning active growth. After two months of continuous growth, a short-day treatment (8 h, 4 days out of 7) was imposed resulting in a significant reduction in growth rate (Figure 6). Identical results

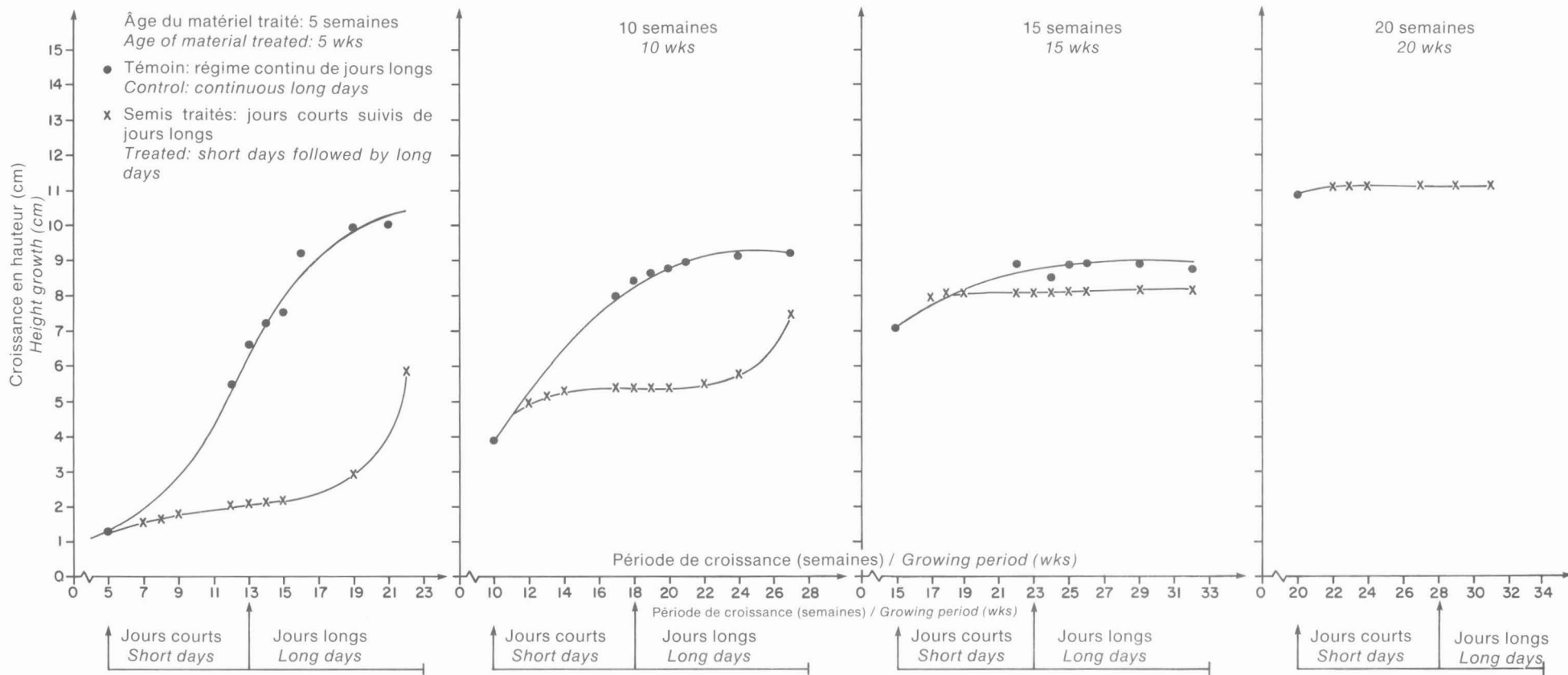


Figure 1. Effet de la modification de la photopériode, à différents âges, sur la croissance des parties aériennes des semis d'épinette noire cultivés en conteneurs.

Figure 1. Effect of changing the photoperiod, at different ages, on height growth of black spruce seedlings in containers.

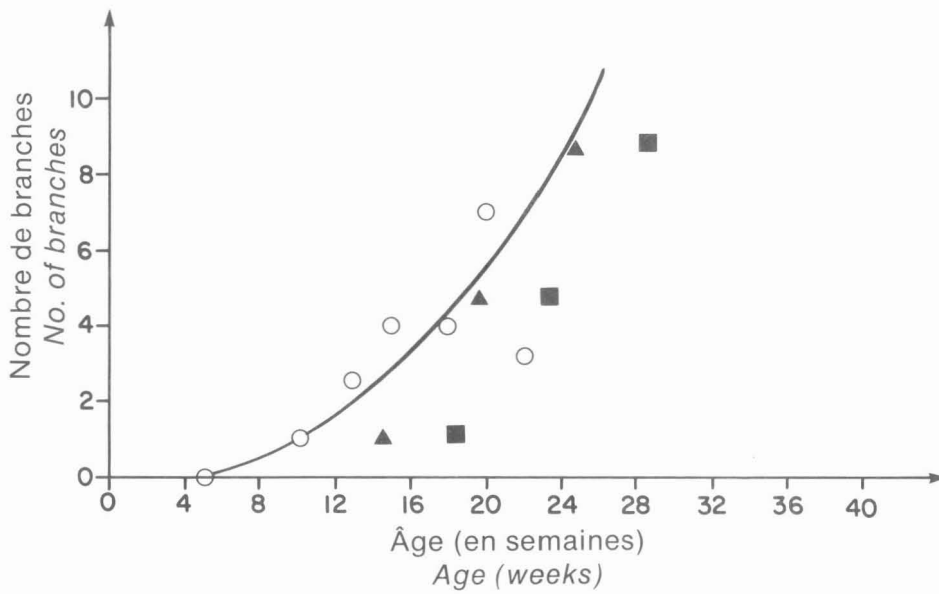
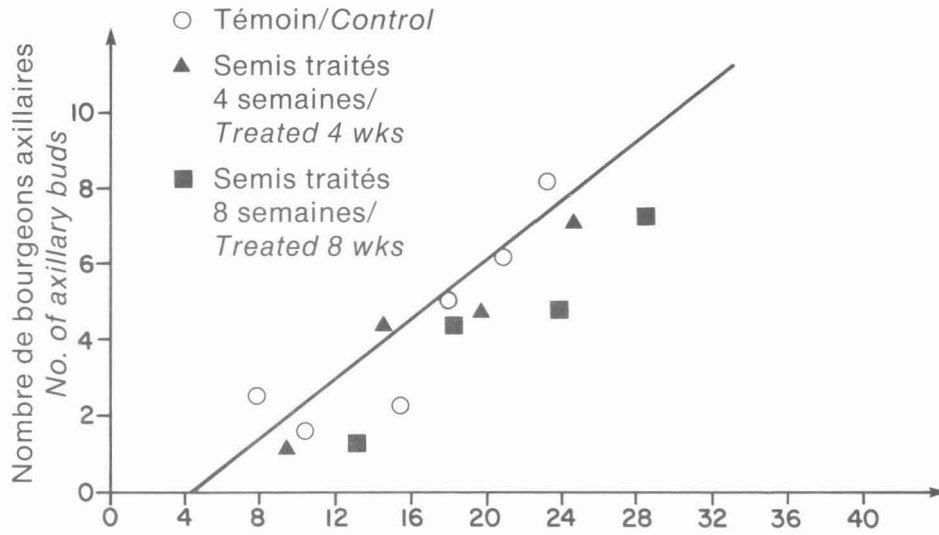


Figure 2. Effet de la réduction de la photopériode sur le développement morphologique de semis d'épinette noire cultivés en conteneurs.

Figure 2. Effect of shortening the photoperiod on morphological development of black spruce seedlings in containers.

Conditions environnementales
Environmental conditions:

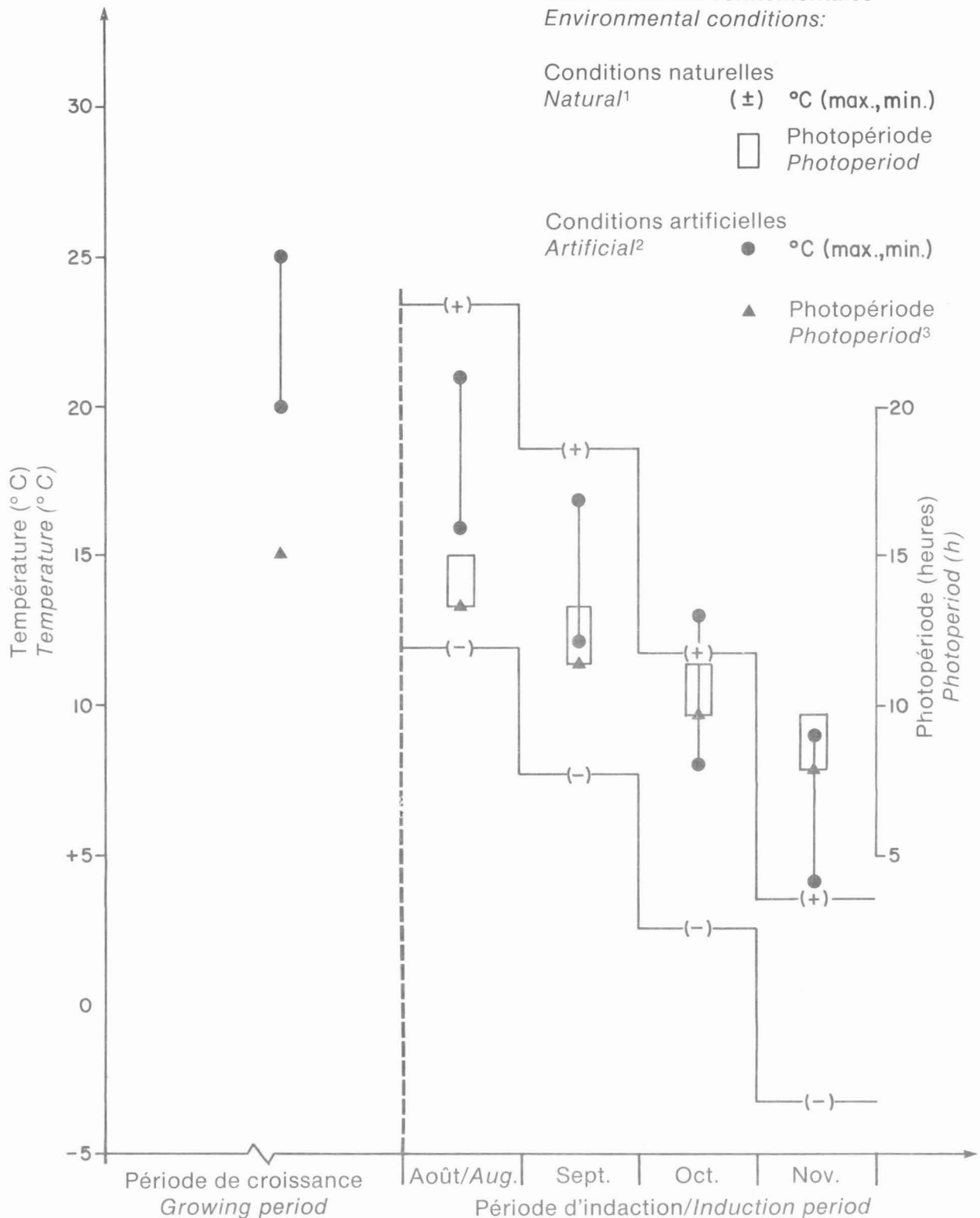


Figure 3. Données météorologiques depuis 1943 jusqu'à 1971, à l'aéroport de Québec, et conditions artificielles créées de façon à reproduire le climat automnal.

1. Conditions climatiques relevées dans le "Sommaire météorologique annuel, Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique.
2. Conditions artificielles ainsi programmées: une semaine correspond à chaque mois à reproduire dans les cabinets.
3. Éclairement énergétique équivalent à 170 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}$.

Figure 3. Meteorological data for the year 1943 to 1971 at Quebec airport, and the artificial climate prescribed to imitate autumn conditions.

1. Climatic conditions transcribed from "Sommaire météorologique annuel, Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique".
2. Artificial conditions were programmed using one week for each month to be reproduced in a growth cabinet.
3. With a photosynthetic radiation equivalent to 170 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}$.

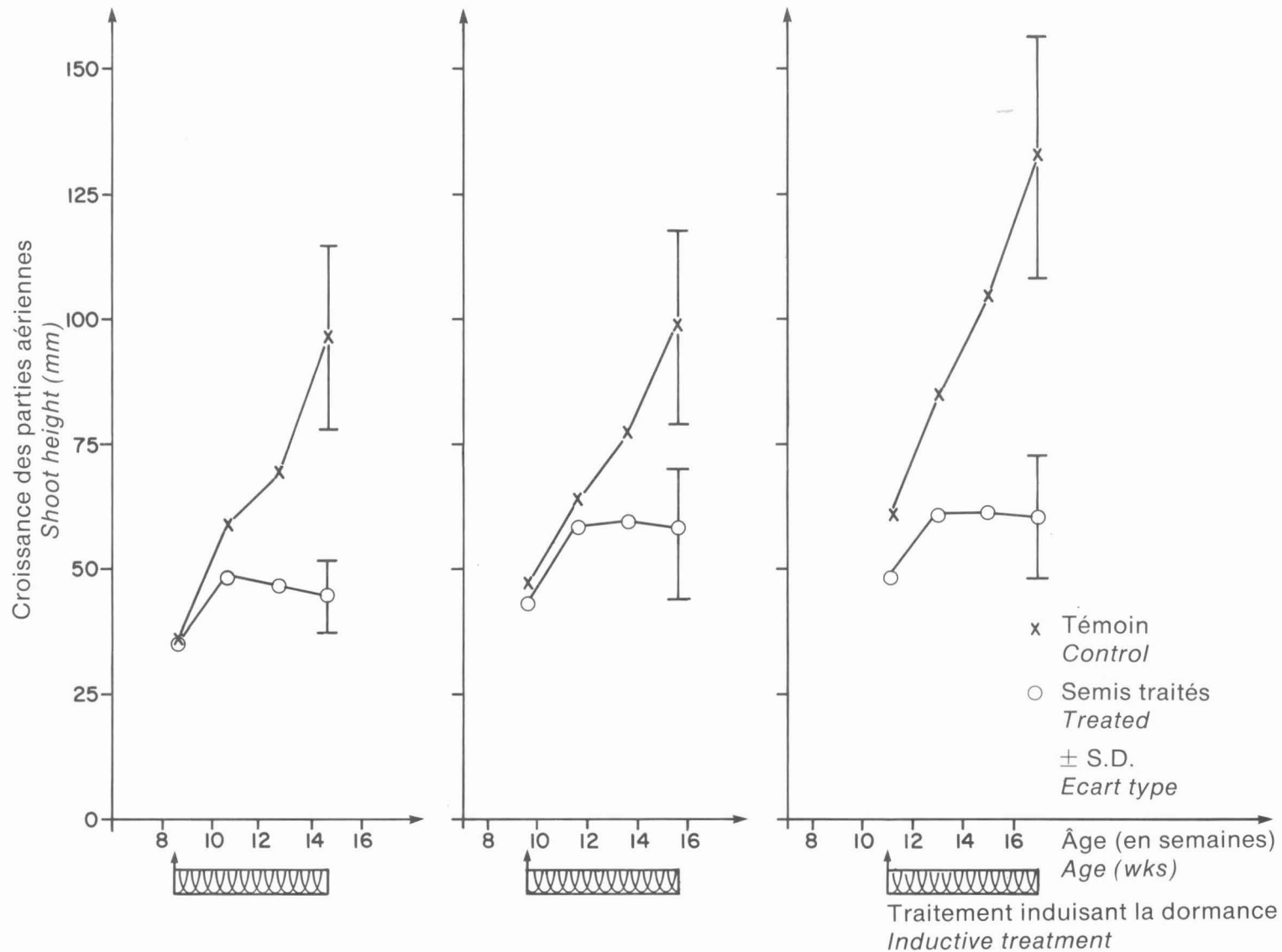


Figure 4. Effet de la réduction progressive de la photopériode et de la diminution de la température sur la croissance des parties aériennes des semis d'épinette noire cultivés dans des contenueurs. Les semis témoins sont gardés à une température élevée et dans des conditions de jours longs, alors que les semis traités sont soumis au traitement qui induit la dormance. Les données portent sur une moyenne de 12 semis.

Figure 4. Effect of a gradual shortening of the photoperiod and decrease in temperature on shoot height of black spruce seedlings in containers. The control seedlings were maintained under high temperatures and long-day conditions, while the treated seedlings received the prescribed inductive dormancy treatment. The measures are from an average of 12 seedlings.

Dans le troisième essai, on mesure l'influence de la modification progressive des conditions climatiques durant la période induisant la dormance. Une réduction de la photopériode modifie de façon significative le développement des semis d'épinette noire. La réduction de la température, conjointement à celle de la photopériode, n'a pas su modifier l'effet du traitement photopériodique sur la croissance (figure 5). L'analyse de variance des résultats révèle que le traitement jours courts donne des résultats marquants. L'expérience répétée trois fois s'est soldée essentiellement de la même façon: arrêt de croissance des semis traités par rapport au groupe témoin.

Un essai ultérieur est effectué en serre, avec réduction de la photopériode. Des boutures enracinées de clones d'épinette noire sont apportées dans la serre au début du printemps. Quatre-vingt-douze pour cent des boutures avaient leur bourgeon terminal ouvert; elles commençaient à croître. Après deux mois de croissance continue, on impose un traitement jours courts (8 heures, 4 jours sur 7) résultant en une réduction considérable des taux de croissance (figure 6). On obtient les mêmes résultats avec des semis cultivés en serre dans les mêmes conditions.

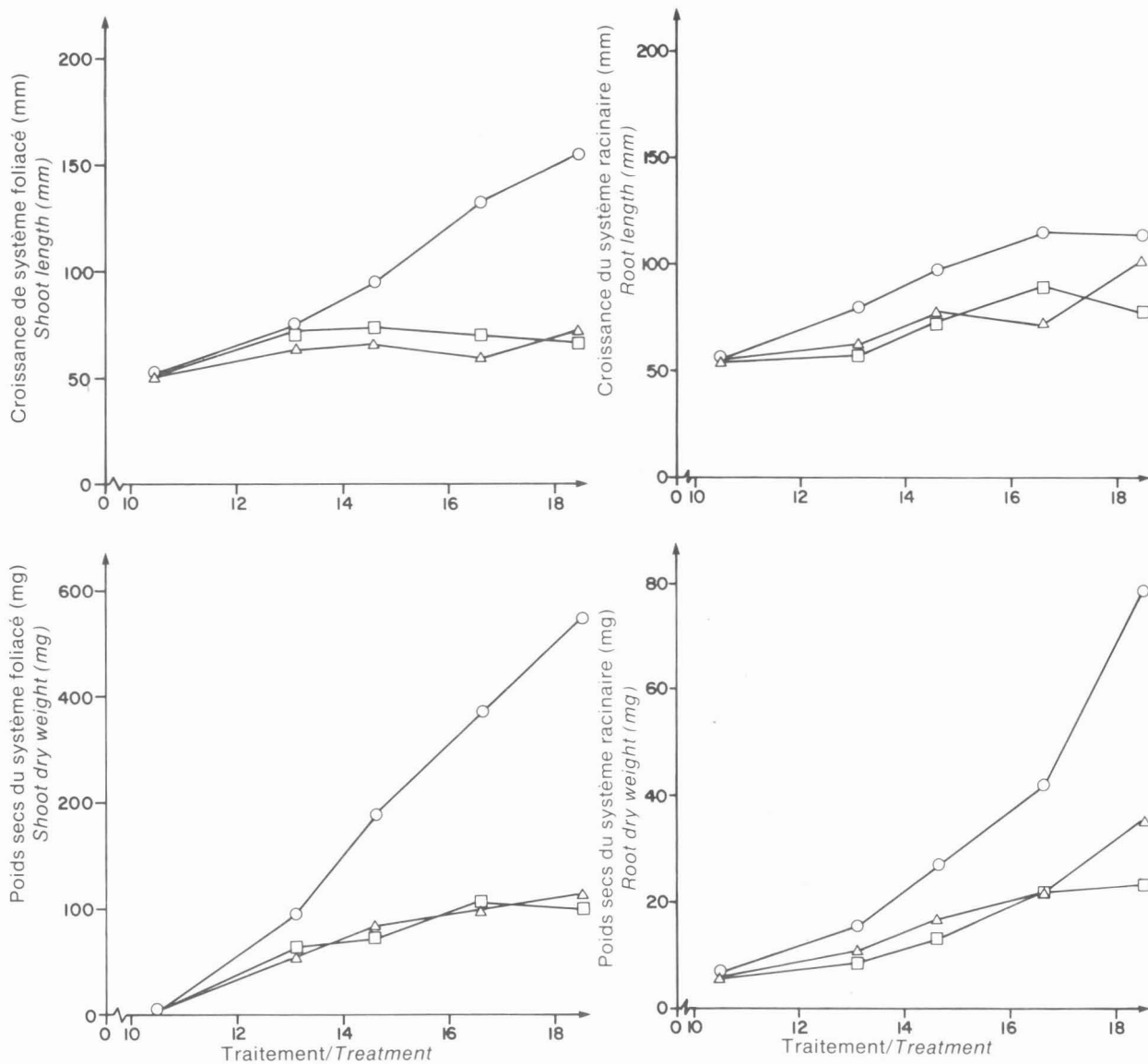
DISCUSSION

Le contrôle de la croissance par la photopériode n'est pas une technique nouvelle (Gardner et Allard 1920; Wareing 1956; Vaartaja 1959; Dormling *et al.* 1968, Morgenstern 1969), cependant l'adaptation de cette technique à la production en serre de semis cultivés en conteneurs permet de préparer des plants avant leur plantation sur le terrain. Il apparaît que l'épinette noire est particulièrement sensible au changement photopériodique, même si les semis n'ont que cinq semaines. Leur développement en est influencé de façon très nette (figure 1). Alors que Pollard (1973) signalait que les semis

were obtained with seedlings when treated under similar conditions in the greenhouse.

DISCUSSION

Control of growth and development by photoperiod is not new (Gardner and Allard 1920; Wareing 1956; Vaartaja 1959; Dormling *et al.* 1968; Morgenstern 1969), however, its adaptation to greenhouse production of containerized seedlings offers a means of preparing plant material for their transfer to the field. Black spruce seems to be particularly sensitive to daylength, even when they are only five weeks old. They showed a definite response to the length of light period (Figure 1). Pollard (1973) had indicated that as white spruce seedlings become older they become more sensitive to environmental factors, my experiments indicate that black spruce appears to be very sensitive even when very young. Seedlings in small containers, such as Walters' bullet (20 cm³), are subject to water stress and as plant material ages this stress forces seedlings to enter dormancy (Figure 1). These factors (age and size of container) were modified in the subsequent experiment and the photoperiodic treatment resulted in a growth cessation in comparison to the control (Figure 4). Just over three weeks of reduced day length, or prolonged nyctoperiod, even under favorable growing temperatures and nutrient regime, were sufficient to significantly reduce the growth of seedlings (Figures 1, 4, 5 and 6). The effects of irradiation between short-day treatment and control can be argued against a sole photoperiodic effect. By calculating the cumulative sum of the photon flux density for different treatments, one is forced to consider that the total light regime (both irradiation and photoperiod) in this study could be responsible for the change in growth pattern between treated and control seedlings. It appears that gradual reduction of temperatures, during short-day treatments, does not significantly influence growth behavior of



- Photopériode réduite progressivement et régime stable de température jour-nuit (25° — 20°)
Declining photoperiod and 25°/20° day-night temperature
- △ Photopériode et température réduites conjointement
Declining photoperiod and temperature
- Témoin: photopériode de 15 heures et température jour-nuit (25° — 20°)
Control: 15 h photoperiod and 25°/20° day-night temperature

Figure 5. Effet de la réduction progressive de la température, avec ou sans la réduction de la photopériode, sur la croissance des semis d'épinette noire cultivés en conteneurs.

Figure 5. Effect of a gradual decline in temperature and/or photoperiod on the growth of black spruce seedlings in containers.

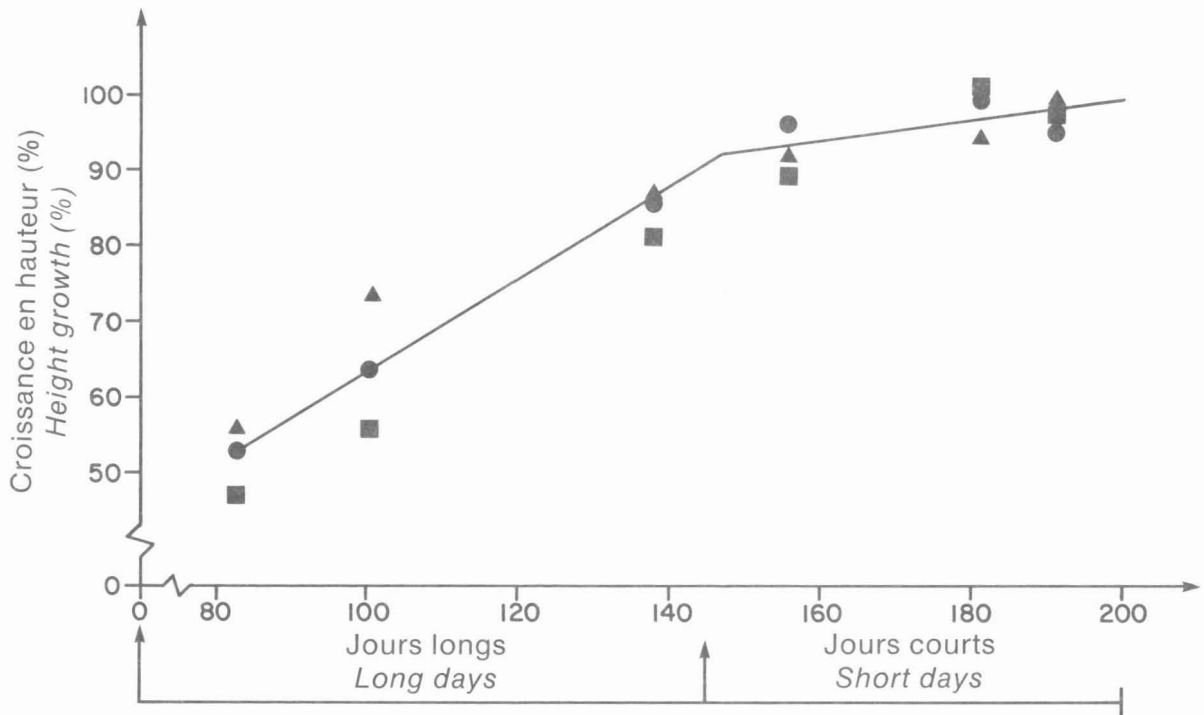


Figure 6. Influence du traitement jours courts sur la croissance en hauteur de trois boutures enracinées d'épinette noire cultivées en serre. (Quatre jours sur sept, une toile noire est placée sur les semis à 16 h et retirée le lendemain matin à 8 h.)

Figure 6. The influence of short-day treatment on height growth of three black spruce rooted cuttings in greenhouse. (In four out of seven days, a dark cloth was placed over the seedlings at 16 h and removed the following morning at 8 h.)

d'épinette blanche devenaient plus sensibles aux facteurs du milieu à mesure qu'ils vieillissaient, mes expériences démontrent que les plus jeunes semis d'épinette noire sont aussi sensibles que les plus âgés. Les semis cultivés dans de petits conteneurs, comme la cartouche Walters (20 cm³), sont exposés à une contrainte hydrique qui induit le plant à la dormance quand il vieillit (figure 1). Dans l'expérience subséquente, on modifie ces facteurs (âge des semis et dimension du conteneur) et le traitement photopériodique entraîne l'arrêt de la croissance par rapport aux semis témoins (figure 4). Une photopériode réduite (ou prolongation de la nyctopériode) pendant trois semaines seulement, même accompagnée d'une température et d'un régime d'éléments nutritifs favorisant le développement, suffit à réduire de façon importante la croissance des semis (figures 1, 4, 5 et 6). Les traitements jours courts et le témoin apportent une certaine ambiguïté en regard de l'irradiation présente. Si on calcule l'éclairage énergétique selon les différents traitements, on est forcé de penser que les conditions de lumière (irradiation et photopériode combinées) imposées dans la présente étude pourraient être le facteur responsable de la modification qui se produit dans le développement des semis traités par rapport aux semis témoins. Il apparaît que la réduction progressive de la température, conjointement au traitement jours courts, influence peu la croissance des semis (figures 1, 4 et 5). L'effet négligeable d'une réduction de la température pourrait être dû à la modification progressive imposée par le programme ou à la provenance des semences. Comme Heide (1974) le signale à propos de *Picea abies*, la croissance est influencée par la réduction unique de la température ainsi que par l'interaction température-photopériode; cependant, dans ces expériences, l'espèce utilisée et le traitement lui-même étaient différents (24 heures de lumière comme traitement témoin, et 14 heures

seedlings (Figures 1, 4 and 5). The absence of a temperature effect may be caused by the gradual change imposed by the environmental schedule, or by the provenance used. As Heide (1974) reported, there is both a temperature effect and a temperature-photoperiod interaction on the growth of *Picea abies*; however, in those experiments both the species and the treatment were different (24 h light was used as a control, and 14 h was the minimum daylength). In addition, for a given ecotype, the critical daylength for growth cessation was about the same at all temperatures. On the other hand, Morgenstern (1978) found that daylength is the major variable affecting growth of black spruce.

Heide (1974) observed the root system of *P. abies* is hardly influenced by the dormancy inductive treatment when compared to the stem, which is in agreement with my findings with black spruce (Figure 5). It is of interest to note that the gradual inductive treatment gives results similar to an abrupt short-day condition (Figures 1, 4 and 5). The short-day treatment discussed so far, is not limited to controlled environment facilities because similar results were obtained in the greenhouse (Figure 6). In my test, rooted cuttings increased height growth by 60% under natural photoperiod and only by 18% following short-day treatment. More specifically, during the treatment, half of this increase in height was measured within the first ten days of short-day conditions.

In terms of its applicability, daylength reduction has to be weighed against other treatments which offer similar end results. It is noteworthy that photoperiodic control offers a reduction in light-energy requirement, a larger shoot-root ratio and a resting seedling ready to resume growth under favorable conditions, or possibly in a state of readiness for frost-hardening (Vegis 1964; Wareing 1956; Weiser 1970, Glerum 1973).

de photopériode minimale. En outre, pour un écotype donné, le photopériode critique pour l'arrêt du développement est à peu près la même dans toutes les conditions de température. D'autre part, Morgenstern (1978) a constaté que la photopériode est la variable qui influe le plus sur la croissance de l'épinette noire.

Heide (1974) a observé que le système racinaire de *P. abies* est à peine modifié par le traitement induisant la dormance comparativement à la partie aérienne, cette constatation est en accord avec les résultats que j'ai obtenus pour l'épinette noire (figure 5). Il convient de faire remarquer que la réduction progressive de la photopériode donne des résultats analogues à ceux d'une réduction brusque (figures 1, 4 et 5). Le traitement jours courts dont il est question ici n'est pas limité aux enceintes climatisées, puisque des résultats semblables ont été obtenus en serre (figure 6). En effet, lors de l'essai que j'ai effectué, la croissance de boutures enracinées a été de 60% dans des conditions photopériodiques naturelles et seulement de 18%, suite au traitement jours courts. Plus précisément, dans ce dernier cas, la moitié de cette croissance a été mesurée dans les dix premiers jours du traitement jours courts.

Pour ce qui est de son applicabilité, le traitement jours courts doit être comparé à d'autres traitements qui donnent des résultats analogues. Il convient de noter que le contrôle de la photopériode entraîne une réduction du besoin énergie d'éclairage, une modification du rapport cime-racine et un état de dormance qui prépare les semis à reprendre leur croissance lorsque les conditions seront favorables, ou peut-être même un état d'endurcissement au gel (Vegis 1964; Wareing 1956; Weiser 1970; Glerum 1973).

REMERCIEMENTS

Je désire exprimer ma gratitude à Diane Lavoie qui s'est chargée de l'aspect technique du travail tout au long de ces expériences.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to express my appreciation for the technical work carried out by Diane Lavoie throughout the course of these experiments.

RÉFÉRENCES/REFERENCES

- Ackerman, R.F. et/and H.J. Johnson. 1962. Continuous planting of white spruce throughout the frost free period. Can. Dep. For., For. Res. Br. Tech. Note 117: 13p.
- Arnott, J.F. 1974. Performance in British Columbia. In: R.W. Tinus *et al.* (Ed.) Proc. North American Containerized Forest Tree Seedlings Symposium. Denver, Colorado, August 26-29. Great Plains Agricultural Council Publ. 68: 283-290.
- Carlson, L.W. 1979. Guidelines for rearing containerized conifer seedlings in the Prairie Provinces. Can. For. Serv. Northern For. Res. Centre, Inf. Rep. Nor-X-214: 62p.
- Chapman, L.J. et/and D.W. Brown. 1966. Les climats du Canada et l'agriculture. Min. For. développement rural Can. Rapp. 3: 27p.
- Cousin, J.-Y. et/and L. Lanier. 1976. Techniques modernes de production de plants forestiers. Rev. For. Fr. (Nancy) 28: 115-131.
- D'Aoust, A.L. 1978. La physiologie de semis d'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) en contenants. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Ste-Foy, Québec, Rapp. Inf. LAU-X-35: 26p.
- Day, R.J., J.T. Stupendick et/and J.M. Butler. 1976. Root periodicity and root regeneration potential are keys to successful plantation establishment. "Plantation Establishment Symposium". Kirkland Lake, Ont. Sept. 1976. Ont. Min. Nat. Res. - Great Lakes For. Res. Centre.
- Dormling, I., Q. Gustafsson, et/and D. von Wettstein. 1968. The experimental control of the life cycle in *Picea abies* (L.) Darst. I Some basic experiments on the vegetation cycle. Silvae Genet. 17: 41-64.
- Gardner, W.W. et/and H.A. Allard. 1920. Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. J. Agric. Res. XVIII: 553-606.
- Girouard, R.M. 1975. Seasonal rooting response of Norway spruce stem cuttings. The Plant Propagator 23: 9-10.
- Glerum, C. 1973. The relationship between frost hardiness and dormancy in trees. IUFRO Symposium on dormancy in trees, Working parties S. 2.01.4 Sept. 5-9. Kornik, Poland.
- Heide, O.M. 1974. Growth and dormancy in Norway spruce ecotypes (*Picea abies*) 1, Interaction of photoperiod and temperature. Physiol. Plant. 30: 1-12.
- Kinghorn, J.M. 1974. Principles and concepts in container planting. In: R.W. Tinus *et al.* (Ed.), Proc. North American Containerized Forest Tree Seedlings Symposium. Denver, Colorado, August, 26-29. Great Plains Agricultural Council Publ. No. 68: 8-18.

- Lavender, D.P. et/and B.D. Cleary. 1974. Coniferous seedling production techniques to improve seedling establishment. *In*: R.W. Tinus *et al.* (Ed.), Proc. North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium. Denver, Colorado, August 26-29 Great Plains Agricultural Council Publ. No. 68: 177-180.
- Morgenstern, E.K. 1969. Genetic variation in seedlings of *Picea mariana* (Mill.) B.S.P. I Correlation with ecological factors. *Silvae Genet.* 18: 151-160.
- Morgenstern, E.K. 1978. Range-wide genetic variation of black spruce. *Can., J. For. Res.* 8: 463-473.
- Mullin, R.E. 1963. Planting check in spruce. *For. Chron.* 39: 252-259.
- Pollard, D.F.W. 1973. Effect of age on the sensitivity of white spruce seedlings to a dormancy inducing treatment. *Bi-Mon. Res. Notes* 29: 27.
- Roller, K.J. 1977. Suggested minimum standards for containerized seedlings in Nova-Scotia. *Can. For. Serv. Maritimes For. Res. Centre. Inf. Rep. M-X-69: 18p.*
- Scarratt, J.B. et/and K.H. Reese. 1976. Objectives and creteria for planting stock production in Ontario. "Plantation Establishment Symposium". Kirkland Lake, Ontario. Sept. 1976. *Ont. Min. Nat. Res. - Great Lakes For. Res. Centre.*
- Tinus, R.W. 1974. Characteristics of seedlings with high survival potential. *In*: R.W. Tinus *et al.* (Ed.), Proc. of the North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium. Denver, Colorado 16-29. Great Plains Agricultural Council. Publ. No. 68: 276-282.
- Tinus, R.W. et/and S.C. McDonald. 1979. How to grow tree seedlings in container in greenhouses. U. S. Dep. Agric. For. Serv. Rocky Mountain For. Range Exp. Stn. Gen. Tech. Rep. RM-60: 256p.
- Vaartaja, D. 1959. Evidence of photoperiodic ecotypes in trees. *Ecol. Monogr.* 29: 91-111.
- Vegis, A. 1964. Dormancy in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 15: 185-224.
- Verdure, M. 1978. Quelques avantages de la production de plants forestiers en conteneurs. *Pépiniéristes-Horticulteurs, Maraichers, Revue Horticole n° 184: 51-55.*
- Wareing, P.F. 1956. Photoperiodism in woody plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 7: 191-214.
- Weiser, C.J. 1970. Cold resistance and injury in woody plants. *Science* 169: 1269-1278.

D'Aoust, A.L. 1981. Dormance induite par le traitement jours courts chez des semis d'épinette noire cultivés en conteneurs. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Ste-Foy, Qué. Rapp. Inf. LAU-X-47. 15 p.

Un traitement jours courts induit la dormance chez des semis d'épinette noire en croissance. Une réduction de la température, durant le traitement jours courts, influence peu le développement des semis par rapport au traitement unique jours courts.

Black spruce *Picea mariana* (Mill.) B.S.P.; development, dormancy, long-day, short-day. Epinette noire *Picea mariana* (Mill.) B.S.P.; dormance, jours longs, jours courts.

D'Aoust, A.L. 1981. The induction of dormancy by short-day treatment of container-grown black spruce seedlings. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Ste-Foy, Qué. Rapp. Inf. LAU-X-47. 15 p.

Short-day treatment induces dormancy of actively growing black spruce seedlings. Reduction of temperature does not alter significantly growth behaviour as does short-day treatment alone.

Black spruce *Picea mariana* (Mill.) B.S.P.; development, dormancy, long-day, short-day. Epinette noire *Picea mariana* (Mill.) B.S.P.; dormance, jours longs, jours courts.

D'Aoust, A.L. 1981. Dormance induite par le traitement jours courts chez des semis d'épinette noire cultivés en conteneurs. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Ste-Foy, Qué. Rapp. Inf. LAU-X-47. 15 p.

Un traitement jours courts induit la dormance chez des semis d'épinette noire en croissance. Une réduction de la température, durant le traitement jours courts, influence peu le développement des semis par rapport au traitement unique jours courts.

Black spruce *Picea mariana* (Mill.) B.S.P.; development, dormancy, long-day, short-day. Epinette noire *Picea mariana* (Mill.) B.S.P.; dormance, jours longs, jours courts.

D'Aoust, A.L. 1981. The induction of dormancy by short-day treatment of container-grown black spruce seedlings. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Ste-Foy, Qué. Rapp. Inf. LAU-X-47. 15 p.

Short-day treatment induces dormancy of actively growing black spruce seedlings. Reduction of temperature does not alter significantly growth behaviour as does short-day treatment alone.

Black spruce *Picea mariana* (Mill.) B.S.P.; development, dormancy, long-day, short-day. Epinette noire *Picea mariana* (Mill.) B.S.P.; dormance, jours longs, jours courts.



Environment
Canada

Environnement
Canada

Canadian
Forestry
Service

Service
canadien des
forêts