



# GUIDE-TERRAIN

pour l'identification des stades  
de débourrement et de formation  
du bourgeon apical chez

# L'ÉPINETTE BLANCHE





## Guide-terrain pour l'identification des stades de débourrement et de formation du bourgeon apical chez l'épinette blanche

**Catherine Dhont, Patricia Sylvestre, Marie-Claude Gros-Louis, Nathalie Isabel**

Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 1055 rue du P.E.P.S, C.P. 10380, succ. Sainte-Foy, Québec, Qc, G1V 4C7.

Nous remercions Rick Turner, photographe biologique du Canadian Centre of DNA Barcoding (University of Guelph), pour nous avoir guidées dans le développement du protocole de prises de vue des bourgeons. Nous sommes également reconnaissantes à Jonathan Sylvestre pour ses précieux conseils techniques en photographie macroscopique, ainsi que Jean Beaulieu, chercheur scientifique du Service canadien des forêts à Ressources naturelles Canada, pour nous avoir généreusement fourni la photo de peuplement mature d'épinette blanche. Finalement, nous tenons à remercier Martin Perron, chercheur à la Direction scientifique du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, pour ses commentaires pendant la rédaction.

La rédaction et la publication de ce guide sont rendues possibles grâce au financement de l'Initiative de R&D en génomique. La mise au point des techniques d'observation et les prises de vue ont été réalisées dans le cadre du projet Arborea (<http://www.arborea.ulaval.ca>).

# TABLE DES MATIÈRES

- 1** Introduction
- 3** Observation des bourgeons apicaux
- 8** Tableau 1. Les sept stades de débourrement du bourgeon apical
- 10** Tableau 2. Les six stades de formation du bourgeon apical
- 12** Conclusion
- 14** Références
- 15** Lexique
- 16** ANNEXE : photographier les bourgeons apicaux

## **Fiche amovible**

En bref, le débourrement

En bref, la formation du bourgeon



# INTRODUCTION

**L'épinette blanche** (*Picea glauca* [Moench] Voss) est omniprésente sur le territoire forestier canadien. Elle est l'une des espèces de conifères les plus importantes pour l'industrie forestière et également l'une des plus utilisées pour le reboisement. Bien que les propriétés sylvicoles soient les principaux critères de sélection mis en œuvre par les programmes d'amélioration génétique, le contexte des changements climatiques soulève désormais une problématique reliée à la croissance et, par le fait même, à l'adaptation. En effet, l'étirement de la saison de croissance augmente les risques d'exposition au gel des bourgeons à l'entrée ou à la levée de dormance. Les épinettes les plus sensibles sont celles dont le débourrement se produit tôt au printemps ou celles qui forment leurs nouveaux bourgeons tardivement à l'automne. Il est donc essentiel de développer et valider une méthode d'observation ainsi que des critères systématiques permettant de coder les différents stades de débourrement au printemps et de formation des bourgeons lors de l'arrêt de croissance de l'épinette blanche.



Plantation expérimentale d'épinettes blanches

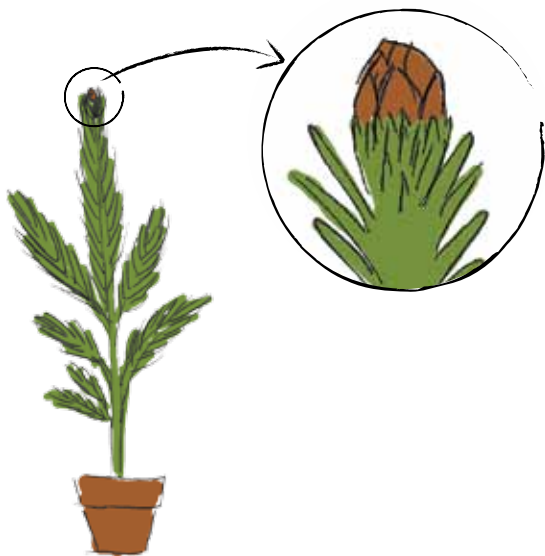
**L'objectif de ce guide** est donc d'établir des stades de référence détaillés et observables à l'œil nu pour le débourrement au printemps et pour la formation du nouveau bourgeon apical à la fin de la saison de croissance chez l'épinette blanche. Bien que six stades phénologiques aient été définis précédemment pour caractériser le débourrement du bourgeon apical de l'épinette blanche (Nienstaedt et King, 1970), aucun détail de l'évolution morphologique du bourgeon n'était disponible. Chez l'épinette noire, en revanche, sept stades de débourrement des bourgeons latéraux ont été décrits de manière détaillée (Numainville et Despôts, 2004). La définition des stades de débourrement présentée dans ce guide est donc largement inspirée de celle des stades de débourrement de l'épinette noire, mais transposée aux bourgeons apicaux de l'épinette blanche. Les stades de formation des bourgeons apicaux chez l'épinette blanche ont été définis à partir des quatre stades phénologiques décrit chez l'épinette noire (Beaulieu et collab., 2004) auxquels deux stades intermédiaires significatifs ont été ajoutés.



Peuplement mature  
d'épinettes blanches  
(Causapscal, Québec)

# OBSERVATION DES BOURGEONS APICAUX

**Le travail d'observation** et de relevé décrit dans ce guide se concentre sur le **bourgeon apical**, c'est-à-dire le bourgeon terminal au sommet de la tige principale.



## **Caractérisation et validation des stades phénologiques**

La caractérisation et la validation des caractéristiques des stades de débourrement et de formation des bourgeons ont été réalisées à la station forestière expérimentale de Valcartier du Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada (46°57'03" Nord; 71°29'50" Ouest; altitude : 202 m) et se sont échelonnées sur plusieurs saisons de croissance (2004-2005 : caractérisation; 2006-2008 : validation).

La caractérisation de stades phénologiques a débuté sur une famille d'épinettes provenant d'un croisement dirigé. Au total, 810 clones (3 boutures racinées x 270 descendants F1) ont été évalués pendant le débourrement et la formation du bourgeon au cours des saisons de croissance 2004 et 2005. En 2004, les arbres étaient âgés de trois ans et mesuraient en moyenne 18 cm de haut.

Les caractéristiques des stades phénologiques ont ensuite été validées sur un plus grand nombre d'individus au sein d'une nouvelle famille d'épinettes provenant d'un autre croisement dirigé. Au total, 3 200 clones (6 boutures racinées x 533 descendants F1) ont été évalués au cours des saisons de croissance 2006, 2007 et 2008. En 2006, les arbres étaient âgés de cinq ans et mesuraient en moyenne 50 cm. La validation a également été complétée à l'aide d'une population constituée d'individus non apparentés. Au total, 5 850 clones (6 boutures racinées x 975 individus) âgés de trois ans et mesurant en moyenne 20 cm ont été évalués au cours de la saison de croissance 2008.



Population d'épinette utilisée pour valider les stades phénologiques



## Observer et relever les stades

Le travail de l'observateur consiste à faire des relevés des stades de croissance des bourgeons. Il observe à l'œil nu le bourgeon terminal de la tige principale de chaque arbre à l'étude. Il détermine les caractéristiques du bourgeon à l'aide des critères des différents stades et lui attribue le stade correspondant pour le débourrement (tableau 1; sept stades de 0 à 6) ou la formation du bourgeon (tableau 2 ; six stades de 0 à 5).



Observation des bourgeons apicaux

## Débourrement

La collecte des données débute aussitôt que possible au printemps (fin avril à début mai) et se termine lorsque le stade final est atteint (début juin). Les relevés sont effectués à intervalles réguliers. Une fréquence d'observation de deux fois par semaine permet d'observer tous les stades décrits dans le tableau 1. Au printemps, le bourgeon est facilement visible à l'extrémité de la tige principale, mais il arrive que l'observateur doive écarter les aiguilles lorsqu'elles recouvrent le bourgeon.

## Formation du bourgeon pendant l'arrêt de croissance

La collecte des données débute lorsque l'élongation de la tige principale s'arrête (fin juin à mi-juillet) et se termine lorsque le stade final est atteint (fin septembre à début octobre). Les relevés sont effectués à une fréquence de une à deux fois par semaine. Le bourgeon en formation est dissimulé sous les aiguilles apicales jusqu'au quatrième stade (stade 3); l'observateur doit alors écarter délicatement les aiguilles pour voir le bourgeon en formation (tableau 2).



Pendant l'arrêt de croissance, le bourgeon en formation est caché sous les aiguilles apicales

## Variations morphologiques des bourgeons

Il n'existe pas une forme unique de bourgeon, en particulier pour la morphologie des écailles recouvrant le bourgeon. La plupart du temps, les écailles sont lisses et bien refermées sur le bourgeon arrondi, mais il arrive parfois que les écailles soient disposées en rosette ou encore que le bourgeon ait une forme très pointue.

Bourgeon le plus courant



Bourgeon en rosette



Bourgeon pointu

















## Variations morphologiques pendant l'observation d'un stade

Le bourgeon apical évolue constamment, même pour un stade donné. De plus, le bourgeon est sensible aux changements de son environnement, c'est-à-dire l'ensoleillement, les nuages, la pluie, l'arrosage, etc. L'observateur doit donc considérer que la morphologie du bourgeon progresse ou peut varier ponctuellement pour un stade donné, sans pour autant que le stade ne change. Un observateur unique pour une même série d'arbres et d'observations permet d'assurer la continuité des relevés et des stades tout en limitant les mésinterprétations des stades.

## TABLEAU 1. LES SEPT STADES DE DÉBOURREMENT DU BOURGEON APICAL

STADE	CARACTÉRISTIQUES
<b>0</b> <b>Bourgeon fermé</b>	Le bourgeon apical est normalement bien visible. Ses écailles brunes, opaques et concaves sont bien formées. Les aiguilles du verticille sont ouvertes vers l'extérieur.
<b>1</b> <b>Bourgeon ouvert</b>	Les écailles brunes et opaques du bourgeon apical commencent à s'écarter les unes des autres. Le bourgeon est ouvert; une pointe de couleur pâle est facilement visible au sommet du bourgeon. Aucun allongement n'est visible.
<b>2</b> <b>Bourgeon allongé</b>	Les écailles brunes et opaques s'étirent. Les écailles de la partie supérieure du bourgeon apical présentent un allongement évident et leur texture commence à devenir lisse. Aucun gonflement n'est visible : le diamètre de la partie médiane du bourgeon est inférieur ou égal à celui de la couronne d'écailles de la base du bourgeon.
<b>3</b> <b>Bourgeon gonflé</b>	Le gonflement du bourgeon est évident. Le diamètre de la partie médiane du bourgeon excède nettement celui de sa base. Les écailles de la partie supérieure du bourgeon apical sont lisses et pâles, mais ne laissent voir aucune aiguille.
<b>4</b> <b>Bourgeon translucide</b>	Les écailles du bourgeon apical sont translucides. Les aiguilles de la nouvelle pousse sont visibles à travers les écailles.
<b>5</b> <b>Bourgeon déchiré</b>	Les écailles translucides sont déchirées à la base ou à l'extrémité du bourgeon. La nouvelle pousse s'allonge significativement. Les aiguilles de la nouvelle pousse sont toujours resserrées autour de l'axe de la tige principale.
<b>6</b> <b>Pousse libérée</b>	La nouvelle pousse est libérée de ses écailles. Les jeunes aiguilles continuent à s'allonger et commencent à s'ouvrir vers l'extérieur.

N. B. : Dans le cas de la vue latérale du bourgeon de stade 0 à 5, les aiguilles du verticille ont été partiellement disséquées.













VUE APICALE	VUE LATÉRALE
	
	
	
	
	
	
	

La barre blanche représente une échelle de 5 mm.

## TABLEAU 2. LES SIX STADES DE FORMATION DU BOURGEON APICAL

STADE	DESCRIPTION
<b>0</b> <b>Absence de bourgeon</b>	Absence de bourgeon apical. L'élongation de la tige principale peut déjà être terminée. Les aiguilles situées au centre de la pousse sont généralement plus petites que celles du pourtour.
<b>1</b> <b>Bourgeon blanc</b>	Initiation du bourgeon apical : présence d'un bourgeon blanc au bout de la tige principale dissimulé sous les aiguilles.
<b>2</b> <b>Bourgeon beige</b>	Les écailles qui commencent à recouvrir le bourgeon se teintent de beige. La taille du bourgeon a augmenté.
<b>3</b> <b>Bourgeon brunissant</b>	Le bourgeon apical est totalement recouvert d'écailles brunissantes. Le volume du bourgeon apical a augmenté significativement. Les aiguilles du verticille sont toujours fermées sur le bourgeon.
<b>4</b> <b>Bourgeon brun</b>	Le bourgeon apical est complètement brun et bien visible. Les aiguilles du verticille commencent à s'ouvrir vers l'extérieur.
<b>5</b> <b>Aiguilles ouvertes</b>	Le bourgeon apical est bien visible. Ses écailles brunes, opaques et concaves sont bien formées. Les aiguilles du verticille sont ouvertes vers l'extérieur.

N. B. : Dans le cas de la vue latérale du bourgeon de stade 0 à 5, les aiguilles du verticille ont été partiellement disséquées.

VUE APICALE	VUE LATÉRALE
	
	
	
	
	
	

La barre blanche représente une échelle de 5 mm.

# CONCLUSION

**Ce guide** décrit de manière détaillée sept stades de débourrement (stades 0 à 6) et six stades de formation (stades 0 à 5) du bourgeon apical observables à l'œil nu chez l'épinette blanche. À ce titre, il constitue un ouvrage de référence utilisable sur le terrain par toute personne intéressée à observer et à obtenir des données quantitatives de la phénologie de l'épinette blanche.

**L'originalité de ce guide** réside dans le fait que le travail d'observation et de relevé des stades se fait uniquement sur les bourgeons apicaux. Le bourgeon apical qui se forme à la fin de la saison de croissance contient tous les *primordia* de feuilles qui détermineront la croissance de l'année suivante. La formation et la survie même du bourgeon apical est donc critique pour la croissance de la tige principale et pour l'architecture de l'arbre.

**La description des stades de débourrement** a été largement inspirée de celle précédemment publiée chez l'épinette noire pour les bourgeons latéraux (Numainville et Despons, 2004). La description des stades de débourrement des bourgeons apicaux de l'épinette blanche peut également être transposée aux bourgeons latéraux de l'épinette blanche, en sachant que le débourrement latéral se fait selon un gradient de la base à la cime de l'arbre et qu'il est plus sensible aux changements environnementaux.

**La caractérisation des stades de formation des bourgeons apicaux** pendant l'arrêt de croissance est inspirée des quatre stades définis précédemment chez l'épinette noire (Beaulieu et collab., 2004) auxquels deux stades intermédiaires significatifs ont été



ajoutés. Ces ajouts résultent de nombreuses observations faites de manière systématique par la même personne pendant plusieurs années et sur des arbres de différentes classes d'âge. De plus, les caractéristiques des six stades de formation du bourgeon apical ont été validées par d'autres observateurs ainsi que sur plusieurs milliers d'arbres, constituant de solides appuis pour les clés d'identification. En tenant compte des mêmes recommandations que pour le débourrement, les caractéristiques des stades de formation du bourgeon apical peuvent être transposées aux bourgeons latéraux de l'épinette blanche.



**Le calibre scientifique** de la documentation photographique des bourgeons aidera l'observateur à repérer les critères d'identification des stades, facilitant ainsi ses relevés de phénologie. De plus, les critères utilisés pour la définition des stades phénologiques des bourgeons apicaux sont utilisables et transférables au bourgeon terminal de n'importe quelle branche d'épinette blanche. Enfin, les données phénologiques peuvent être intégrées à une base de données, telle que celle développée au Centre canadien sur la fibre de bois par l'équipe du Dr. Jean Beaulieu (<http://ccfb-bd.cfl.scf.rncan.gc.ca/>), demeurant ainsi facilement accessibles et utilisables.

**En conclusion**, ce guide est un ouvrage pratique, permettant d'identifier de manière systématique et fiable les différents stades de croissance des bourgeons chez l'épinette blanche.

# RÉFÉRENCES

Beaulieu, J., M. Perron et J. Bousquet. 2004. Multivariate patterns of adaptive genetic variation and seed source transfer in *Picea mariana*. *Canadian Journal of Forest Research*, 34 : 531-545.

Nienstaedt, H. et J.P. King. 1970. Breeding for delayed budbreak in *Picea glauca* (Moench) Voss. Potential frost avoidance and growth gains. *Dans* Proceedings of the Second World Consultation in Forest Tree Breeding, Washington, D.C., August 1969, pp. 61-80.

Numainville, G. et M. Desponts. 2004. Les stades de débournement des bourgeons foliaires de l'épinette noire. Guide n° 7. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Desponts-Mireille/Guide-no-7.pdf>).

Ce guide est disponible en format PDF à l'adresse suivante : <http://librairie.scf.rncan.gc.ca>

# LEXIQUE

**Apical** : en botanique, qui se rapporte à la partie qui forme le sommet d'un organe.

**Bourgeon** : organe végétal situé au sommet de la tige ou à l'aisselle d'une feuille, ayant pour but d'assurer la croissance et la ramification des tiges.

**Bourgeon terminal** : bourgeon situé à l'extrémité d'une tige.

**Débourrement** : stade phénologique dans le développement des végétaux caractérisé par le dégagement des organes foliacés ou floraux, des écailles et des bourgeons.

Épanouissement et écartement des bourgeons des arbres et apparition de nouvelles pousses.

**Phénologie** : étude scientifique des répercussions du temps et du climat sur les stades de la vie animale ou végétale (débourrement, floraison, reproduction, etc.)

**Primordia** : un primordium (au pluriel primordia) est un corpuscule sphérique qui est l'embryon d'une cellule ou d'un organe déterminés.

**Verticille** : ensemble d'organes (feuilles, fleurs, etc.) disposés en cercle autour du même nœud d'un axe primaire.

# ANNEXE : PHOTOGRAPHER LES BOURGEONS APICAUX

La documentation photographique des stades de croissance a été réalisée sur des épinettes blanches âgées de 3 et 6 ans (25-80 cm de haut).

## Matériel

- appareil photo numérique SLR Canon EOS Rebel XTi;
- lentille Canon EF 10 mm F2.8 USM Macro;
- flash annulaire Canon Macro Ring Lite MR-14EX;
- trépied;
- déclencheur à distance;
- boîte numérique Cameron, 28 pouces (tente avec fond gris);
- règle en plastique;
- pinces articulées.

## Informations pratiques

Pour les prises de vue latérales du bourgeon, l'arbre était en position verticale, de façon à ce que le bourgeon terminal de la tige principale soit à l'intérieur de la tente photo. La lentille de l'appareil photo était perpendiculaire au profil du bourgeon. Dans le cas des prises de vue latérales de la formation du bourgeon, les aiguilles du verticille ont été partiellement disséquées.

Pour les prises de vue apicales du bourgeon, l'arbre était placé en position horizontale dans la tente, de façon à ce que le bourgeon terminal de la tige



Montage pour les prises de vue latérales du bourgeon

principale soit perpendiculaire à la lentille. L'arrière-plan était un carton gris placé en collerette autour du bourgeon.

L'utilisation d'une règle placée dans le champ de prise de vue a permis d'obtenir une échelle de taille sur les marges des photos. Cette échelle a été reportée à l'aide d'un trait blanc sur les photos documentant ce guide.










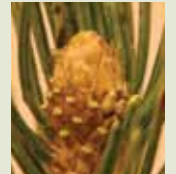
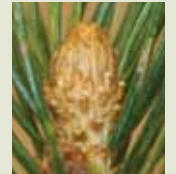
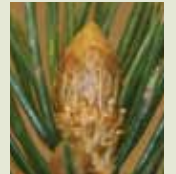




L'arbre est couché pour les prises de vue apicales du bourgeon

Les photos présentent un rapport 1 : 1 (grandeur réelle), excepté pour les derniers stades de débourrement. La distance focale était de 100 mm et l'ouverture variait autour de F14.















# EN BREF, LE DÉBOURREMENT

(Tiré de « Guide-terrain pour l'identification des stades de débourrement et de formation du bourgeon apical chez l'épinette blanche », *Ressources naturelles Canada*)

STADE 0	STADE 1	STADE 2	STADE 3	STADE 4	STADE 5	STADE 6
BOURGEON FERMÉ	BOURGEON OUVERT	BOURGEON ALLONGÉ	BOURGEON GONFLÉ	BOURGEON TRANSLUCIDE	BOURGEON DÉCHIRÉ	POUSSE LIBÉRÉE
						
						

## EN BREF, LA FORMATION DU BOURGEON

STADE 0	STADE 1	STADE 2	STADE 3	STADE 4	STADE 5
ABSENCE DE BOURGEON	BOURGEON BLANC	BOURGEON BEIGE	BOURGEON BRUNISSANT	BOURGEON BRUN	AIGUILLES OUVERTES
					
					





Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada



# FIELD GUIDE

for Identifying Apical Bud Break  
and Bud Formation Stages in  
**WHITE SPRUCE**



Canada



## Field Guide for Identifying Apical Bud Break and Bud Formation Stages in White Spruce

**Catherine Dhont, Patricia Sylvestre, Marie-Claude Gros-Louis, Nathalie Isabel**

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre, 1055 du P.E.P.S, P.O. Box 10380, Stn. Sainte-Foy, Quebec, QC G1V 4C7.

We thank Rick Turner, biology photographer with the Canadian Centre of DNA Barcoding (University of Guelph), for providing guidance for the development of a protocol for taking photographs of buds. Our thanks also go to Jonathan Sylvestre for his valuable technical advice on macrophotography as well as Jean Beaulieu, research scientist at the Canadian Forest Service of Natural Resources Canada, for having kindly provided the white spruce mature stand photo. Finally, we thank Martin Perron, a researcher with the science branch of the ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, for the comments he provided during the drafting of this document.

The preparation and publication of this guide were made possible by funding received from the Genomics R&D Initiative. The observation and photography techniques were developed as part of the Arborea project (<http://www.arborea.ulaval.ca>).

# TABLE OF CONTENTS

- 1** Introduction
- 3** Observation of apical buds
- 8** Table 1. The seven stages of apical bud break
- 10** Table 2. The six stages of apical bud formation
- 12** Conclusion
- 14** References
- 15** Glossary
- 16** APPENDIX: Taking photographs of apical buds

## **Removable chart**

Bud break in brief

Bud formation in brief



# INTRODUCTION

**White spruce** (*Picea glauca* [Moench] Voss) is ubiquitous in Canadian forests. It is one of the most important coniferous species for the forest industry and one of the most planted tree species for reforestation. Although silvicultural properties are the main selection criteria applied in breeding programs, climate change raises issues related to growth and therefore adaptation. An extended growing season would increase the risk of frost damage to buds during dormancy induction or release. The most vulnerable spruce species are those in which bud break occurs early in the spring and those in which bud set occurs late in the fall. The authors set out to develop and validate an observation method along with systematic criteria for white spruce that can be used to identify bud break stages in the spring and bud formation stages associated with dormancy.



Experimental white spruce plantation

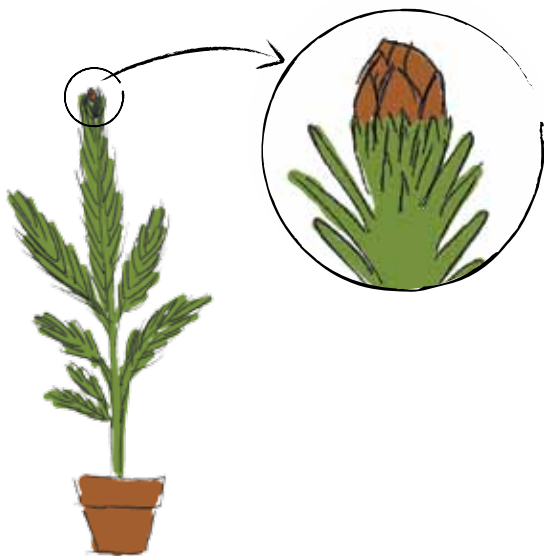
**The purpose of this guide** is to detail phenological stages in white spruce that can be observed with the naked eye, specifically the apical bud break stages occurring in the spring and apical bud formation stages occurring at the end of the growing season. Although six phenological stages were previously identified in a characterization of apical bud break in white spruce (Nienstaedt and King, 1970), the morphological changes that occur in the buds were not detailed. By contrast, in black spruce, seven bud break stages were described in detail for the lateral buds (Numainville and Despons, 2004). The bud break stages described in this guide for the apical buds of white spruce are largely based on the bud break stages previously described for black spruce. The apical bud formation stages in white spruce were defined by using the four phenological stages previously described for black spruce (Beaulieu et al., 2004) and adding two significant intermediate stages.



Mature white spruce stand (Causapscal, Quebec)

# OBSERVATION OF APICAL BUDS

**The observation and assessment work** described in this guide centres on the **apical bud**, that is, the terminal bud at the tip of the main stem.



## **Characterization and validation of phenological stages**

Characterization and validation of the bud break and bud formation stages were carried out at the Canadian Forest Service's Valcartier Forest Experimental Station (46°57'03" north; 71°29'50" west; altitude 202 m) over several growing seasons (2004 - 2005: characterization; 2006 - 2008: validation).

The characterization work was initiated on a spruce family derived from a controlled cross. In all, 810 clones (3 rooted cuttings x 270 F1 progeny) were assessed at the time of bud break and bud formation during the 2004 and 2005 growing seasons. In 2004, the trees were 3 years old and 18 cm tall on average.

The characteristics of the stages were subsequently validated in a larger number of spruce within a new family likewise derived from a controlled cross. In all, 3200 clones (6 rooted cuttings x 533 F1 progeny) were evaluated during the 2006, 2007 and 2008 growing seasons. In 2006, the trees were 5 years old and 50 cm tall on average. Validation was also done using a population made up of unrelated individuals. In total, 5850 clones (6 rooted cuttings x 975 individuals), 3 years old and 20 cm tall on average, were evaluated during the 2008 growing season.



Spruce population used to validate the phenological stages



## Observation and assessment of stages

The observer's work consists in assessing the growth stages. This involves observing the terminal bud of the main stem of each tree with the naked eye to determine the bud characteristics using the identification criteria for the different stages. The observer then records the appropriate bud break (Table 1; seven stages from 0 to 6) or bud formation (Table 2; six stages from 0 to 5).



Observation of apical buds

## Bud break

Data collection begins as early as possible in the spring (late April to early May) and ends when the final stage is reached (early June). The assessments are done at regular intervals. By making observations twice a week, the observer will be able to identify all the stages described in Table 1. In the spring, the bud is highly visible at the tip of the main stem; however, the observer may need to spread the needles if they enclose the bud.

## Bud formation during dormancy

Data collection begins when elongation of the main stem ceases (late June to mid-July) and ends when the final stage is reached (late September to early October). Assessment is done once or twice a week. The developing bud is hidden by the apical needles until the fourth stage (stage 3); the observer should gently spread the needles to see the developing bud (Table 2).



## Morphological variations in buds

Buds vary in shape particularly with regard to the morphology of the scales covering the bud. In most cases, the bud is round and is completely enveloped by smooth scales. However, the bud may be rosette-shaped or pointed.

Typical bud



Rosette-shaped bud



Pointed bud
















### **Morphological variations during a given phenological stage**

The apical bud is continuously changing, even during a given stage. The bud is sensitive to changes in its environment, such as sunshine, cloud cover, rainfall and watering. The observer must keep in mind that bud morphology progresses and/or may vary during a given stage, without the stage changing. Having a single observer carry out the observations for a particular group of trees helps to ensure consistency in the findings while also minimizing the risk of incorrect identification of stages.

## TABLE 1. THE SEVEN STAGES OF APICAL BUD BREAK

STAGE	CHARACTERISTICS
<b>0 Closed bud</b>	<p>The apical bud is usually very visible.</p> <p>It has well-developed concave scales that are brown and opaque.</p> <p>The needles in the whorl point outwards.</p>
<b>1 Open bud</b>	<p>The opaque brown scales of the apical bud start to separate.</p> <p>The bud is open; a pale spot is readily visible at the tip of the bud.</p> <p>No elongation is observed.</p>
<b>2 Elongated bud</b>	<p>The opaque brown scales are lengthening.</p> <p>Elongation of the scales in the upper part of the apical bud is evident and the texture of the scales is becoming smoother.</p> <p>No swelling is visible: the diameter of the median part of the bud is smaller than or equal to that of the crown of scales at the base of the bud.</p>
<b>3 Swollen bud</b>	<p>Swelling of the bud is evident.</p> <p>The diameter of the median part of the bud clearly exceeds that of its base.</p> <p>The scales of the upper part of the apical bud are smooth and pale coloured but no needles are visible.</p>
<b>4 Translucent bud</b>	<p>The scales of the apical bud are translucent.</p> <p>The needles of the new shoot can be seen through the scales.</p>
<b>5 Split bud</b>	<p>The translucent scales are split open at the base or tip of the bud.</p> <p>The new shoot has undergone significant elongation.</p> <p>The needles of the new shoot are still tightly clustered around the axis of the main stem.</p>
<b>6 Exposed shoot</b>	<p>The new shoot has completely emerged from the surrounding scales.</p> <p>The young needles continue to elongate and begin to spread outwards.</p>

N.B.: For the lateral shots of bud stages 0 to 5, the needles in the whorl were partially dissected.












APICAL VIEW	LATERAL VIEW
	
	
	
	
	
	
	

The scale is given by the white line, which represents a length of 5 mm.

## TABLE 2. THE SIX STAGES OF APICAL BUD FORMATION

STAGE	DESCRIPTION
<b>0 Absence of bud</b>	Absence of apical bud. Elongation of the main stem may already have ceased. The needles in the middle of the shoot are generally smaller than those on the periphery.
<b>1 White bud</b>	Initiation of the apical bud: presence of a white bud (at tip of main stem) hidden by the needles.
<b>2 Beige bud</b>	The scales forming around the bud are beige in colour. The bud has increased in size.
<b>3 Brownish bud</b>	The scales enveloping the apical bud are turning brown. The apical bud has increased significantly in volume. The needles in the whorl still enclose the bud.
<b>4 Brown bud</b>	The apical bud is completely brown and very visible. The needles in the whorl start to spread outwards.
<b>5 Spread needles</b>	The apical bud is very visible. Its opaque brown, concave scales are well developed. The needles in the whorl spread outwards.

N.B.: For the lateral shots of bud stages 0 to 5, the needles in the whorl were partially dissected.

APICAL VIEW	LATERAL VIEW
	
	
	
	
	
	

The scale is given by the white line, which represents a length of 5 mm.

# CONCLUSION

**This field guide** provides a detailed description of the seven apical bud stages (stages 0 to 6) and the six apical bud formation stages (stages 0 to 5) that can be observed in white spruce with the naked eye. This reference document can be used in the field for collecting quantitative phenological data on white spruce.

**The guide is unique** in that the work of observing and assessing stages focuses solely on the apical buds. The apical bud that forms at the end of the growing season contains all the needle primordia for the following year's growth. Apical bud development and survival is therefore critical for the growth of the main stem and the tree's architecture.

**The apical bud break stages described** in this guide are largely based on the stages previously described for the lateral buds of black spruce (Numainville and Despons, 2004). The bud break stages detailed for the apical buds of white spruce also apply to the lateral buds of this species. It should be kept in mind, however, that lateral bud break occurs in a gradient from the base of the tree to the crown and that it is more sensitive to environmental changes.

**The characterization of the apical bud formation stages** during dormancy uses the four stages previously described for black spruce (Beaulieu et al., 2004) but incorporates two significant intermediate



stages. These additional stages are the result of systematic observations made by a single observer on trees in different age classes over a number of years. The characteristics of the six apical bud formation stages described in this guide have been validated by other observers on thousands of trees, providing a solid foundation for the identification keys. As mentioned above for the bud break stages, the characteristics of the apical bud formation stages also apply to the lateral buds of white spruce.



**The scientific calibre** of the apical bud photographs make this a valuable reference document for assessing and identifying the phenological stages of interest. Furthermore, the criteria used to identify the phenological stages of apical buds can be applied to the terminal buds of white spruce branches. Finally, phenologic data can be integrated into a database such as the one developed at the Canadian Wood Fibre Centre by Dr. Jean Beaulieu's team (<http://ccfb-bd.cfl.scf.rncan.gc.ca>) so that they remain easy to access and use.

**In conclusion,** this field guide is a practical tool that can be used to identify the different growth stages of white spruce in a systematic and reliable manner.

## REFERENCES

Beaulieu, J., M. Perron and J. Bousquet. 2004. Multi-variate patterns of adaptive genetic variation and seed source transfer in *Picea mariana*. Canadian Journal of Forest Research, 34:531-545.

Nienstaedt, H. and J.P. King. 1970. Breeding for delayed budbreak in *Picea glauca* (Moench) Voss. Potential frost avoidance and growth gains. In Proceedings of the Second World Consultation in Forest Tree Breeding, Washington, D.C., August 1969, pp. 61-80.

Numainville, G. and M. Despôts. 2004. Les stades de débourrement des bourgeons foliaires de l'épinette noire. Guide n° 7. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Despôts-Mireille/Guide-no-7.pdf>).

This guide is available in PDF format at the following address: <http://bookstore.cfs.nrcan.gc.ca>

# GLOSSARY

**Apical:** in botany, relates to the terminal part of an organ.

**Apical bud:** a bud that develops at the apex (tip) of a stem. Also known as terminal bud.

**Bud:** a plant organ situated at the tip of the stem or in a leaf axil and from which growth originates.

**Bud break:** phenological stage in the development of a plant that is characterized by the expansion of foliaceous or floral organs, scales and buds.

Opening of tree buds and emergence of new shoots.

**Phenology:** the scientific study of periodic biological phenomena (bud break, flowering, reproduction, etc.) in plants and animals with reference to climate.

**Primordium:** (plural primordia) an organ or tissue in the early stages of development.

**Whorl:** group of organs (leaves, flowers, etc.) arranged in a circle around a specific node of a primary axis.

# APPENDIX: TAKING PHOTOGRAPHS OF APICAL BUDS

The photographic documentation of growth stages was done on white spruce trees aged 3 and 6 (25–80 cm tall).

## Equipment

- SLR Canon EOS Rebel XTi digital camera
- Canon EF 10 mm F2.8 USM Macro lens
- Canon Macro Ring Lite MR-14EX ring flash
- Tripod
- Remote switch
- Cameron digital photo box, 28 inches (tent with gray background)
- Plastic ruler
- Hinged clamps

## Practical information

For side shots, the tree was kept in a vertical position so that the terminal bud of the main stem would be located inside the photography tent. The camera lens was perpendicular to the bud profile. The needles in the whorl were partially dissected in order to take side shots of the bud formation stages.

For overhead shots, the tree was positioned horizontally in the tent so that the terminal bud of the main stem would be perpendicular to the lens. The



Set-up for side shots

background consisted of a piece of gray cardboard positioned like a collar around the bud.

A ruler was placed in the field of view to provide a scale in the photo margins. The scale is illustrated by a white line on the photographs provided in this guide.










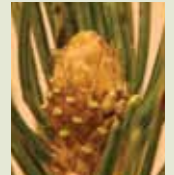
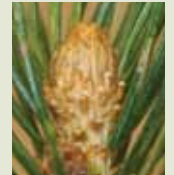
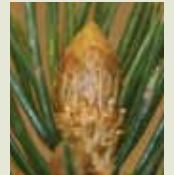




Tree placed on its side for overhead shots.

The photographs consist of 1:1 (life size) images, except in the case of the final bud break stages. The focal length was 100 mm and the aperture was set at about F14.



# BUD BREAK IN BRIEF

(From "Field Guide for Identifying Apical Bud Break and Bud Formation Stages in White Spruce", Natural Resources Canada)

STAGE 0	STAGE 1	STAGE 2	STAGE 3	STAGE 4	STAGE 5	STAGE 6
CLOSED BUD	OPEN BUD	ELONGATED BUD	SWOLLEN BUD	TRANSLUCENT BUD	SPLIT BUD	EXPOSED SHOOT
						
						

## BUD FORMATION IN BRIEF

STAGE 0	STAGE 1	STAGE 2	STAGE 3	STAGE 4	STAGE 5
ABSENCE OF BUD	WHITE BUD	BEIGE BUD	BROWNISH BUD	BROWN BUD	SPREAD NEEDLES
