



Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt-Bois  
Unité Mixte de Recherches INRA-ENGREF 1092



ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'AGRONOMIE ET DE FORÊTS

**ENGREF**

*Ecosystèmes Forestiers et Dynamique du Paysage*

## Phénologie des espèces arborées

Synthèse bibliographique

Analyse des données du Réseau National de Suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers  
(RENECOFOR)

Janis Differt

*Mai 2001*

Encadrement : *François Lebourgeois (EFDP - ENGREF - Nancy)*

Responsables scientifiques : *François Lebourgeois (EFDP - ENGREF - Nancy)*  
*Nathalie Bréda (Phyloécologie - INRA - Nancy)*  
*Granier André (Bioclimatologie - INRA - Nancy)*

*Mots-clés : pléniologie, muclèlephénologique, débourrement, saison de végétation, Fagus sylvatica, Quercus robur, Quercuspetraea, RENECOFOR*  
*Keywords : phenology, phenological models, budburst, growing season, Fagus sylvatica, Quercus robur, Quercuspetraea, RENECOFOR network*



Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt-Bois  
Unité Mixte de Recherches INRA-ENGREF 1092



ECOLE NATIONALE DU GENIE RURAL DES EAUX ET DES FORETS

**ENGREF**

*Ecosystèmes Forestiers et Dynamique du Paysage*

## Phénologie des espèces arborées

Synthèse bibliographique

Analyse des données du Réseau National de Suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers  
(RENECOFOR)

Janis Differt

*Mai 2001*

Encadrement : *François Lebourgeois (EFDP - ENGREF - Nancy)*

Responsables scientifiques : *François Lebourgeois (EFDP - ENGREF - Nancy)*  
*Nathalie Bréda (Phytoécologie - INRA - Nancy)*  
*Granier André (Bioclimatologie - INRA - Nancy)*

*Mots-clés : phénologie, modèle phénologique, débourremem, saison de végétation, Fagus sylvatica, Quercus robur, Quercus petraea, RENECOFOR*  
*Keywords : phenology, phenological models, budburst, growing season, Fagus sylvatica, Quercus robur, Quercus petraea, RENECOFOR network*

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier ceux qui m'ont permis, de quelque manière que ce soit, de réaliser ce travail. Ce rapport est le fruit d'un stage d'une durée de 6 mois effectué au laboratoire Ecosystèmes Forestiers et Dynamique du Paysage de l'Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts de Nancy.

Je tiens à remercier toute l'équipe du laboratoire.

Je remercie tout particulièrement *François Lebourgeois*, pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer ce stage, pour ses conseils et son aide à la réalisation de ce rapport, pour sa disponibilité, et pour la liberté d'organisation qu'il m'a laissée dans mon travail.

Je remercie *Christian Piedallu* pour son aide à l'utilisation de Géoconcept.

Je remercie également *Nathalie Bréda* et *Patrick Behr* de l'Equipe Phytoécologie du Centre INRA de Nancy, *André Granier* de l'Equipe Bioclimatologie, *Pierre Legroux* et *Michel Vernier* de l'équipe Amélioration pour leur aide et la transmission de leurs données.

Merci également à *Eric Teissier du Cros* et *Bruno Fady*, de l'INRA d'Avignon, pour leur accueil et pour la communication de leurs données.

Je remercie *Richard Chevalier* du CEMAGREF de Nogent-sur-Vernisson pour la transmission des données anciennes concernant l'Arboretum des Barres.

Je remercie *Erwin Ulrich* et *Marc Lanier* pour la communication des données phénologiques concernant le Réseau National de Suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers (RENECOFOR).

## RESUME

Les études phénologiques sont fréquemment utilisées afin de déterminer les essences ou les provenances les mieux adaptées à un contexte climatique donné pour le reboisement, ou pour la connaissance de leur autécologie. Elles connaissent depuis quelques années un regain d'intérêt, en particulier dans le cadre de l'étude de la réponse de la végétation à un changement climatique. En effet, les modifications du climat, et plus particulièrement le réchauffement, peuvent se répercuter sur le cycle phénologique des essences, et modifier la durée de la saison de végétation. Afin de pouvoir étudier les relations entre climat et phénologie, il est nécessaire dans un premier temps de rassembler de nombreuses données. La première partie de ce travail a été consacrée au recueil de données phénologiques pour des espèces arborées (feuillus et résineux), principalement à l'échelle française, à partir de la littérature, d'observations réalisées dans des réseaux et de communications des observateurs du Département Santé des Forêts (DSF). Les événements phénologiques étudiés sont le débourrement végétatif et la sénescence (coloration automnale et chute des feuilles). La majorité des données proviennent du "Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers" (RENECOFOR) au sein duquel sont observées, depuis 1997, le début et la fin de la saison de végétation. Les résultats de la synthèse des observations phénologiques sont présentés sous forme de tableaux classés par espèce. Hormis celles du RENECOFOR, peu de données sont disponibles pour les résineux. Pour les feuillus, la plupart des données recueillies concerne le hêtre et les chênes.

Une base de données (Géoconcept) a également été élaborée afin de réaliser la cartographie de ces observations. Trop peu de données sont disponibles pour faire réellement ressortir une variabilité interrégionale. Pour la variabilité inter-annuelle, les écarts-types des dates de réalisation des stades phénologiques sont importants. Les 3 années d'observations du RENECOFOR suggèrent que le débourrement et le jaunissement du chêne sessile sont plus précoces que ceux du chêne pédoncule et la longueur de saison de végétation est, en moyenne, plus courte. Le hêtre semble débourrer après les chênes (différence de 15 jours) avec une sénescence plus précoce et donc une saison de végétation plus courte.

Les liens existant entre l'apparition d'un stade phénologique donné et les facteurs qui l'influencent sont encore assez mal connus. Les processus de débourrement et de sénescence sont principalement déclenchés par la température, mais peuvent aussi être influencés par d'autres facteurs telles que la photopériode, les précipitations. Une synthèse de quelques résultats de la littérature analysant les relations entre divers facteurs et la phénologie est présentée. Peu de travaux ont porté sur la sénescence, peut-être en raison de la complexité d'étude de ce phénomène. Les divers paramètres écologiques jouent un rôle très variable selon les espèces. En ce qui concerne le débourrement, on peut retenir que le principal facteur déterminant est la température de l'air. La photopériode n'a qu'une faible influence - sauf pour le hêtre - car, en conditions naturelles, les photopériodes ayant un effet important sur le débourrement se rencontrent rarement avant que celui-ci ne se réalise. De plus, l'influence de la photopériode est souvent rendue négligeable par la satisfaction des besoins en froid. Si la date de débourrement dépend des conditions environnementales, elle est aussi conditionnée génétiquement, et il est fréquent que différentes provenances d'une même espèce montrent, pour ce caractère, des différences significatives.

L'étude de l'influence de divers facteurs sur la phénologie permet la construction de modèles de prédiction des dates de réalisation des événements phénologiques. Toujours à partir de données de la littérature, une description des principaux modèles de prédiction du débourrement est présentée. Certains modèles ont été développés récemment, tandis que d'autres sont utilisés depuis plus de deux siècles. C'est le cas pour le modèle des sommes de températures, le plus fréquemment employé, qui décrit de façon linéaire l'action de la température sur le développement. Dans ce modèle, le seul paramètre pris en compte est la réponse au réchauffement printanier. Quelques tests et utilisations de ce modèle ont été synthétisés sous forme de tableaux. Les arbres ayant besoin, pour débourrer, qu'une période froide précède le réchauffement, plusieurs modèles intégrant l'action des températures froides, donc le phénomène de dormance, ont été développés: modèle alternatif, modèle séquentiel, modèle parallèle, modèle d'approfondissement du repos, modèle à quatre phases. Enfin, certains auteurs ont pris en compte la photopériode, seule ou en combinaison avec la température. A l'exception du modèle des sommes de températures, qui semble pouvoir être utilisé assez largement, les autres modèles ont été développés pour une situation particulière, et demeurent encore très théoriques.

## SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>4</b>
2.1. Définitions.....	4
2.1.1. Phénologie, développement et stades phénologiques.....	4
2.1.2. Débourrement, foliation.....	4
2.1.3. Période de végétation et d'assimilation.....	8
2.1.4. Sénescence, défoliation.....	9
2.2. Sources des données phénologiques.....	9
2.3. Construction des tableaux de synthèse des observations phénologiques.....	11
2.3.1. Espèces étudiées.....	11
2.3.2. Localisation des observations.....	14
2.3.3. Le contexte climatique.....	14
2.3.4. Stades phénologiques étudiés et homogénéisation des données.....	16
2.3.5. Dates de réalisation des stades phénologiques et longueur de la saison de végétation.....	18
2.3.6. Observations générales.....	18
<b>3. ETUDE DE LA VARIABILITE PHENOLOGIQUE.....</b>	<b>19</b>
3.1. Limites de l'étude.....	19
3.2. Variabilité phénologique des hêtraies.....	19
3.2.1. Débourrement.....	19
3.2.2. Sénescence.....	20
3.2.3. Saison de végétation.....	21
3.3. Variabilité phénologique des chênes sessiles.....	23
3.3.1. Débourrement.....	23
3.3.2. Sénescence.....	24
3.3.3. Saison de végétation.....	25
3.4. Variabilité phénologique des chênes pédoncules.....	25
3.4.1. Débourrement.....	25
3.4.2. Sénescence.....	26
3.4.3. Saison de végétation.....	26
3.5. Comparaison de la phénologie des feuillus.....	27
3.6. Variabilité du débourrement des résineux.....	29
3.6.1. Le sapin pectine.....	29
3.6.2. L'épicéa commun.....	29
3.6.3. Les pins maritime et sylvestre.....	29
3.6.4. Ledouglas.....	30
3.7. Comparaison de la phénologie des résineux.....	30
3.8. Variabilité interindividuelle.....	30
3.8.1. Le débourrement.....	30
3.8.2. La sénescence.....	31
<b>4. FACTEURS INFLUENÇANT L'APPARITION DES PHENOPHASES DE DEBOURREMENT ET DE SENESCENCE.....</b>	<b>32</b>
4.1. Remarques sur le phénomène de dormance.....	32
4.1.1. Terminologie.....	32
4.1.2. Présentation de quelques études expérimentales.....	32
4.2. Influence de la température.....	33
4.2.1. Effet sur le débourrement.....	34
4.2.2. Effet sur la sénescence.....	36
4.2.3. Effet sur la durée de la saison de végétation.....	36
4.3. Influence de la photopériode.....	37
4.3.1. Effet sur le débourrement du hêtre.....	37
4.3.2. Effet sur le débourrement des autres essences.....	38
4.3.3. Effet sur la sénescence.....	39
4.4. Influence des précipitations.....	39

4.4.1.	Effet sur le débourrement.....	39
4.4.2.	Effet sur la sénescence.....	40
4.5.	Influence de la latitude.....	40
4.6.	Influence de la continentalité.....	41
4.7.	Influence de l'altitude.....	41
4.8.	Influence de la topographie.....	45
4.9.	Influence de la densité du peuplement et de la canopée.....	45
4.10.	Influence de l'âge.....	46
4.11.	Variabilité intra-individuelle.....	46
4.12.	Influence d'autres facteurs externes.....	47
4.12.1.	Pollution atmosphérique et effets du CO <sub>2</sub> .....	47
4.12.2.	Nutrition minérale.....	47
4.12.3.	Attaques parasitaires.....	47
4.13.	Influence de facteurs internes (génétiques).....	48
4.13.1.	Etude de la variabilité génétique: comparaison de provenances.....	48
4.13.2.	Héritabilité de la précocité/tardiveté du débourrement.....	49
4.14.	Conclusion.....	49
<b>5.</b>	<b>MODELES PHENOLOGIQUES DE PREDICTION DES DATES DE DEBOURREMENT.....</b>	<b>50</b>
5.1.	Modèles considérant uniquement la réponse au réchauffement printanier.....	50
5.1.1.	Modèles des sommes de températures et des coefficients de température Q10.....	50
5.1.2.	Utilisation pratique et limites de ces modèles.....	52
5.1.3.	Présentation d'autres méthodes pour le calcul des degrés-jours.....	52
5.1.4.	Estimation des paramètres.....	53
5.1.5.	Quelques remarques concernant les paramètres et leur variation.....	56
5.1.6.	Systèmes de prédiction du débourrement végétatif et de la floraison de diverses espèces.....	57
5.1.7.	Le modèle des unités de forçage.....	58
5.2.	Modèles considérant le besoin en froid et la réponse au réchauffement printanier.....	59
5.2.1.	Le modèle alternatif.....	60
5.2.2.	Principes des autres modèles.....	64
5.2.3.	Le modèle séquentiel.....	66
5.2.4.	Le modèle parallèle.....	67
5.2.5.	Le modèle d'approfondissement du repos.....	68
5.2.6.	Le modèle à quatre phases.....	69
5.2.7.	Le modèle de synthèse d'Hänninen (1990a).....	70
5.3.	Modèles prenant en compte la photopériode.....	74
5.3.1.	Prise en compte de la photopériode seule.....	74
5.3.2.	Le modèle photothermique de Nizinski et Saugier (1988).....	74
5.3.3.	Modèle considérant la photopériode en tant que déclencheur du développement ontogénique.....	75
5.3.4.	Prise en compte de la photopériode en tant que substitut du froid.....	75
5.4.	Quelques modèles décrivant la levée du repos et le développement ontogénique.....	75
5.4.1.	Prise en compte de la température de l'air ou de la photopériode.....	75
5.4.2.	Rappel : développement ontogénique et température de l'air.....	78
5.5.	Comparaison des différents modèles phénologiques de prédiction du débourrement.....	80
<b>6.</b>	<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>84</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE PRINCIPALE.....</b>	<b>85</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE ANNEXE.....</b>	<b>95</b>

## 1. INTRODUCTION

Afin de s'adapter à l'alternance des saisons en région tempérée, et notamment aux variations du régime thermique, les plantes ont développé des systèmes de régulation. L'hiver est la période de repos : elles sont alors résistantes aux basses températures grâce à une faible activité biologique. En début et en fin de saison de croissance, elles sont sensibles aux gelées. Afin de survivre, d'optimiser leur succès reproductif et de profiter au mieux des conditions favorables de croissance, les plantes vivaces règlent le début et la fin de leur période active. Chez les arbres, les dates de débourrement végétatif (mise en place des feuilles au printemps) et de sénescence (jaunissement et chute des feuilles ou des aiguilles en automne) déterminent la durée de la période de végétation. Les arbres devant minimiser les risques de dégâts occasionnés par les gelées précoces et tardives, et optimiser la durée de la saison de croissance, il existe une étroite adaptation des populations naturelles à leur situation climatologique locale (Kramer 1997).

La phénologie étudie les phénomènes périodiques des plantes. Elle cherche à saisir la progression temporelle, spatiale et stationnelle de la réapparition de ceux-ci (Malaisse 1967). Elle est fortement corrélée avec des caractères adaptatifs (ainsi, la tardiveté du débourrement végétatif est souvent liée à la résistance aux gelées printanières). Le champ d'étude de la phénologie consiste à enregistrer, dans le temps, le retour des étapes de croissance et de développement des êtres vivants et à étudier les facteurs qui l'influencent (Défila et Clot 2000).

Les études phénologiques peuvent être utilisées à différentes fins. Elles constituent un outil nécessaire pour les améliorateurs. De plus, elles enrichissent la connaissance de l'autécologie des essences. Enfin, elles sont depuis peu employées afin d'étudier la réponse de la végétation au changement climatique.

- **Pour le reboisement**, elles peuvent permettre de choisir les espèces et les provenances les mieux adaptées à un contexte climatique particulier. La date de débourrement végétatif, considérée comme un critère d'adaptation, est un caractère souvent étudié par les améliorateurs. Dans les plantations comparatives de provenances, son observation permet l'étude de la stratégie adaptative des populations forestières, et le choix des semenciers pour la régénération. Lorsqu'un risque de gelée tardive est à craindre, les provenances à débourrement tardif sont préférentiellement choisies chez les feuillus (Teissier du Cros 1981, 1986, 1989, 1994 ; Vernier *et al.* 1996 ; Vernier et Teissier du Cros 1996), ainsi que chez les résineux (Lacaze et Tomassone 1967 ; Nienstaedt et King 1969 ; Lacaze 1970 ; Lacaze et Arbez 1971 ; Aussenac 1973 ; Ducrey 1998). La phénologie comparée d'une espèce arborée et des insectes qui l'infestent a aussi des implications sylvicoles (Du Merle 1983) ;
- La phénologie est un des éléments importants pour **la connaissance de l'autécologie des essences**. On peut chercher à expliquer la variabilité des phénomènes observés en fonction de la diversité des conditions écologiques et/ou de considérations touchant à la variabilité génétique de l'espèce. Les observations phénologiques fournissent une base de données avec laquelle on peut étudier les relations existant entre les variations de divers facteurs (climatiques essentiellement) et le développement des plantes (Lavarenne-Allary 1965 ; Galoux 1966 ; Galoux *et al.* 1967 ; Becker 1981 ; Courbet 1981 ; Comps *et al.* 1987 ; Sparks et Carey 1995 ; Sparks *et al.* 1997 ; Stefancik 1997 ; Spano *et al.* 1999). Elles peuvent permettre de dessiner des cartes sur lesquelles figurent des isophènes - courbes joignant les points d'égal stade phénologique (Becker 1981). A condition d'avoir une bonne garantie d'une relative homogénéité génétique à l'intérieur de la population étudiée, on peut espérer tirer des conclusions quant aux variations climatiques à l'intérieur d'une région donnée, à travers les différences d'ordre phénologique que l'on y observe (Becker 1981). La comparaison des dates de stades phénologiques donnés à certains paramètres climatiques a permis l'analyse du climat passé. Ainsi, en comparant les dates des vendanges et les dates de floraison de quatre plantes dans la région parisienne et en Bourgogne aux températures moyennes de Paris, Garnier (1955) a pu rectifier des valeurs douteuses de la température à Paris publiées par Renou en 1887, et interpréter certaines anomalies. La phénologie peut aussi être utilisée afin de déterminer la faculté d'adaptation d'espèces cultivées à un climat différent (Chylarecki et Straus 1968) ;

- Depuis les dernières décennies, *les variations du climat* observées dans de nombreuses régions du globe (Brazdil *et al.* 1996 ; Easterling *et al.* 1997 ; Balling *et al.* 1998) et en France (Dessens et Barés 1996 ; Lebourgeois 1999 ; Lebourgeois *et al.* 2001) pourraient avoir d'importantes répercussions sur la phénologie et la durée de la saison de végétation des espèces herbacées et des arbres, c'est-à-dire, à terme, sur le bilan de carbone des écosystèmes forestiers (Sparks et Carey 1995 ; Sparks *et al.* 1997 ; Saugier 1999). A partir de longues séries issues d'observations réalisées en Europe du Nord et de l'Est, Menzel et Fabian (1999) ont montré une augmentation de 10,8 jours de la saison de végétation depuis le début des années 1960 (débourrement plus précoce de 6 jours et sénescence plus tardive de 4,8 jours) attribuée à une augmentation de la température de l'air. Ce résultat est en accord avec une analyse de données satellites de 1981 à 1991, au nord de 45°N, qui estime une avance d'environ 8 jours pour le début de la saison de croissance active, et une prolongation d'environ 4 jours de la sénescence, ce qui entraîne un allongement de la saison de croissance active de 12 jours environ (Myneni *et al.* 1997). En Suisse, Défila et Clot (2000) ont montré une prolongation de 13,1 jours de la période de végétation au cours des 50 dernières années. En Autriche, Hasenauer *et al.* (1999) estiment à 11 jours le rallongement de la saison de croissance suite au réchauffement de 0,72°C constaté sur la période 1961-1990. En France, Lebourgeois (1999) a estimé à 12 jours la précocité du débourrement des feuillus (hêtre et chênes), suite à l'augmentation de la température moyenne annuelle de 1,2°C observée depuis 42 ans. Afin de mieux estimer les conséquences des changements climatiques, il apparaît important de bien cerner les mécanismes qui gouvernent actuellement les différentes phases phénologiques des arbres. Les modèles prédictifs font intervenir différents paramètres climatiques (température, rayonnement, ...) considérés seuls ou en combinaison. Pour choisir la date optimale des semis et améliorer le calendrier des récoltes d'espèces cultivées, les modèles fondés sur les sommes de températures sont très utilisés en agronomie (Bloc et Gouet 1977 ; French *et al.* 1979). Depuis quelques années, ils sont également employés pour prévoir les conséquences du réchauffement sur la phénologie et la croissance des arbres (Cannell 1984, cité dans Kramer 1995 ; Cannell et Smith 1986 ; Cannell *et al.* 1989 ; Murray *et al.* 1989 ; Hänninen 1991, 1995, 1996 ; Hänninen *et al.* 1993 ; Kramer 1994a, 1995, 1997 ; Murray *et al.* 1994 ; Colombo 1998 ; Hasenauer *et al.* 1999 ; Menzel et Fabian 1999 ; Kramer *et al.* 2000 ; Linkosalo *et al.* 2000). En France, les liens existant entre l'apparition d'un stade phénologique donné et les facteurs qui l'influencent, au niveau régional, sont encore largement méconnus, sauf pour les espèces étudiées par les améliorateurs (Ulrich 1997). Ceci tient essentiellement au manque de recherches dans ce domaine, et à l'absence d'observations à long terme sur la même essence dans plusieurs régions : chaque stade phénologique ne pouvant être observé en forêt tempérée qu'une fois par an, il est nécessaire de l'observer au moins sur une trentaine d'années pour permettre de faire des calculs statistiques ou d'utiliser des modèles. La France n'a malheureusement pas participé au réseau européen « International Phenological Gardens », un réseau d'observations phénologiques mis en place par les allemands Schnelle et Volkert et opérationnel depuis le début des années 1960 (Chmielewski 1997). Ce réseau fonde ses observations sur un certain nombre d'essences forestières ; dans chaque pays participant les mêmes clones sont utilisés afin de dresser des cartes de stades phénologiques en fonction des dates et des différences météorologiques entre grandes régions. Au début des années 1990, le « Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers » (RENECOFOR) a été mis en place par l'Office National des Forêts. Ce réseau a pour objectif le suivi sur au moins trente ans de la dynamique de 102 peuplements forestiers répartis sur l'ensemble du territoire. Depuis 1997, les dates de début et de fin de la saison de végétation sont observées, afin de faire ressortir les facteurs les influençant le plus et de développer, à terme, des modèles valables aussi bien pour une essence que pour un région (Ulrich 1997).

---

*L'objectif de ce stage a tout d'abord été d'essayer de faire le point sur les données phénologiques actuellement disponibles, principalement en France (quelques données provenant d'autres pays européens peuvent aussi être retenues). Nous nous sommes intéressés principalement aux espèces arborées (feuillus et résineux), et aux données concernant le débourrement végétatif et la sénescence, qui déterminent la durée de la phénophase feuillée des arbres. Cette recherche constitue la première étape d'un travail qui se poursuivra ultérieurement, et n'a pas la prétention d'être exhaustive. Il s'agit ensuite d'étudier la variabilité temporelle, interrégionale, interspécifique et interindividuelle des événements phénologiques, afin de juger de la régularité phénologique (débourrement, sénescence, durée de la saison de végétation). Les relations existant entre les principaux facteurs influençant la phénologie et les divers stades phénologiques seront analysés, en se basant sur des résultats de la littérature. Enfin, une synthèse des différents modèles de prédiction des dates de débourrement existants sera présentée.*

La première partie du rapport décrit la méthodologie utilisée pour synthétiser les données phénologiques. La seconde présente la synthèse des observations phénologiques, sous forme de tableaux, classés par espèce. La troisième partie est consacrée à l'étude de la variabilité phénologique. La partie suivante s'intéresse à l'influence de facteurs externes et internes sur cette variabilité. Enfin, la dernière partie constitue une synthèse des modèles phénologiques trouvés dans la littérature.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Définitions

#### 2.1.1. *Phénologie, développement et stades phénologiques*

La phénologie (dont l'origine étymologique est phénoménologie) désigne, au sens large, l'ensemble des particularités morphologiques du cycle de développement d'un végétal, avec mention des époques de l'année correspondantes. Au sens strict, c'est l'étude des relations entre les phénomènes climatiques et les caractères morphologiques externes du développement des végétaux (Delpech *et al.* 1985). Par développement, on entend toute modification qualitative dans la forme de la plante (Durand 1967).

Les Chinois et les Romains faisaient déjà, sans le savoir, de la phénologie en agriculture il y a plusieurs milliers d'années, par l'utilisation de calendriers phénologiques. Le terme a été proposé par le botaniste belge Charles Morren en 1853. C'est à Karl Von Linné, qui fonda en 1750 un réseau d'observations phénologiques en Suède, que l'on doit le départ d'une véritable science de la phénologie destinée à étudier les modifications périodiques subies par les organismes vivants au cours des saisons.

Les modifications dans la forme des plantes sont jalonnées par des repères phénologiques ou stades de développement. Afin de pouvoir identifier les variations dans le temps, il est nécessaire de définir exactement les phénomènes auxquels on s'intéresse. Ces phénomènes s'appellent "stades phénologiques" (Ulrich 1997). On emploie également les termes "phases phénologiques", ou "phénophases". Il existe un nombre important de stades phénologiques chez les arbres et les arbustes. En voici quelques exemples, extraits notamment de "l'Atlas Phénologique" utilisé en suisse et édité par l'Institut Suisse de Météorologie (Primault *et al.* 1971) et de l'ouvrage "La forêt et ses ennemis" (Abgrall et Soutrenon 1991):

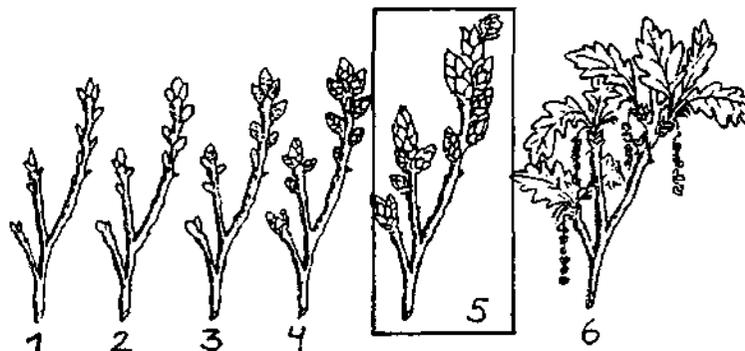
- Bourgeons entièrement fermés (stade hivernal)
- Bourgeons allongés, écailles non décollées
- Bourgeons tendres, début de décollement des écailles
- Bourgeons ouverts, les écailles s'ouvrent
- Bourgeons épanouis, souvent une feuille se déplie déjà
- Pousse courbée, plusieurs feuilles ou aiguilles libres dépliées
- Feuilles ou aiguilles en fin de développement, ayant pris une couleur vert foncé
- Pleine floraison
- Polycyclisme
- Fruits mûrs
- Début de la décoloration automnale des feuilles
- Décoloration automnale complète des feuilles
- Chute des feuilles...

#### 2.1.2. *Débourrement, foliation*

On appelle *débourrement* l'épanouissement des bourgeons. Les auteurs considèrent généralement **qu'un** bourgeon est débourré lorsqu'il est ouvert, et qu'il laisse entrevoir les jeunes feuilles ou aiguilles. Cependant, les définitions utilisées pour caractériser le débourement varient. A titre d'exemple, les stades de débourement notés dans le réseau RENECOFOR, qui nous serviront par la suite de référence, sont représentés sur les **figures la à le**. Ce phénomène étant essentiellement déterminé par la température, on considère souvent **qu'une** certaine somme de températures est nécessaire pour qu'il se réalise. Cette somme est généralement calculée en additionnant, à partir d'une date initiale, les températures journalières supérieures à un seuil d'action déterminé (cet aspect sera développé dans la *partie modélisation*).

*Là foliation*, ou *feuillaison*, est le processus permettant l'apparition et le développement du feuillage, depuis le bourgeon dormant jusqu'à la feuille adulte (Comps *et al.* 1987).

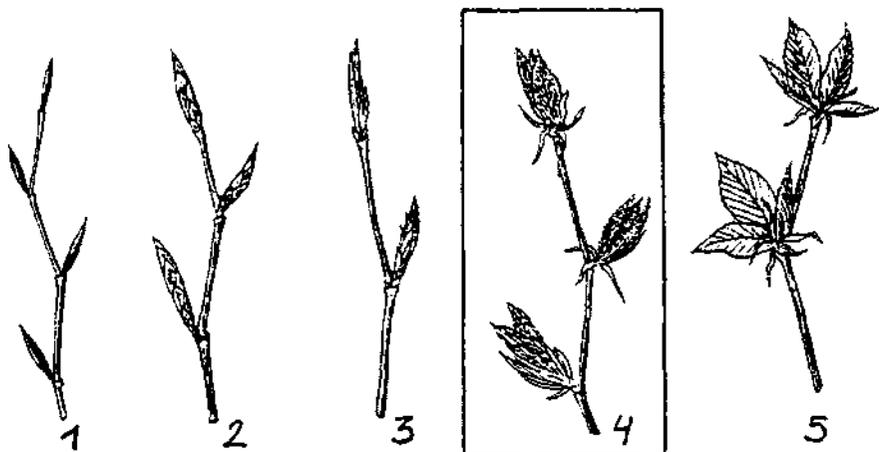
## Les chênes



Source du schéma : Abgrall et Soutrenon (1991), d'après Schütte (1957)

- 1) bourgeons entièrement fermés (stade hivernal)
- 2) bourgeons allongés, écailles non décollées
- 3) bourgeons tendres, début de décollement des écailles
- 4) bourgeons ouverts, les écailles s'ouvrent
- 5) **bourgeons épanouis, souvent une feuille se déplie déjà et on voit du vert -> C'EST LE STADE RECHERCHE !**
- 6) pousse courbée, plusieurs feuilles libres dépliées

## Le hêtre

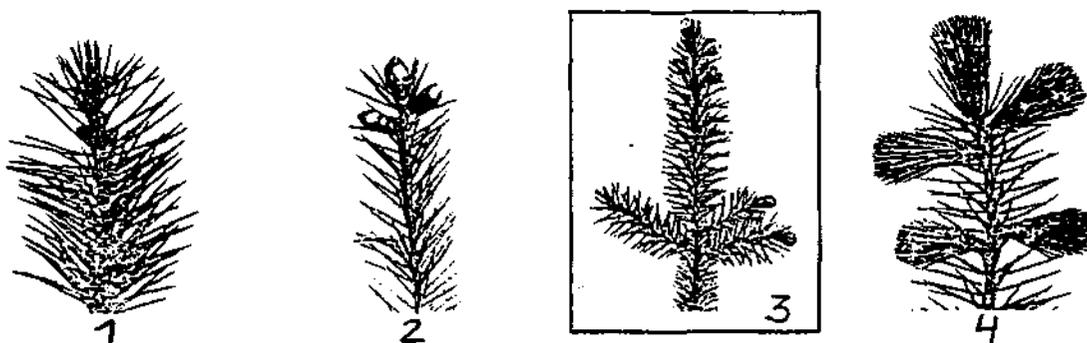


Source du schéma : Becker (1981) d'après Malaisse (1964)

- 1) bourgeons entièrement fermés (stade hivernal)
- 2) bourgeons allongés et gonflés, écailles non décollées
- 3) bourgeons tendres, début de décollement des écailles
- 4) **bourgeons épanouis, souvent une feuille se déplie déjà -> C'EST LE STADE RECHERCHE !**
- 5) pousse courbée, plusieurs feuilles libres dépliées

**Figure 1a.** Description détaillée des stades phénologiques de débournement des chênes et du hêtre utilisés dans le réseau RENECOFOR (d'après Ulrich 1997)

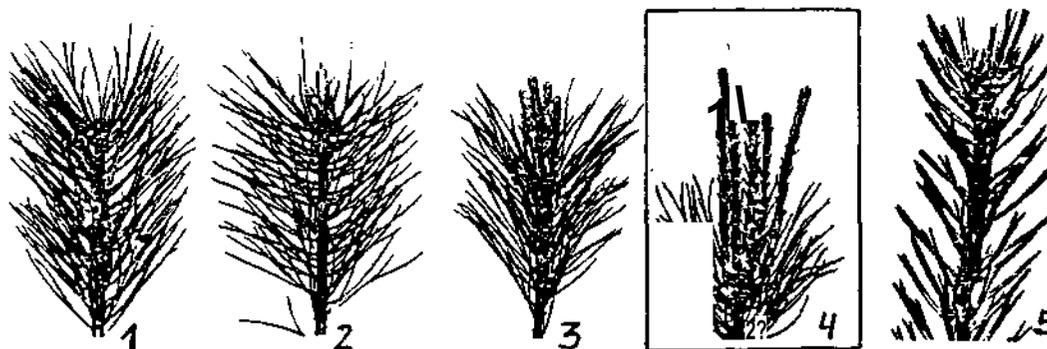
## L'épicéa, le sapin, le douglas



Source du schéma : IUFRO (années 1960, transmis par David Durant)

- 1) bourgeons entièrement fermés (stade hivernal)
- 2) bourgeons gonflés, écailles non décollées
- 3) bourgeons ouverts, les écailles, maintenant ensemble le bout des aiguilles, sont tombées -> C'EST LE STADE RECHERCHE !
- 4) pousse courbée, les aiguilles s'allongent en forme de blaireau

## Les pins

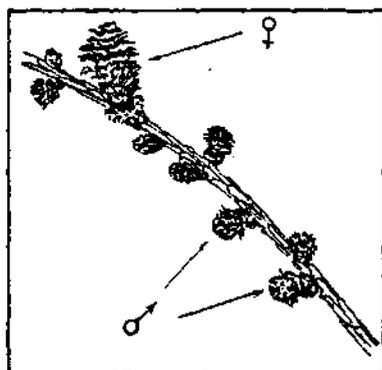


Source du schéma : IUFRO (années 1960, transmis par David Durant)

- 1) bourgeons entièrement fermés (stade hivernal)
- 2) bourgeons gonflés et en train de s'allonger, écailles non décollées
- 3) bourgeons ouverts, montrant le bout des aiguilles ; le chapeau de l'écaillé est encore sur les aiguilles, les maintenant ensemble
- 4) bourgeons déjà très longs et les aiguilles basses des nouvelles pousses sortent des écailles -> C'EST LE STADE RECHERCHE !
- 5) pousse courbée, les aiguilles et la pousse s'allongent fortement et sont entièrement libres

Figure 1b. Description détaillée des stades phénologiques de débournement des résineux (hors mélèze) utilisés dans le réseau RENECOFOR (d'après Ulrich 1997)

## Le mélèze



Source du schéma : Jacamon (1979)

Le stade recherché est celui qui suit le stade encadré (fleurs mâles et femelles) : il s'agit du stade qui suit l'ouverture des bourgeons et où les aiguilles sont **entièrement libérées des écailles et forment un petit pinceau vert tendre**.

## Le charme

Le charme est souvent la première essence du sous-étage.



Source du schéma : Jacamon (1979)

Le stade recherché est celui qui suit la sortie des fleurs mâles et femelles, c'est à dire où **les premières petites feuilles font leur apparition et on voit donc du vert**. L'observation de ce stade nécessitent un examen rapproché des branches, car les fleurs auront déjà fortement modifié l'aspect et la couleur (jaunâtre) de l'arbre.

**Figure 1e.** Description détaillée des stades phénologiques de débourrement du mélèze et du charme utilisés dans le réseau RENECOFOR (d'après Ulrich 1997)

### 2.1.3. Période de végétation et d'assimilation

La période (ou saison) de végétation a été définie de multiples façons. Pour certains auteurs, il s'agit de la période pendant laquelle s'effectue la croissance en hauteur de l'arbre (Fontanel 1979). Comps *et al.* (1987) la définissent comme étant la période photosynthétiquement active. Ainsi définie, ses limites sont fixées de manière variable selon les auteurs, en utilisant des critères phénologiques :

- Tomescu (1957, cité dans Malaisse 1964) la définit comme la période comprise entre le début de la foliation et la coloration des feuilles ;
- Cointat (1959) définit la période de végétation du hêtre, ou période chlorophyllienne, comme étant celle comprise entre la date de "foliaison" complète et le moment où les feuilles sont jaunes ;
- Galoux *et al.* (1967) choisissent comme début et fin de la période de végétation d'une chênaie-charmaie-hêtraie les dates de mi-feuillaison et de mi-coloration automnale de la strate arborescente (espèces dominantes) ;
- Malaisse (1964) et Comps *et al.* (1987) définissent la période d'assimilation de la hêtraie comme étant celle comprise entre le stade "feuilles plissées et velues apparentes" (stade moyen 4 de foliation) et le stade moyen où les feuilles sont jaunes. Cependant des mesures réalisées sur le Noyer ont montré que le bilan de CO<sub>2</sub> ne devenait positif que lorsque les feuilles étaient dépliées, donc après le stade 4.

La période de végétation peut aussi être considérée comme l'expression d'une valeur climatique. Certains auteurs considèrent qu'il s'agit du nombre de jours de l'année dont la température moyenne de l'air est égale ou supérieure à un certain seuil de végétation. On obtient alors une «durée de végétation». Le seuil thermique retenu varie selon les auteurs et les espèces étudiées, et est généralement compris entre 2°C et 10°C. Galoux (1966) a, pour le hêtre, choisi un seuil de 10°C : cette température est le seuil thermique retenu par de nombreux auteurs comme critère climatique de la période de végétation de la forêt caducifoliée européenne (Rubner K., 1960 cité dans Galoux *et al.* 1967). Fontanel (1979) prend en compte des seuils de 5,8°C pour le douglas, de 4,2°C pour l'épicéa commun et de 4,5°C pour les pins (au-dessous de ces seuils l'élongation de la pousse terminale ne se produit pas). Primault (1990) donne une définition du début théorique de la période de végétation, à savoir 7 jours consécutifs où la température moyenne de l'air est supérieure ou égale à 5°C. Cependant, pour adapter une telle définition aux différentes essences et conditions stationnelles, il faut parfois faire varier les paramètres - seuil thermique et laps de temps - indépendamment ou conjointement. Dans cette définition, le « début de la période de végétation » ne correspond pas avec l'apparition d'une phase végétative donnée, en l'occurrence le débourrement : les arbres présentent des signes cachés de "réveil" avant que des phénomènes visibles n'apparaissent (Primault 1990 ; 2000).

La longueur de la saison de végétation, considérée comme le nombre de jours dont la température moyenne est supérieure à + 6°C, peut être calculée grâce à la formule de Langlet (Bouvarel 1961 ; Nanson 1967):

$$N = 514,18 - 5,85 L - 0,0736 H + 0,000365 LH$$

Arbez (1969) calcule la durée de la saison de végétation en utilisant la formule de Wiersma :

$$N = 510 - 5,75 (L + H/100)$$

Dans ces 2 formules :

N : durée calculée de la saison de végétation en jours ;

L : latitude en degrés et décimales ;

H : altitude en mètres.

Parfois, c'est la température moyenne mensuelle seule qui est prise en compte. Les seuils considérés varient alors généralement de 6° à 10°C. Avec un seuil mensuel de 10°C, la saison de végétation dure de 9 mois (mars à

novembre) à Montpellier, et 6 mois (mai à octobre) à Nancy. En France, Pardé (1959) a proposé un seuil de 7°C en zone non méditerranéenne ; en zone méditerranéenne, il porte cette limite inférieure à 10°C, en défalquant de plus les mois pour lesquels la pluviosité en *mm* est inférieure à deux fois la température moyenne mensuelle en degrés centigrades.

#### 2.1.4. *Sénescence, défoliation*

La fin de la période de végétation est marquée par une période de sénescence du feuillage, ou défoliation. Il s'agit d'un processus débutant par *l'apparition de la coloration automnale*, et aboutissant à *la chute des feuilles* ou des aiguilles. Notons qu'au sens strict, la défoliation est la chute des feuilles. La prise des couleurs automnales, variant d'une espèce à l'autre, marque la fin du cycle annuel de croissance et de fonctionnement des feuilles. Pour le hêtre, par exemple, on observe le passage du vert au jaune puis au brun (ou rouge), et enfin la chute des feuilles (Cointat 1959 ; Malaisse 1964).

**Les définitions utilisées pour caractériser les différents stades phénologiques ainsi que la période de végétation sont multiples. Il est donc apparu nécessaire d'homogénéiser les diverses données, principalement celles concernant le débourrement.**

## 2.2. Sources des données phénologiques

Deux sources principales ont été exploitées : la littérature et les données provenant de réseaux d'observation.

Pour les données provenant de la littérature (articles publiés dans diverses revues, ouvrages, thèses...), la recherche a principalement été axée sur les observations réalisées en France. Nous avons pu utiliser les notes du D.E.A. de François Courbet (1981). Ce dernier a observé hebdomadairement, de 1976 à 1980, la phénologie de 93 espèces herbacées et de 34 ligneux tous jeunes (stade arbustif) au Jardin Botanique du C.N.R.F. de Champenoux. Nous avons aussi pu accéder à des données datant de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, provenant d'archives du domaine forestier des Barres-Vilmorin (Données transmises par Richard Chevalier) : il s'agit d'observations réalisées quotidiennement sur de nombreuses herbacées, sur des arbres et des arbustes. Pour cette même époque, quelques informations ont été extraites des Bulletins hebdomadaires d'histoire naturelle, agricole et médicale de l'Observatoire météorologique central de Montsouris.

Les informations publiées se sont malheureusement avérées peu nombreuses. De plus, les périodes d'observations ne dépassaient pas 10 ans. Si le débourrement végétatif est un caractère très souvent mesuré dans les plantations comparatives (car facilement mesurable et lié à la sensibilité aux gelées tardives), *les dates exactes de sa réalisation sont rarement publiées.*

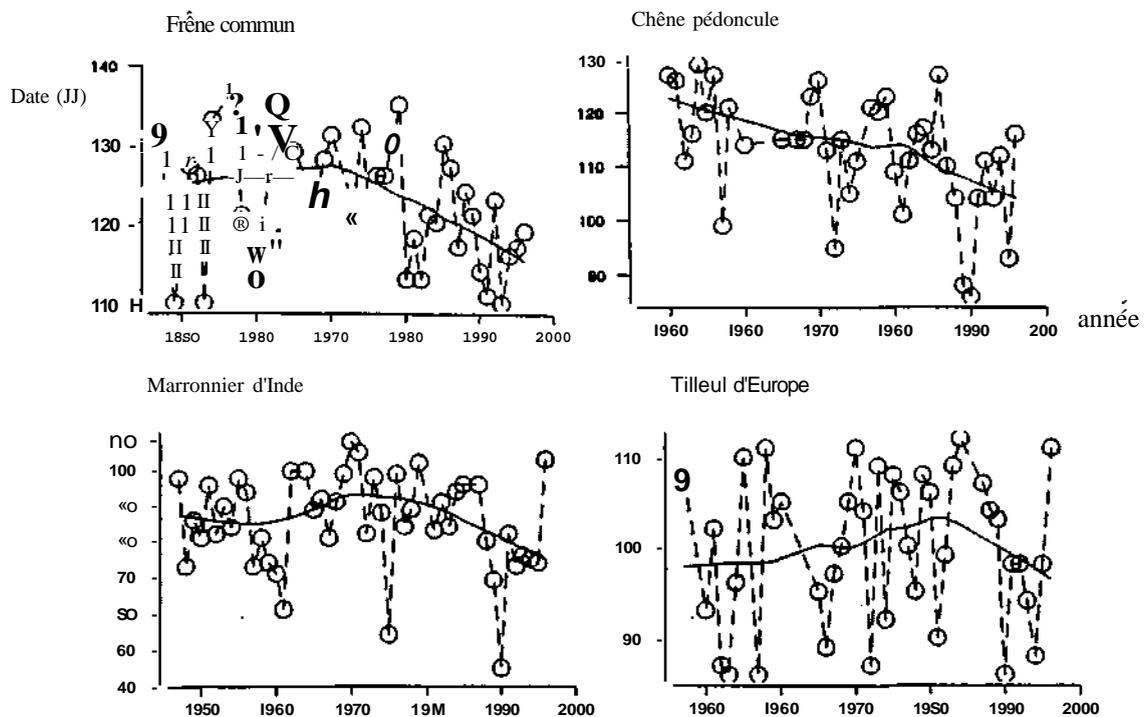
Nous avons pu exploiter les données du « Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers » (RENECOFOR) au sein duquel les dates de débourrement au printemps (feuillus et résineux) et de jaunissement en automne (feuillus et mélèze) de 102 peuplements sont observées depuis 1997. Les principales essences forestières étudiées sont le hêtre, le chêne sessile, le chêne pédoncule, le sapin pectiné, l'épicéa commun, le douglas, le pin sylvestre, le pin maritime, le pin laricio de Corse et mélèze d'Europe. Lorsqu'il existe un sous-étage, la phénologie de la première essences du sous-étage est aussi étudiée. On retrouve parfois en sous-étage les essences précédemment citées, mais aussi du charme, du châtaignier, du bouleau, du coudrier et du chêne vert. Les observations sont effectuées sur 36 arbres.

Quelques données non publiées ont été communiquées par des chercheurs de l'I.N.R.A., notamment Nathalie Bréda, Jean-Luc Dupouey, Patrick Behr, Michel Vernier (I.N.R.A. de Champenoux), Eric Teissier du Cros et Bruno Fady (I.N.R.A. d'Avignon). Il s'agit d'observations en forêt et/ou en plantations comparatives de provenances.

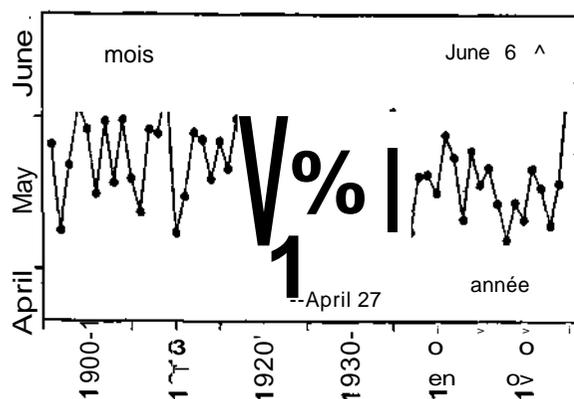
Enfin, des informations ont été fournies par des correspondants observateurs de la Direction de l'Espace Rural et de la Forêt (D.E.R.F.). Elles ont été initialement communiquées à Guy Landmann (chef du Département de la Santé des Forêts). Il s'agit d'appréciations régionales globales assez imprécises.

**La majorité des données recueillies concernent le hêtre et les chênes sessile et pédoncule.** Les observations phénologiques d'autres feuillus ainsi que des résineux sont assez rares, malgré les nombreux articles publiés analysant les résultats de comparaisons de provenances en dispositif expérimental.

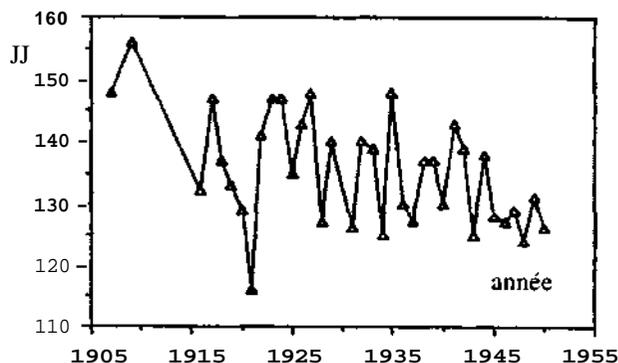
Pour compléter cette synthèse, quelques observations effectuées dans d'autres pays européens sont présentées. (**figures 2 à 4**). Sont incluses les données des articles de Sparks et Carey, qui ont analysé de longues séries d'observations phénologiques en Angleterre, enregistrées par la famille Marsham entre 1736 et 1947 (Sparks et Carey 1995), et par Jean Combes entre 1947 et 1996 (Sparks *et al.* 1997). De même, les observations de Chylarecki et Straus (1968), pour la période 1953-1962 en Pologne, ont été notées. Enfin, des données recueillies en Belgique, en Italie et en Slovaquie figurent également.



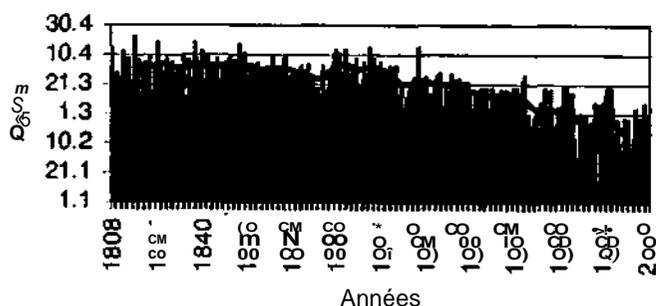
**Figure 2.** Dates de débourrement en jours juliens (JJ) de quatre espèces à Ashtead (Surrey, Angleterre) de 1974 à 1996 (D'après Sparks *et al.* 1997).



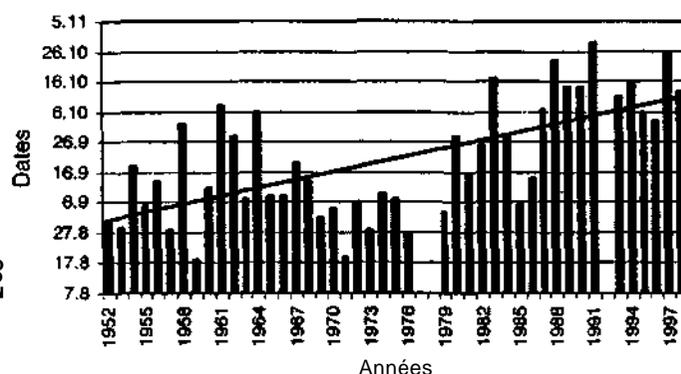
**Figure 3a.** Dates de débournement du bouleau verruqueux observées au centre de la Finlande entre 1896 et 1955 (d'après Häkkinen *et al.* 1998)



**Figure 3b.** Dates de débournement (en jours julien) du bouleau verruqueux à Saarijärvi (centre de la Finlande) (d'après Hari et Häkkinen 1991)



**Figure 4a.** Dates d'apparition des feuilles de châtaignier à Genève de 1808-2000 (d'après Défila et Clot 2000)



**Figure 4b.** Dates de coloration des feuilles de hêtre à Wiliberg (Suisse) (d'après Défila et Clot 2000)

### 2.3. Construction des tableaux de synthèse des observations phénologiques

La synthèse des observations phénologiques est présentée dans L'ANNEXE 1. Des tableaux différents ont été réalisés pour les observations du débournement de provenances de hêtre en plantation. Ils indiquent la localisation de la plantation, son contexte climatique, la date de plantation et l'âge des plants, le code (I.N.R.A.) de la provenance, son numéro ou son nom, ainsi que les renseignements sur sa localisation. Dans ces plantations, le débournement n'est pas suivi régulièrement, mais étudié à une ou plusieurs dates précises. Ce ne sont donc pas des dates de débournement qui sont présentées, mais la répartition des provenances dans chaque « classe » de débournement, à la date d'observation. Dans l'annexe 1 figurent aussi, en complément, des tableaux rassemblant des observations phénologiques (bourgeonnement, feuillaison, floraison, maturité et chute des feuilles) réalisés à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, principalement au domaine forestier des Barres. De nombreuses herbacées ont été étudiées, ainsi que quelques ligneux.

#### 2.3.1. Espèces étudiées

La liste des espèces étudiées est présentée ci-dessous. En gras figurent les espèces pour lesquelles les observations sont les plus nombreuses (en France).

**Feuillus :**

<b>*Hêtre</b>	( <i>Fagus sylvatica</i> L.)
<b>Chênes</b>	( <i>Quercus</i> sp)
Chêne vert	( <i>Quercus ilex</i> L.)
Chêne des marais	( <i>Quercus palustris</i> Muenchh.)
<b>Chêne sessile</b>	<b>(<i>Quercus petraea</i> (Mattus.) Liebl.)</b>
<b>Chêne pubescent</b>	<b>(<i>Quercus pubescens</i> Willd.)</b>
<b>Chêne pédonculé</b>	( <i>Quercus robur</i> L.)
Chêne pyramidal	( <i>Quercus fastigiata</i> Lam.)
Chêne liège	( <i>Quercus suber</i> L.)
Chêne tauzin	( <i>Quercus pyrenaica</i> Willd.)
 *Autres :	
Erable champêtre	( <i>Acer campestre</i> L.)
Erable de Montpellier	( <i>Acer monspessulanum</i> L.)
Erable platane	( <i>Acer platanoides</i> L.)
Erable sycomore	( <i>Acer pseudoplatanus</i> L .)
Marronnier d'Inde	( <i>Aesculus hippocastanum</i> L.)
Ailante glanduleux	( <i>Ailanthus glandulosa</i> Desf.)
Aulne noir	( <i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.)
Abricotier	( <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.)
Epine-vinette	( <i>Berberis vulgaris</i> L.)
Bouleau	( <i>Betula</i> sp)
Bouleau blanc	( <i>Betula alba</i> L.)
Bouleau (verruqueux ?)	( <i>Betula pendula</i> Roth ?)
Buis toujours vert	( <i>Buxus sempervirens</i> L.)
<b>Charme</b>	( <i>Carpinus betulus</i> L.)
Châtaignier	( <i>Castanea sativa</i> Mill.)
Catalpa commun	( <i>Catalpa bignonioides</i> Walt.)
Gainier ciliquastra	( <i>Cercis siliquastrum</i> L.)
Cornouiller	( <i>Cornus</i> sp)
Cornouiller mâle	( <i>Cornus mas</i> L.)
Cornouiller sanguin	( <i>Cornus sanguinea</i> L.)
Noisetier	( <i>Corylus avellana</i> L.)
Aubépine	( <i>Crataegus</i> sp)
Aubépine azerolier	( <i>Crataegus azarolus</i> L.)
Aubépine épineuse	( <i>Crataegus oxyacantha</i> L.)
Cognassier commun	( <i>Cydonia communis</i> Loisel.)
Fusain	( <i>Evonymus europaeus</i> L.)
Frêne commun	( <i>Fraxinus excelsior</i> L.)
<b>Noyer commun</b>	( <i>Juglans regia</i> L.)
Noyer noir	( <i>Juglans nigra</i> L.)
Cytise faux ébénier	( <i>Laburnum anagyroides</i> Med.)
Pommier acerbe	( <i>Malus sylvestris</i> Mill.)
Néflier	( <i>Mespilus</i> sp)
Olivier sauvage	( <i>Olea europaea</i> L.)
Paulownia majestueux	( <i>Paulownia imperialis</i> Sieb, et Zucc.)
Poirier commun	( <i>Pyrus communis</i> L.)
Pistachier lentisque	( <i>Pistacia lentiscus</i> L.)
Platane	( <i>Platanus</i> sp)
Platane d'Orient	( <i>Platanus orientalis</i> L.)
Peuplier	( <i>Populus</i> sp)

Peuplier blanc	( <i>Populus alba</i> L.)
Peuplier grisaille	( <i>Populus x canescens</i> Sm.)
Peuplier noir pyramidal	( <i>Populus fastigiata</i> Desf.)
Peuplier de Virginie	( <i>Populus monillifera</i> Michx.)
Peuplier noir	( <i>Populus nigra</i> L.)
Peuplier	( <i>Populus tremula</i> L.)
Cerisier	( <i>Prunus sp</i> )
Prunier	( <i>Prunus sp</i> )
Merisier	( <i>Prunus avium</i> L.)
Cerisier à fruits acides	( <i>Prunus cerasus</i> L.)
Prunier domestique	( <i>Prunus domestica</i> L.)
Cerisier mahaleb	( <i>Prunus mahaleb</i> L.)
Merisier à grappes	( <i>Prunus padus</i> L.)
Cerisier tardif	( <i>Prunus serotina</i> Ehr.)
Prunier épineux	( <i>Prunus spinosa</i> L.)
Nerprun bourdaine	( <i>Rhamnus frangula</i> L.)
Groseillier	( <i>Ribes sp</i> )
Groseillier raisin crépu	( <i>Ribes uva-crispa</i> L.)
Robinier faux-acacia	( <i>Robinia pseudoacacia</i> L.)
Saule blanc	( <i>Salix alba</i> L.)
Saule pleureur	( <i>Salix babylonica</i> L.)
Saule marceau	( <i>Salix capraea</i> L.)
Saule	( <i>Salix chrysocoma</i> L.)
Sureau	( <i>Sambucus sp</i> )
Sorbier d'Amérique	( <i>Sorbus americana</i> Marsh.)
Alisier blanc	( <i>Sorbus aria</i> Crantz)
Sorbier des oiseleurs	( <i>Sorbus aucuparia</i> L.)
Sorbier domestique	( <i>Sorbus domestica</i> L.)
Sorbier hybride	( <i>Sorbus hybrida</i> L.)
Alisier à larges feuilles	( <i>Sorbus latifolia</i> Pers.)
Tilleul	( <i>Tilia sp.</i> )
Tilleul d'Amérique	( <i>Tilia americana</i> L.)
Tilleul à petites feuilles	( <i>Tilia cordata</i> Mill.)
Tilleul à larges feuilles	( <i>Tilia platyphyllos</i> Scop.)
Tilleul d'Europe	( <i>Tilia x vulgaris</i> Hayne)
Orme champêtre	( <i>Ulmus campestris</i> L.)
Orme de montagne	( <i>Ulmus scabra</i> Mill.)

### Résineux :

\*Sapins :

<b>Sapin pectiné</b>	( <i>Abies alba</i> Mill.)
Sapin de Bornmüller	( <i>Abies bornmulleriana</i> Mattfeld)
Sapin de Céphalonie	( <i>Abies cephalonica</i> Loud.)
Sapin de Cilicie	( <i>Abies cilicica</i> (Ant. et Kotschy) Carrière)
Sapin bleu du Colorado	( <i>Abies concolor</i> Lindl.)
<i>Abies equi-trojani</i> Ascherson et Sintenis	
Sapin rouge	( <i>Abies magnifica</i> Murr.)
Sapin du Maroc	( <i>Abies marocana</i> Trabut.)
Sapin de Nordmann	( <i>Abies nordmanniana</i> Spach)
Sapin de Numidie	( <i>Abies numidica</i> de Lannoy)
Sapin d'Espagne	( <i>Abies pinsapo</i> Boissier)

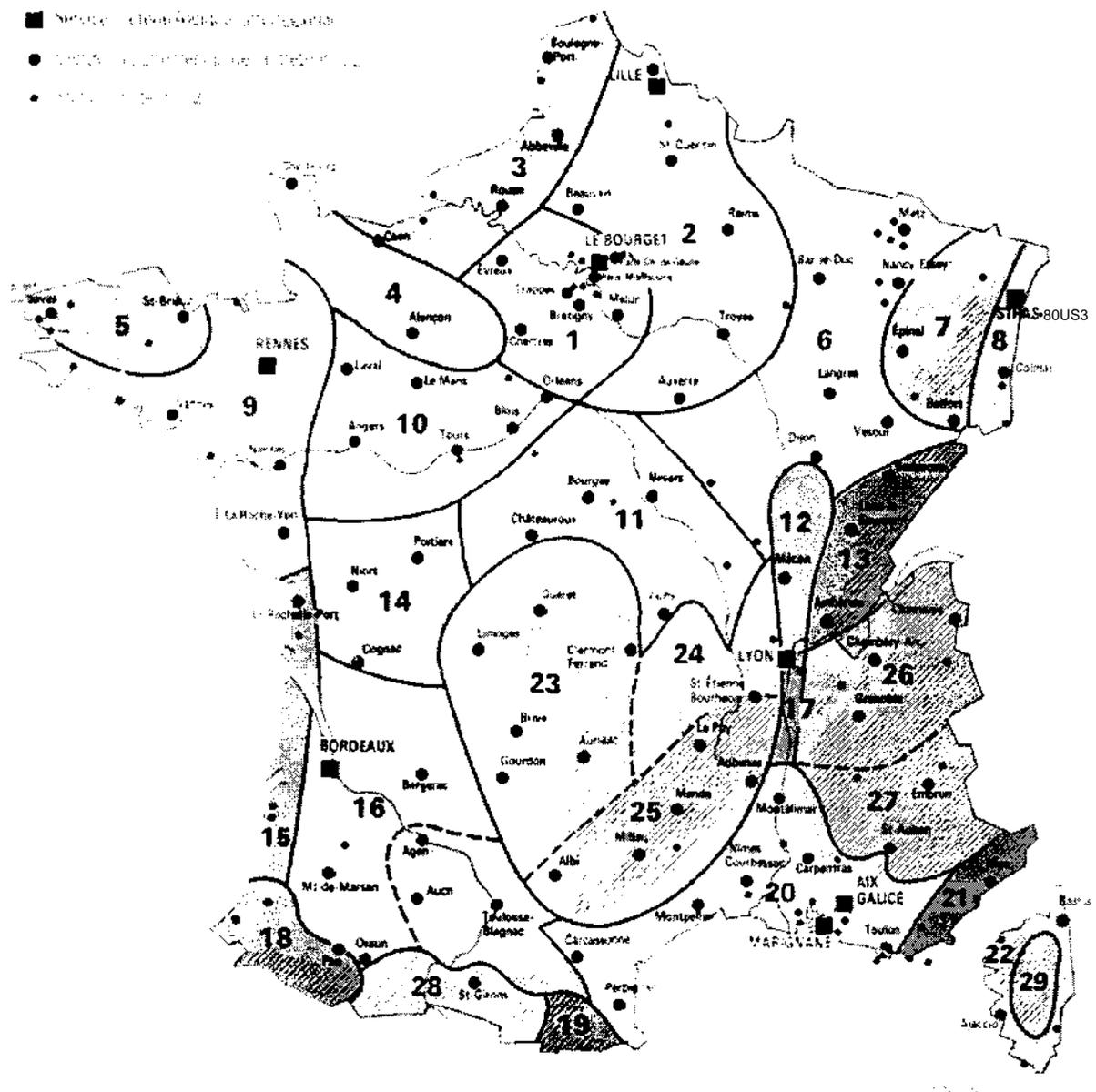
*Cèdre de l'Atlas	( <i>Cedrus atlantica</i> Carr.J)
*Mélèze d'Europe	( <i>Larix decidua</i> Mill.)
* <b>Épicéa commun</b>	( <i>Picea abies</i> (L.) Karst.)
*Pins :	
Pin cembro	( <i>Pinus cembra</i> L.)
Pin laricio	( <i>Pinus nigra</i> Arn. ssp. <i>laricio</i> (Poir.) Maire)
Pin laricio de Corse	( <i>Pinus nigra</i> Arn. ssp. <i>laricio</i> (Poir.) Maire var. <i>corsicana</i> (Loud.) Hyl.)
<b>Pin maritime</b>	( <i>Pinus pinaster</i> Ait.)
Pin pinier	( <i>Pinus pinea</i> L.)
<b>Pin sylvestre</b>	( <i>Pinus sylvestris</i> L.)
* <b>Douglas</b>	( <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco)
*Ifà baies	( <i>Taxus baccata</i> L.)

### 2.3.2. Localisation des observations

Pour les observations réalisées en France, la région, le département, la forêt (l'arboretum, le jardin botanique...) dans lesquels les observations ont été effectuées, le code de la placette dans le cas des observations provenant du réseau RENECOFOR, ainsi que l'altitude sont indiqués (quand ces données sont disponibles). Concernant les observations étrangères (Angleterre, Belgique, Italie, Luxembourg, Pologne, Slovaquie), le pays ainsi que quelques renseignements sur la localisation sont indiqués.

### 2.3.3. Le contexte climatique

La France est divisée en 29 climats régionaux (**figure 5**). Dans la colonne «contexte climatique» figure le numéro correspondant à la zone climatique dans laquelle ont été réalisées les observations. La correspondance entre la localisation et la zone climatique ayant été faite approximativement, il est possible que quelques erreurs aient été commises lorsque les observations sont situées près d'une limite de zone.



**Figure 5.** Carte des 29 régions climatiques françaises (d'après « le Grand Atlas de la France Rurale, JP de Monza (eds), 1989, 494 pages)

#### 2.3.4. Stades phénologiques étudiés et homogénéisation des données

**Un des problèmes rencontrés lors de la synthèse des données phénologiques collectées a été celui de l'homogénéisation de nombreuses données provenant de sources différentes.**

Pour un même processus, le débourrement et la date de réalisation indiqués correspondent à des stades phénologiques souvent identiques, mais définis différemment selon les auteurs. Le **tableau 1** présente les stades phénologiques utilisés pour dater le débourrement, tels qu'ils étaient définis à l'origine par les différents auteurs, et les conversions effectuées afin de standardiser les données. **Ce sont les stades phénologiques utilisés dans le réseau RENECOFOR (figures la à le) qui ont servi pour l'homogénéisation.**

Dans les tableaux de synthèse, pour les observations de chênes, de hêtre, de charme, de châtaignier, de bouleau, d'épicéa, de sapins, de douglas, de pins, de mélèze provenant du réseau RENECOFOR, l'indication **Renecofor** figure dans la colonne « stade ».

Pour les observations de débourrement des mêmes espèces, mais provenant d'autres sources, la **notation (R)** suivant le stade phénologique signifie que le stade indiqué est celui utilisé dans le réseau RENECOFOR.

Pour les observations de débourrement des autres espèces, la **notation R** correspond au stade phénologique «bourgeons ouverts, avec apparition des premières petites feuilles ou aiguilles », identique à celui utilisé pour les espèces étudiées dans le réseau RENECOFOR.

Les indications se réfèrent parfois au déroulement de la feuillaison.

Les stades phénologiques de sénescence pour les feuillus et le mélèze sont ceux de coloration automnale et de chute des feuilles. Bréda et Granier (1996) ont utilisé une diminution de 50% du LAI (indice foliaire) pour caractériser la sénescence, ce qui correspond à un jaunissement total du feuillage, d'après Duchemin (1998).

Enfin, les données extraites de la thèse de Duchemin (1998) sont des estimations satellitaires. L'auteur les a comparées avec quelques relevés phénologiques au sol, et note que les dates de débourrement estimées sont comparables à celles de Bréda et Granier (1996) et Comps *et al.* (1987). Elles correspondent donc aux stades b4 pour le hêtre et b5 pour le chêne (stades du Renecofor). Les estimations satellitaires des dates de sénescence correspondent à un stade phénologique antérieur au jaunissement total.

Références	Stades phénologiques utilisés initialement	Correspondances
1 : Borghetti <i>cf al.</i>	When bud scales were separated and the leaf inside was visible.	Pour le hêtre: stade M du réseau RENECOFOR.
2 : Bréda	Note SO de l'échelle de débourrement (allant de 0 à 100) utilisée. La note 81 est attribuée à un état de développement intermédiaire entre le stade "bourgeon bien éclaté, on voit les feuilles accolées" (note 63) et le stade "feuilles étalées à contour visible" (note 90).	Pour le chêne: stade b5 du réseau RENECOFOR.
3 : Chylarecki et Straus	Opening of buds.	Pour le hêtre: stade b4 du réseau RENECOFOR. Pour les autres espèces: stade "bourgeons ouverts, avec apparition des premières petites feuilles", noté R.
4 : Cointat	Foliaison complètement terminée.	Feuillaison complète.
5 : Comps <i>et al</i>	Les bourgeons, éclatés, laissent entrevoir à leur sommet les jeunes feuilles encore plissées.	Pour le hêtre: stade M du réseau RENECOFOR. Pour le chêne: stade b5 du réseau RENECOFOR.
6 : Courbet	Apparition des parties chlorophylliennes.  Bourgeon complètement éclaté: individualisation des feuilles.	Pour le hêtre: stade b4 du réseau RENECOFOR. Pour le chêne: stade b5 du réseau RENECOFOR. Pour le sapin: stade b3 du réseau RENECOFOR. Pour les autres espèces: stade "bourgeons ouverts, avec apparition des premières petites feuilles", noté R. Individualisation des feuilles.
7 : Debazac et Claude	Bourgeon débouffé, les aiguilles ont déchiré la coiffe.	Pour les sapins: stade b3 du réseau RENECOFOR.
8 : Descroix	non précisé	Pour les sapins: stade b3 du réseau RENECOFOR.
9 : Duchemin	Estimation satellitaires.	Estimation satellitaires.
10 ; Ducrey	Le bourgeon terminal éclate et laisse apparaître le faisceau d'aiguilles de la pousse terminale.	Pour les sapins: stade b3 du réseau RENECOFOR. Pour le cèdre: stade "bourgeons ouverts, avec apparition des premières petites aiguilles", noté R.
11 : Du Merle	Achèvement de la phase d'éclatement des bourgeons.	Pour le chêne: stade b5 du réseau RENECOFOR.
12 : Dupoucy et Behr	Eclatement des bourgeons et apparition des feuilles étalées aux contours visibles.	Pour le hêtre: stade b4 du réseau RENECOFOR. Pour le chêne: stade b5 du réseau RENECOFOR.
13 : Fady	Bourgeon débouffé, les aiguilles ont déchiré la coiffe.	Pour les sapins: stade b3 du réseau RENECOFOR.
14 ; Galoux <i>et al.</i>	Demi-feuillaison. Feuillaison totale et complète.	Demi-feuillaison. Feuillaison complète.
15 : Lavarenne-Allary	Les bourgeons apicaux ont une pointe verte.	Pour le hêtre: stade b4 du réseau RENECOFOR. Pour le chêne: stade b5 du réseau RENECOFOR.
16a et b : Malaisse	Feuilles plissées et velues apparentes.	Pour le hêtre: stade b4 du réseau RENECOFOR.
17a : Mauget	non précisé	non précisé
17b : Mauget et Germain	non précisé	non précisé
30 : Nizinski et Saugier	Real budburst, young leaves protrude beyond the bud scales.	Pour le chêne: stade b5 du réseau RENECOFOR.
18 : Spanocfu/.	Bud break.	Pour le chêne: stade b5 du réseau RENECOFOR. Pour les autres espèces: stade "bourgeons ouverts, avec apparition des premières petites feuilles", noté R.
19 : Sparks et Carey	Leafing referring to the date when leaves were of a recognisable shape.	Pour le hêtre: stade b5 du réseau RENECOFOR. Pour le chêne: stade b6 du réseau RENECOFOR. Pour les autres espèces: notation "feuilles de forme reconnaissable".
20 : Sparks <i>étal</i>	When the bud scales had opened to show the colour of the leaves inside.	Pour le chêne: stade b5 du réseau RENECOFOR. Pour les autres espèces: stade "bourgeons ouverts, avec apparition des premières petites feuilles", noté R.
21 : Stefancik	Outbreak bud.	Pour le hêtre: stade b4 du réseau RENECOFOR.
22a : Teissier du Cros	Forêt de Lyons 1977: bourgeon éclaté, feuilles enroulées.  Forêt de Lyons 1978: bourgeon éclaté.  Forêt d'Eawy 1995: feuilles apparentes gaufrées. Feuilles étalées.	Pour le hêtre: stade M du réseau RENECOFOR,  Pour le hêtre: stade b4 du réseau RENECOFOR. Pour le hêtre: stade b5 du réseau RENECOFOR.
22b : Teissier du Cros	Sainte-Baume: bourgeons gonflés, feuilles visibles mais enroulées.  Mont Ventoux: bourgeons éclatés, feuilles enroulées.	Pour le hêtre: stade b4 du réseau RENECOFOR.
22c : Teissier du Cros I.N.R.A.	Plantation d'Ecouves (1831): bourgeon blanc vert, début des feuilles.  Plantation de Guimont (1832) et de Lyons (1833, 1834, 1835): bourgeon très allongé, jusqu'à plusieurs cm, laissant apercevoir des extrémités ou bords de limbe vert.	Pour le hêtre: stade b4 du réseau RENECOFOR. Pour le hêtre: stade b4 du réseau RENECOFOR.
23 : Vernier	Feuilles apparentes gaufrées.	Pour le hêtre: stade b4 du réseau RENECOFOR.
24; 25,26 : D.E.R.F	non précisé	non précisé
27 : Renecofor	Voire figure 1.	Voire figure 1.

### Tnhlcslu I. Définitions initiales des stades phénologiques caractérisant le débourrement, et leurs correspondances

La liste des références est détaillée dans l'annexe 1.

### 2.3.5. Dates de réalisation des stades phénologiques et longueur de la saison de végétation (feuillus et mélèze)

Les dates de réalisation des stades phénologiques étudiés dans les processus de débourrement et de sénescence sont indiquées en dates calendaires et en jours julien (c'est-à-dire en nombre de jours depuis le 1 janvier).

*Pour les observations provenant du réseau RENECOFOR :*

- *débourrement (feuillus et résineux)*: la première date correspond à la date (semaine, car les observations sont hebdomadaires) à laquelle 10% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier des bourgeons ouverts, avec l'apparition des premières petites feuilles ou aiguilles. La seconde date correspond à la date à laquelle 90% des arbres présentent ces caractéristiques.
- *sénescence (feuillus et mélèze)*: la première date correspond à la date (semaine, car les observations sont hebdomadaires) à laquelle 10% des arbres présentent un début de jaunissement des feuilles (décoloration partielle des feuilles) sur au moins 20 à 50% du houppier. La seconde date correspond à la date à laquelle 90% des arbres présentent ces caractéristiques.
- *la longueur de la saison de végétation* correspond à la différence entre la date 90% de sénescence et la date 10% de débourrement.

Les dates indiquées sont souvent des moyennes calculées à partir d'un échantillon d'arbres. Ainsi que nous le verrons ultérieurement, elles sont difficiles à déterminer, car l'appréciation du débourrement et de la sénescence est délicate, en raison des variabilités interindividuelle et intra-individuelle.

La longueur de la saison de végétation a été calculée en faisant la différence entre les dates de sénescence et de débourrement, quelques soient les stades phénologiques indiqués. Ses limites sont assez variables : elle peut commencer aussi bien au moment du débourrement que de la pleine feuillaison, et se terminer au début de la coloration automnale comme à la fin de la chute des feuilles. Les durées indiquées ne sont donc pas homogènes.

Pour les observations provenant de l'article de Chylarecki et Straus (1968) et du D.E.A. de Courbet (1981), la durée de la saison de végétation calculée à partir des données de chute des feuilles correspond à la différence entre la date de fin de chute des feuilles et la date de débourrement (aucune durée n'est indiquée lorsqu'on ne possède que la date du début de chute des feuilles). Pour les observations de Courbet (1981), lorsque les dates de début et de fin de jaunissement sont indiquées, la saison de végétation est calculée à partir de la date de fin de jaunissement.

### 2.3.6. Observations générales

Elles concernent les caractéristiques des stations étudiées. Chaque fois que possible, l'étage auquel appartiennent les arbres observés (étage dominant, sous-étage), l'exposition, la structure et l'âge du peuplement, le nombre d'arbres observés, ainsi que l'échelle spatiale ont été indiqués. Des remarques concernant la réalisation des événements phénologiques figurent aussi. Enfin, certaines caractéristiques climatiques peuvent être mentionnées.

### 3. ETUDE DE LA VARIABILITE PHENOLOGIQUE

Cette partie constitue une analyse de la variabilité phénologique fondée essentiellement sur les observations françaises du réseau RENECOFOR. Afin de faciliter l'analyse, des cartes par espèces ont été réalisées.

#### 3.1. Limites de l'étude

Il est important de bien souligner les limites de la comparaison des résultats. Tout d'abord, les stades phénologiques considérés sont définis différemment selon les sources. Nous avons essayé d'homogénéiser l'ensemble des données, mais les seuils pris en compte pour caractériser un stade donné sont souvent différents, et ne sont d'ailleurs pas toujours précisés. De plus, il est difficile de juger de la fiabilité des résultats, les observations étant subjectives, car réalisées par des observateurs différents. Pour une même année, 1994, le débourrement du hêtre a été estimé en forêt de Haye le 24 avril par Duchemin (1998), et le 3 mai par Dupouey et Behr (non publiés).

Les dates indiquées correspondent généralement à un stade moyen pour un échantillon d'arbres et ne reflètent donc pas les variabilités inter-individuelle et intra-individuelle des phénomènes. Les observations ont souvent été réalisées à des échelles spatiales différentes, et sur un nombre d'arbres différent. Pour certaines données, il n'est pas sûr que ce soient les mêmes arbres qui aient été observés pendant la durée de l'étude. *Il faut aussi garder à l'esprit que la précision des dates dépend de la fréquence des observations.* Enfin, les données ne concernent pas en général les mêmes périodes d'études, ce qui rend plus difficile l'analyse de la variabilité interrégionale par exemple.

#### 3.2. Variabilité phénologique des hêtraies

En ce qui concerne les données du réseau RENECOFOR (majoritaires), l'étude n'inclut pas les observations réalisées lorsque ces essences sont présentes en sous-étage. Les données analysées sont celles de début de débourrement et de fin de jaunissement. La longueur de la saison de végétation considérée est celle correspondant à la différence entre le stade 90% de jaunissement et le stade 10% de débourrement. La variabilité entre les régions et entre les années est analysée.

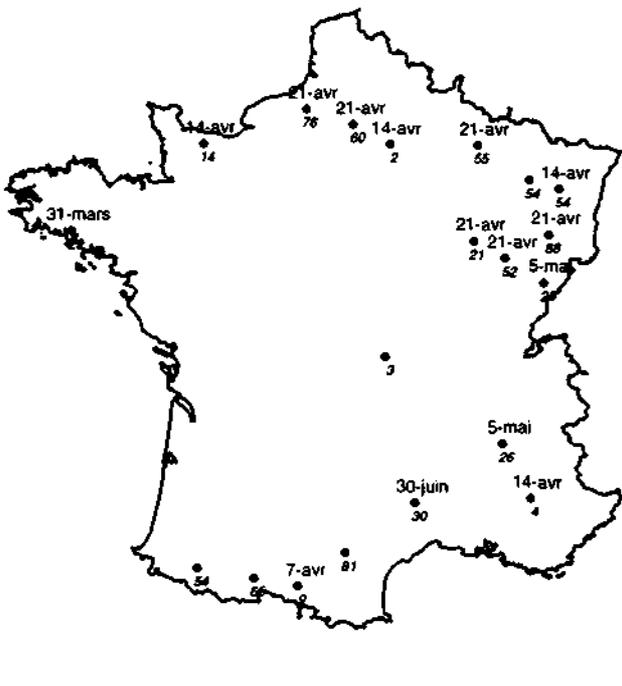
##### 3.2.1. Débourrement

**En 1997**, le début du débourrement est assez homogène et se produit pour la majorité des sites entre le 14 et le 21 avril (**moyenne : 23 avril**) (**carte 1**). Le débourrement se réalise en 7 à 14 jours (10% à 90%). Il est plus précoce dans le Finistère (HET 29 ; 31 mars) et plus tardif pour deux peuplements de l'est de la France (5 mai : HET 25 (570 m) et HET 26 (1320 m)). Dans le Gard (HET 30), le débourrement débute plus tard, le 30 juin. Ce peuplement d'altitude (1400 m) présente un débourrement tardif pour les trois années d'observation.

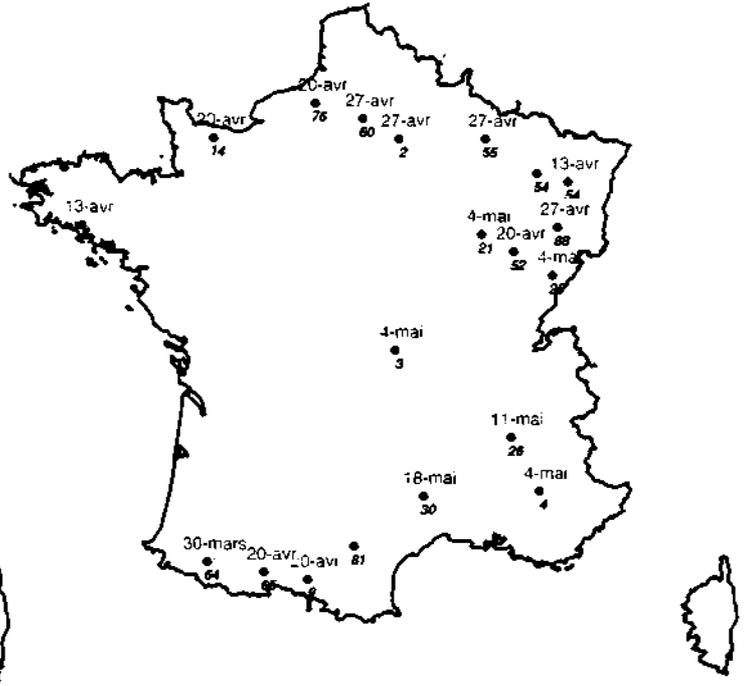
**En 1998**, le début du débourrement se produit en moyenne **le 25 avril**. Il s'étale sur environ un mois et demi, du 30 mars dans les Pyrénées-Atlantiques (HET 64) au 18 mai dans le Gard (HET 30). La majorité des peuplements commence à débourrer entre le 20 avril et le 4 mai. Le débourrement se réalise en 7 à 21 jours (10% à 90%). On peut noter une tendance à un début de débourrement plus tardif (en mai) dans le quart sud-est de la France.

**En 1999**, le début du débourrement se produit en moyenne **le 19 avril**. Il s'étale sur un mois et demi environ, du 29 mars dans les Pyrénées-Atlantiques (HET 64), au 10 mai dans le sud-est (HET 26, HET 30). Les deux tiers des peuplements commencent à débourrer entre le 5 et le 19 avril. Le débourrement se réalise en 7 à 21 jours (10% à 90%). On peut remarquer que les peuplements du sud-est (HET 04, HET 26, HET 30) commencent à débourrer plus tardivement que les autres. Cette tardiveté s'explique par le fait que ces trois peuplements sont ceux situés aux plus hautes altitudes (1300, 1320 et 1400 mètres respectivement).

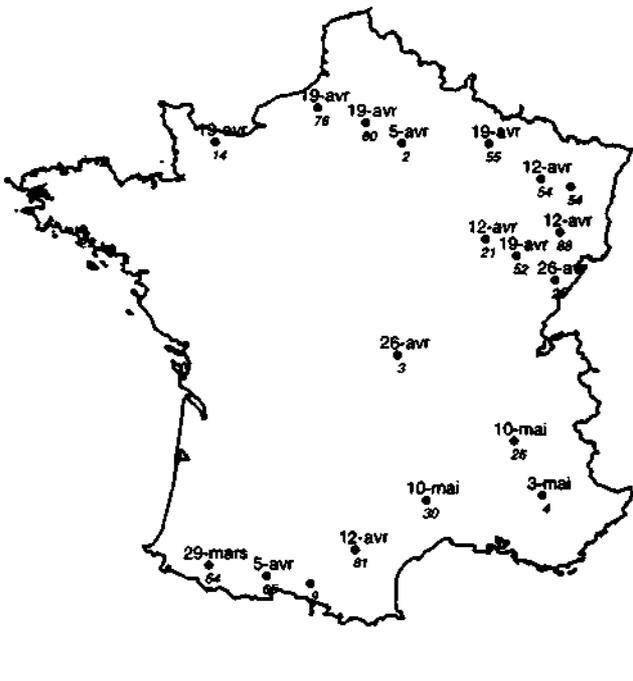
DATES DE DEBOURREMENT DU HETRE EN 1997, 1998 ET 1999



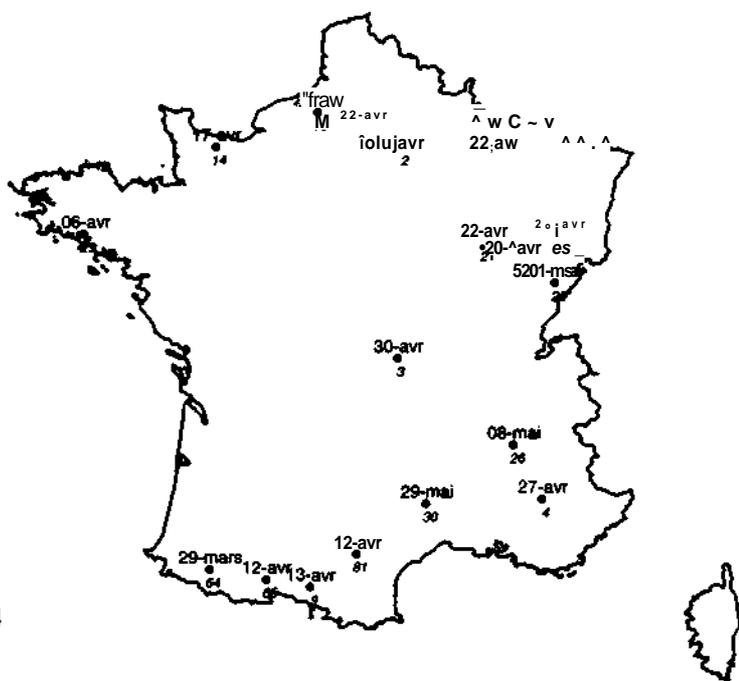
1997



1998



1999



MOYENNE

Echelle: 1/12 000 000

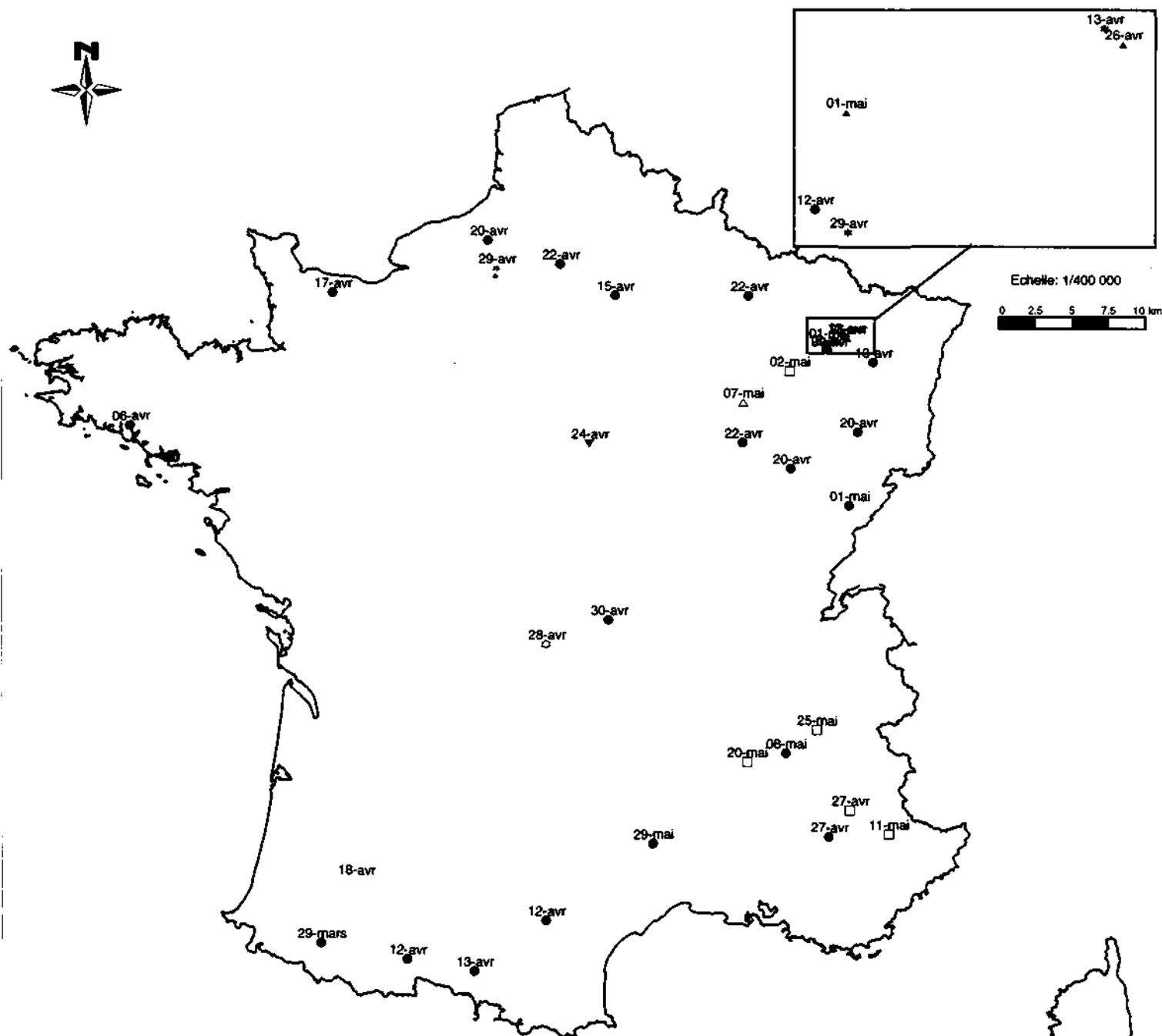


Nombre en italique: numéro du département

Stade de débourrement: 10% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier des bourgeons ouverts (stade b4)

Source: réseau Renecofor

## DATES MOYENNES DE DEBOURREMENT DU HETRE



Echelle: 1/6 000 000



## LEGENDE

- Période: 1997-1999 (source: réseau Renecofor)  
Stade: 10% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier des bourgeons ouverts (stade b4)
- ▲ Période: 1994-1998 (source: Dupouey et Behr, non publiés)  
Stade: b4 du réseau Renecofor
- ◆ Période: 1989-1994 (Source: Duchemin 1998)  
Stade: comparable au stade b4 du réseau Renecofor
- Période: 1976-1980 (Source: Courbet 1981)  
Stade: b4 du réseau Renecofor
- ☆ Période: 1961 et 1963 (source: Lavarenne-Allary 1965)  
Stade: b4 du réseau Renecofor
- Période: 1965 (source: Malaisse 1967)  
Stade: b4 du réseau Renecofor
- Période: 1973-1980 (source: Comps et al. 1987)  
Stade: seuil 50% d'arbres au stade b4 du réseau Renecofor
- ▼ Période: 1881 et 1885 (source: Barres)  
Stade: feuillaison
- △ Période: 1954-1958 (source: Cointat 1959)  
Stade: feuillaison complète
- ◆ Période: 1977-1978 (source: Teissierdu Cros, non publié)  
Stade: seuil 40% d'arbres au stade b4 du réseau Renecofor

## CARACTÉRISTIQUES DU DEBOURREMENT DES 20 HETRAIES DU RESEAU RENECOFOR

	Date moyenne du début du debourrement	Durée moyenne du debourrement	Dates du début du débourement		
			les plus fréquentes	La plus précoce	La plus tardive
1997	23 avril	14 jours	Entre le 14 et le 21 avril	31 mars	30 juin
1998	25 avril	21 jours	Entre le 20 avril et le 4 mai	30 mars	18 mai
1999	19 avril	21 jours	Entre le 5 et le 19 avril	29 mars	10 mai

Début : 10% des arbres au stade b4 sur au moins 20 à 50% du houppier

Durée : nombre de jours écoulés entre le stade 10% des arbres au stade b4 et 90% des arbres au stade b4.

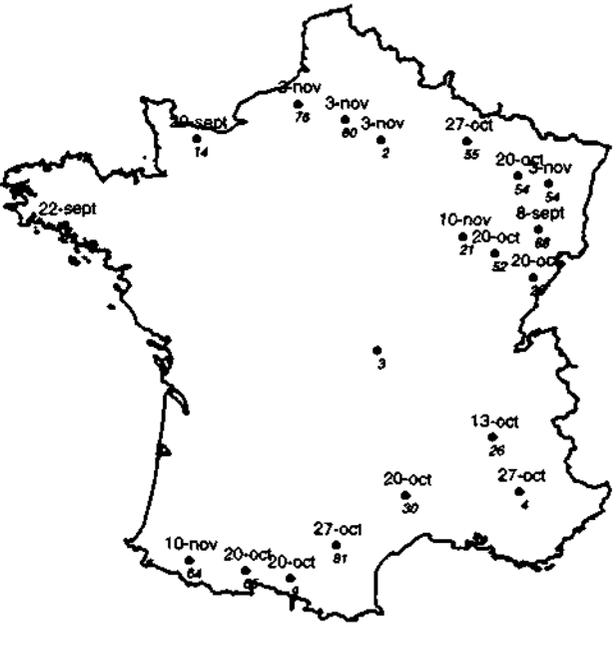
Les moyennes du début de debourrement confirment que le debourrement est plus tardif pour les sites du quart sud-est. La comparaison de toutes les données de debourrement carte 2 et annexe 1 est assez difficile car les seuils utilisés pour caractériser ce stade diffèrent, de plus les périodes d'étude ne sont pas les mêmes. *De nombreux peuplements débourent au cours de la deuxième quinzaine d'avril* Les observations de Malaise (1967) le long d'un transect nord-sud dans l'est de la France montrent qu'en 1965, le debourrement est plus précoce au nord (debourement le 2 mai en Lorraine) qu'au sud (debourement le 25 mai dans le Vercors). Les autres observations ne suggèrent pas de tendance particulière à un debourement plus ou moins précoce suivant un gradient régional. Il faut garder à l'esprit que, dans des sites peu éloignés, l'altitude peut jouer un rôle non négligeable sur la précocité du debourement: ainsi, dans le sud de la France, en 2000, le debourement est plus précoce de presque 3 semaines à la Sainte-Baume (Var), à 750 mètres, qu'au Mont-Ventoux (Vaucluse), à 1450 mètres (seuil 50 % de debourement atteint environ le 20 avril à la Sainte-Baume, et le 8 mai au Mont-Ventoux). On peut aussi remarquer qu'au Mont-Ventoux, le debourement se réalise plus vite (Teissier du Cros, communication personnelle). *Dans le nord-est, le debourement s'effectue en moyenne de mi-avril à début mai.*

*La variabilité inter-annuelle du debourement du hêtre est relativement faible.* Pour les trois années d'observation au sein du réseau RENECOFOR, l'écart-type du début du debourement est, pour environ la moitié des peuplements, supérieur à 6 jours. Pour les observations hors du réseau Renecofor, l'écart-type varie de 2 jours en forêt de Haye (Meurthe et Moselle 54) (de 1994 à 1998) à 5 jours en forêt d'Amance (Meurthe et Moselle 54) (de 1994 à 1998). En forêt d'Amance, les observations de Dupouey et Behr (non publiées) pour la période 1994-1998, indiquent que le debourement le plus précoce s'observe en 1995, le 20 avril, et le plus tardif le 30 avril, en 1996 et 1998. En forêt de Haye, le débourement le plus précoce s'observe le 28 avril, en 1997, et le plus tardif en 1994 et 1998, le 3 mai. Ces observations sont en accord avec les estimations satellitaires de Duchemin (1998) indiquant que, pour la période 1989-1994, le débourement se produit en forêt de Haye entre le 24 avril et le 5 mai, l'écart-type étant d'environ 5 jours. Pour la période 1976-1980, les observations de Courbet (1981) au Jardin botanique du C.N.R.F. de Champenoux (54) indiquent un débourement plus précoce, du 6 avril en 1976 au 18 avril, en 1978 et 1979, l'écart-type étant d'environ 5 jours. Cependant, les conditions au Jardin botanique diffèrent de celles d'un peuplement à densité normale. En forêt de Laveyron, pour la période 1973-1980, la variabilité inter-annuelle du débourement est faible, avec un écart-type de 3 jours. En ce qui concerne le stade de feuillaison complète, les observations de Cointat (1959), sur la période 1954-1958 indiquent, pour des groupes de 5 et 3 arbres de deux parcelles, une variabilité inter-annuelle relativement faible, d'environ 4 et 5 jours respectivement. Pour chaque arbre, l'écart-type varie de 3 (arbres 1 et 3) à 8 jours (arbre 5).

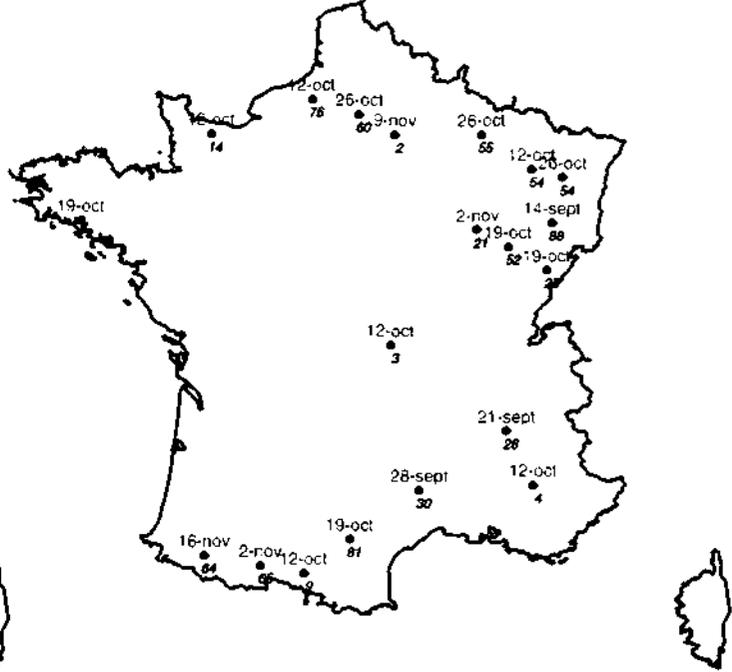
### 3.2.2. Sénescence

En 1997, la fin du jaunissement se produit en moyenne le 21 octobre (carte 3). Elle s'étale sur plus de deux mois, de 8 septembre dans les Vosges (HET 88) au 10 novembre en Côte d'Or (HET 21) et dans les Pyrénées-Atlantiques (HET 64). La moitié des peuplements finit de jaunir entre le 13 et le 27 octobre. Aucun gradient régional particulier de la fin du jaunissement ne peut être mis en évidence.

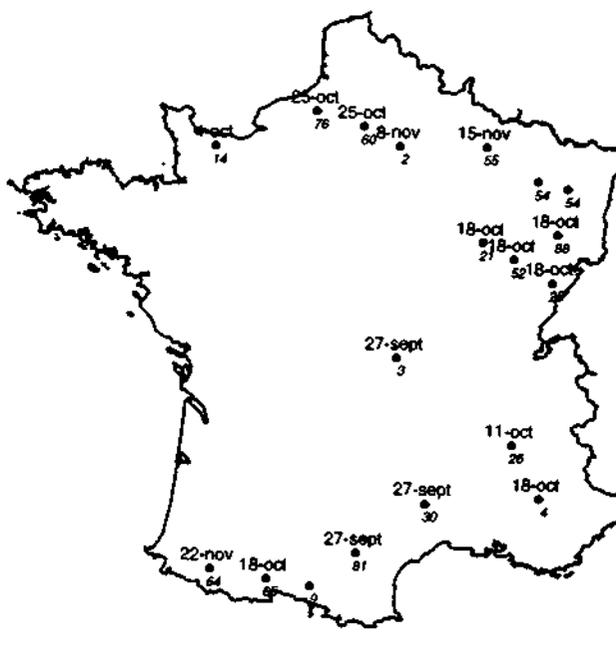
DATES DE JAUNISSEMENT DU HETRE EN 1997,1998 ET 1999



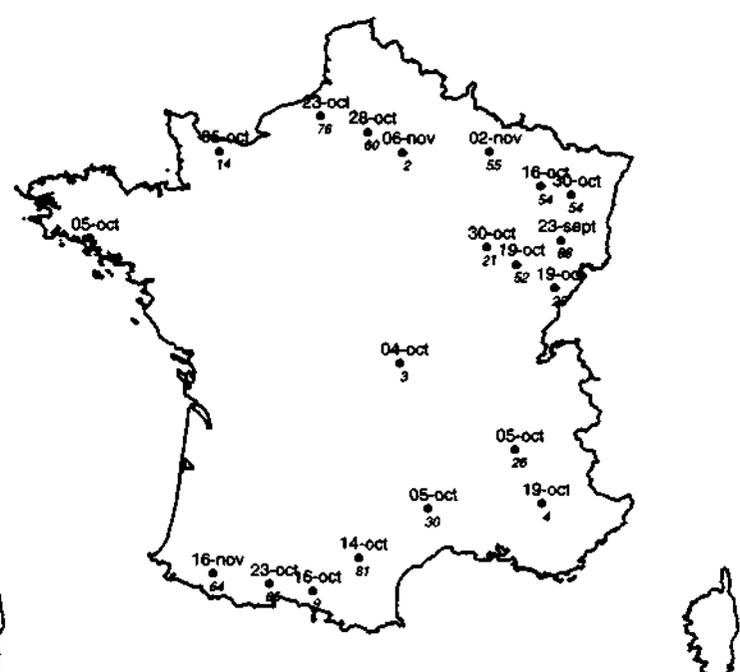
1997



1998



1999



MOYENNE

Echelle: 1/12 000 000



Nombre en italique: numéro du département

Stade de jaunissement: 90% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier un début de jaunissement

Source: réseau Renecofor

**En 1998**, la fin du jaunissement se produit en moyenne le **18 octobre**. Elle s'étale sur deux mois, du 14 septembre dans les Vosges (HET 88) au 16 novembre dans les Pyrénées-Atlantiques (HET 64). La majorité des peuplements finit de jaunir entre le 12 et le 26 octobre. Aucun gradient régional ne peut être mis en évidence. On peut remarquer que les sites d'altitude, dans le Gard (HET 30) et la Drôme (HET 26) présentent une fin de jaunissement précoce, fin septembre.

**En 1999**, la fin du jaunissement se produit en moyenne le **19 octobre**. Elle s'étale aussi sur deux mois, du 27 septembre au 22 novembre (toujours dans les Pyrénées-Atlantiques). Cette année non plus, aucun gradient régional ne peut être mis en évidence.

#### CARACTERISTIQUES DE LA SENESCENCE DES 20 HETRAIES DU RESEAU RENECOFOR

	Date moyenne de la fin du jaunissement	Dates de la fin du jaunissement		
		les plus fréquentes	La plus précoce	La plus tardive
1997	21 octobre	Entre le 13 et le 27 octobre	8 septembre	10 novembre
1998	18 octobre	Entre le 12 et le 26 octobre	14 septembre	16 novembre
1999	19 octobre	Entre le 18 et le 25 octobre	27 septembre	22 novembre

Fin : 90% des arbres présentent un début de jaunissement sur au moins 20 à 50% du houppier

Les moyennes de la fin du jaunissement pour les observations du réseau Renecofor indiquent que ce stade s'étale en moyenne sur un peu moins de deux mois. Le peuplement vosgien (HET 88) présente la fin de jaunissement la plus précoce, celui des Pyrénées-Atlantiques (HET 64) la fin de jaunissement la plus tardive. L'étude des moyennes pour l'ensemble des observations de jaunissement **de la carte 4 et de l'annexe 1** ne fait pas ressortir de gradient régional. Dans le nord-est, le jaunissement peut se produire, en moyenne, aussi bien début octobre que début novembre. En ce qui concerne la chute des feuilles de hêtre, très peu de données sont disponibles. Elle se termine environ le 24 novembre en Haute-Marne (dans la forêt des Dhuits) (Cointat 1959) et le 9 novembre au Jardin botanique du C.N.R.F. de Champenoux, en Meurthe-et-Moselle (Courbet 1981).

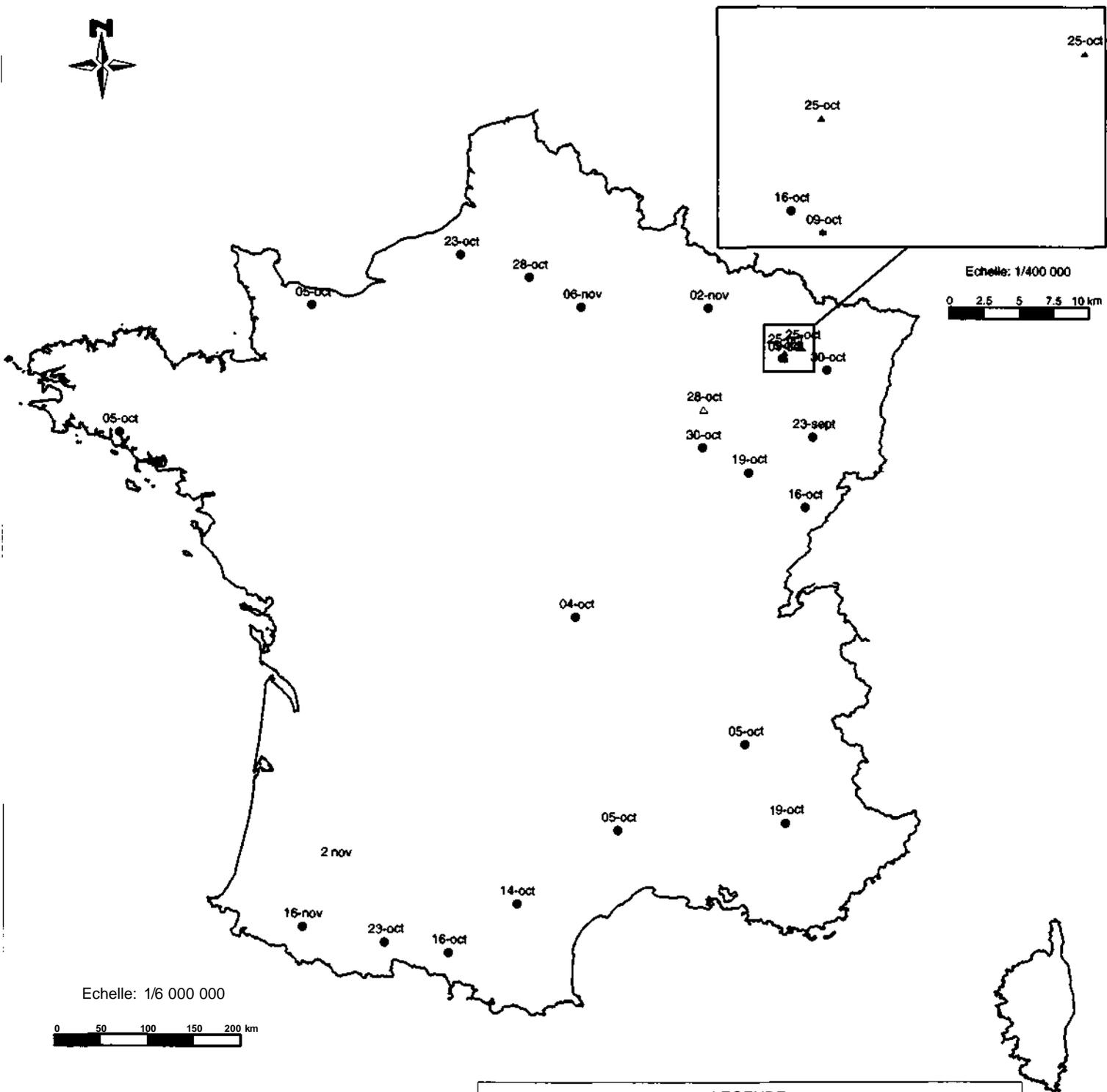
*La variabilité inter-annuelle de la sénescence du hêtre est plus forte que le débournement.* Pour les trois années d'observation au sein du réseau Renecofor, l'écart-type de la fin du jaunissement du hêtre varie entre 1 et 22 jours. Pour la période 1994-1998, en forêt de Haye et d'Amance, l'écart-type du jaunissement sur la moitié du houppier est égal à 7,4 jours. Ce stade est atteint entre le 18 octobre, en 1994, et le 4 novembre, en 1997 (Dupouey et Behr, non publiés). Pour la période 1989-1994, en forêt de Haye, les estimations satellitaires de Duchemin (1998) indiquent un écart-type de 14 jours. Le stade de sénescence étudié, antérieur au jaunissement total, est atteint entre le 29 septembre, en 1993, et le 30 octobre, en 1989. Les observations de Cointat (1959) sur la période 1954-1958 indiquent, pour des groupes de 5 et 3 arbres de deux parcelles, une variabilité inter-annuelle relativement faible, de 9 jours. Pour chaque arbre, l'écart-type varie de 5 (arbres 5 et 6) à 14 jours (arbre 2).

#### 3.2.3. Saison de végétation

**En 1997**, la saison de végétation dure en moyenne **179 jours (carte 5)**. Elle va de 112 jours dans le Gard (HET 30) à 203 jours dans des peuplements du nord-est de la France (dans l'Aisne, HET 02, en Côte d'Or, HET 21, en Meurthe-et-Moselle HET 54a). Sa longueur varie donc de 91 jours. Aucun effet régional ne peut être mis en évidence. La très courte durée observée pour le peuplement du Gard est due à un début de débournement tardif. Le peuplement situé dans les Vosges (HET 88) a lui aussi une saison de végétation nettement plus courte que les autres (140 jours), ce qui est dû à une fin de jaunissement très précoce.

**En 1998**, la saison de végétation dure en moyenne **175 jours**. Elle va de 133 jours, dans le Gard (HET 30) et la Drôme (HET 26), à 231 jours dans les Pyrénées-Atlantiques (HET 64). Sa longueur varie donc de 98 jours. La

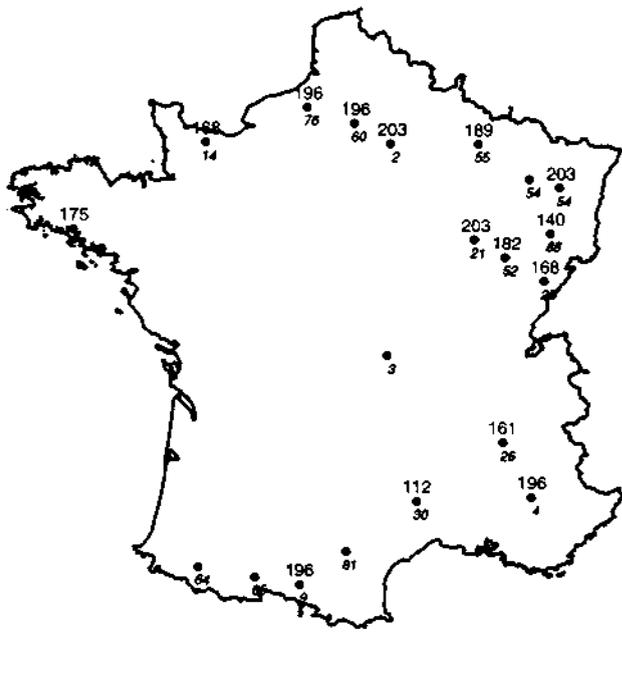
DATES MOYENNES DE JAUNISSEMENT DU HETRE



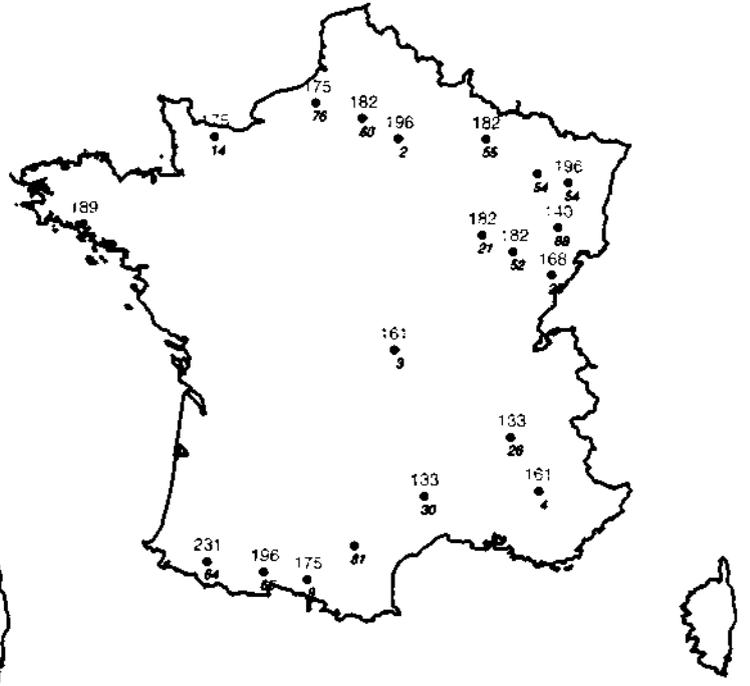
LEGENDE

- Période: 1997-1999 (source: réseau RenecoFor)  
Stade: 90% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier un début de jaunissement
- ▲ Période: 1994-1998 (source: Oupouey et Behr, non publiés)  
Stade: jaunissement sur au moins 50% du houppier
- ★ Période: 1989-1994 (source: Duchemin 1998)  
Stade: stade antérieur au jaunissement total
- Période: 1973-1980 (source: Comps étal. 1987)  
Stade moyen où les feuilles sont jaunes
- △ Période: 1954-1958 (source: Cointat 1959)  
Stade: jaunissement

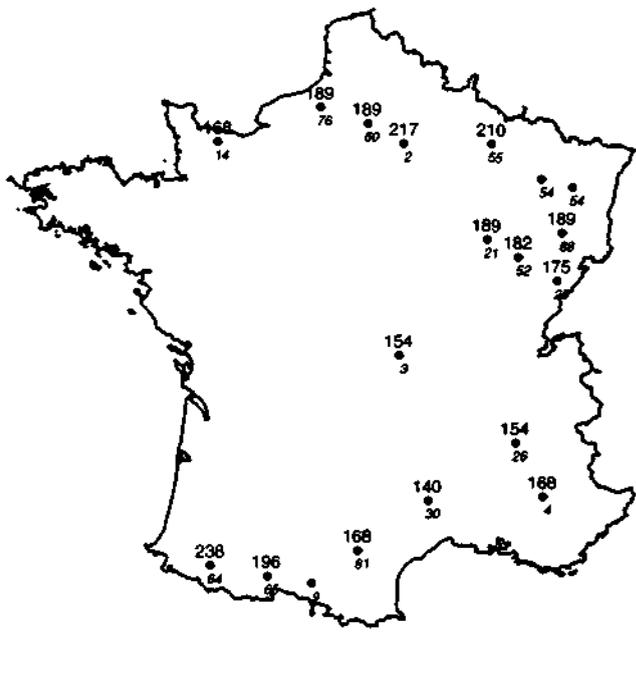
# LONGUEUR DE LA SAISON DE VEGETATION DU HETRE EN 1997,1998 ET 1999



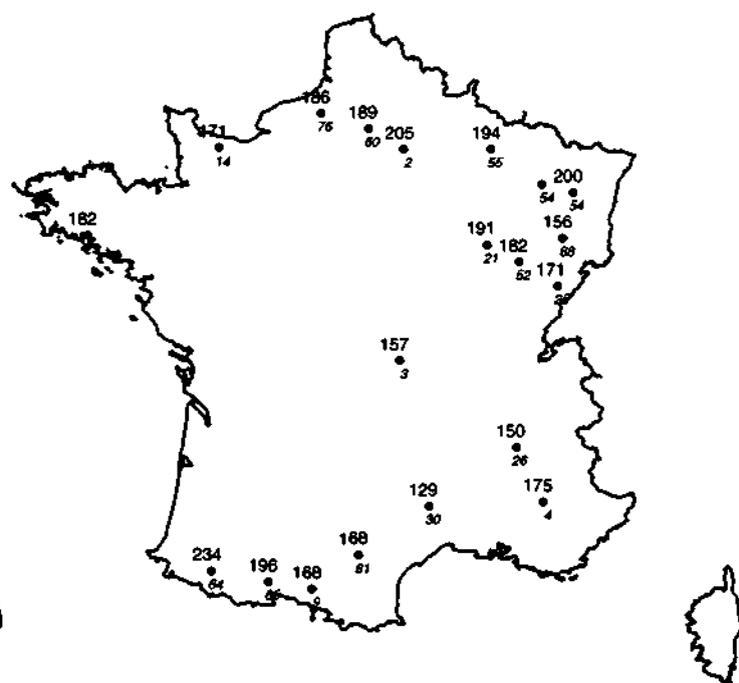
1997



1998



1999



MOYENNE

Echelle: 1/12 000 000

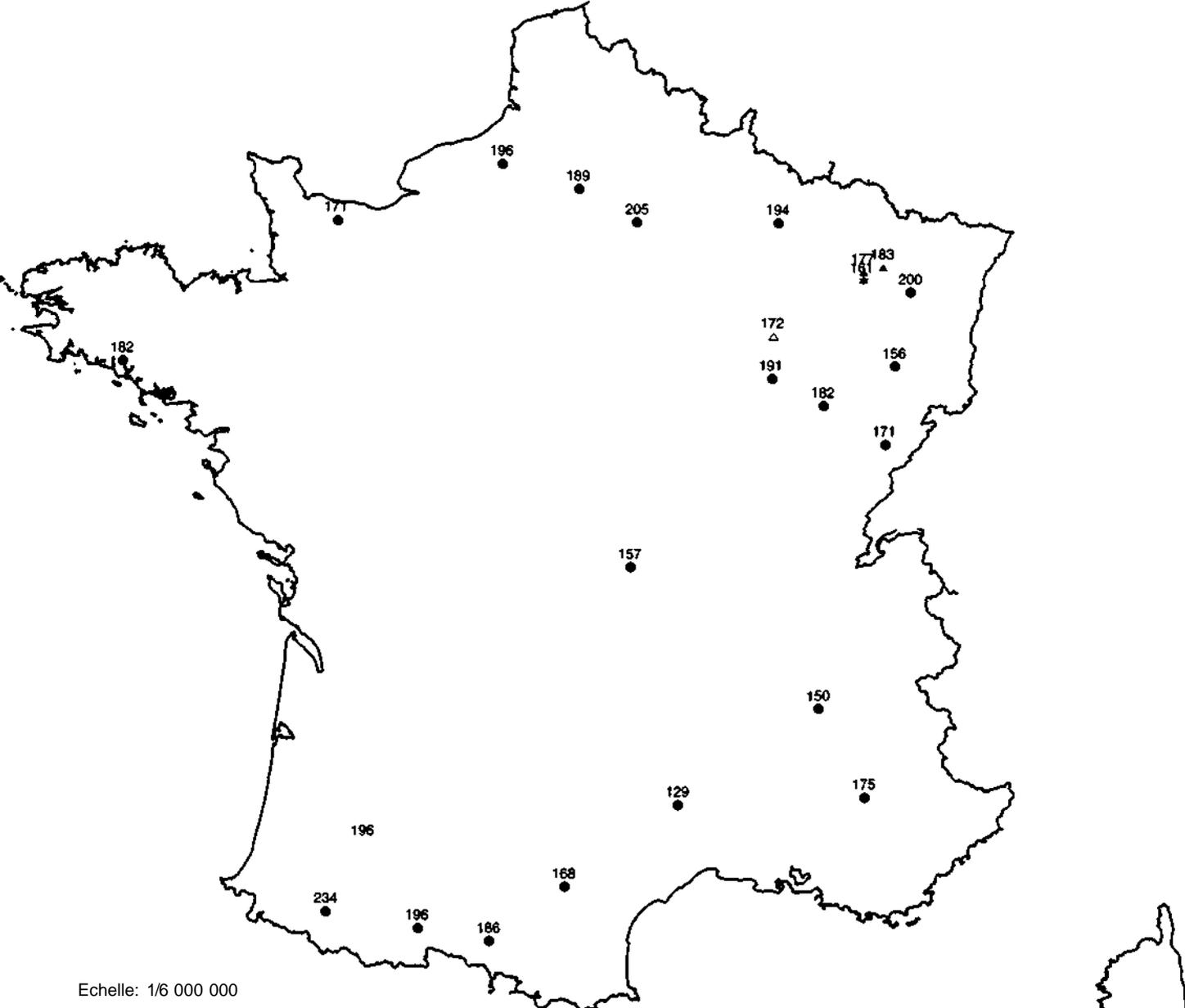


Nombre en italique: numéro du département

Longueur de saison de végétation calculée par rapport aux stades 10% de débourrement et 90% de jaunissement utilisés dans le réseau Renecofor

Source: réseau Renecofor

# LONGUEUR MOYENNE DE LA SAISON DE VEGETATION DU HETRE



Echelle: 1/6 000 000



**LEGENDE**

- Période: 1997-1999 (source: réseau Renecofor)
- ▲ Période: 1994-1998 (source: Dupouey et Behr, non publiés)
- ★ Période: 1989-1994 (source: Duchemin 1998)
- Période: 1973-1980 (source: Comps et al. 1987)
- △ Période: 1954-1958 (source: Cointat 1959)

La longueur de la saison de végétation est calculée par rapport aux données de débourrement et de jaunissement

courte durée observée dans le Gard et la Drôme est due à la fois à un début de débourrement tardif et à une fin de jaunissement précoce. Le peuplement situé dans les Vosges (HET 88) a, cette année encore, une courte saison de végétation (140 jours), en raison d'une fin de jaunissement précoce. Les peuplements situés dans les Basses-Alpes (HET 04) et l'Allier (HET 03) ont aussi une saison de végétation relativement courte, de 161 jours, ce qui est dû à un début de débourrement tardif.

**En 1999**, la saison de végétation dure en moyenne **183 jours**. Elle va de 140 jours dans le Gard (HET 30) à 238 jours dans les Pyrénées-Atlantiques (HET 64). Sa longueur varie donc de 98 jours. Aucun gradient régional ne peut être mis en évidence. Les deux autres peuplements d'altitude, dans la Drôme (HET 26) et les Basses-Alpes (HET 04), ainsi que le peuplement situé dans l'Allier (HET 03) présentent eux aussi une saison de végétation courte, de 154, 168, et 154 jours respectivement, ce qui est surtout dû à un début de débourrement tardif.

#### CARACTÉRISTIQUES DE LA DURÉE DE LA SAISON DE VÉGÉTATION DES 20 HETRAIES DU RESEAU RENECOFOR

	Durée moyenne	La plus courte	La plus longue
1997	179 jours	112 jours	203 jours
1998	175 jours	133 jours	231 jours
1999	183 jours	140 jours	238 jours

Durée : différence entre les dates correspondant au stade 10% débourrement et 90% jaunissement

L'ensemble des moyennes de la longueur de la saison de végétation pour les peuplement du réseau Renecofor met en évidence la faible durée de végétation des peuplements d'altitude (HET 30, HET 26), ainsi que des peuplements de l'Allier (HET 03) et des Vosges (HET 88). Elle fait aussi ressortir une durée de végétation importante (de 200 à 234 jours) pour les peuplements de l'Aisne (HET 02), de la Meurthe-et-Moselle (HET 54a) et des Pyrénées-Atlantiques (HET 64). L'ensemble de toutes les données de saison de végétation calculée par rapport au jaunissement ne met pas en évidence de gradient régional particulier. La comparaison des moyennes de la longueur de saison de végétation calculée par rapport au débourrement et au stade 50% de jaunissement (ou au stade moyen de jaunissement) indique une saison de végétation plus longue dans le sud-ouest, en forêt de Laveyron (198 jours) (Comps *et al.* 1987) que dans le nord-est, en forêt d'Amance ou de Haye (de 177 à 183 jours) (Dupouey et Behr, non publiés) (**carte 6**).

Pour la majorité des peuplements du réseau Renecofor, *la variabilité inter-annuelle* de la durée de saison de végétation ont cependant *est inférieure ou égale à 11 jours* (écart-type de 0 à 28 jours). Dans les forêts d'Amance et de Haye, pour la période 1994-1998, l'écart-type de la durée de végétation est d'environ 10 jours. En forêt d'Amance, cette durée varie de 173 jours, en 1998, à 196 jours, en 1997. En forêt de Haye, elle varie de 168 jours, en 1994, à 190 jours, en 1997 (Dupouey et Behr, non publiées). Les estimations satellitaires de Duchemin, pour la période 1989-1994, indiquent un écart-type de la durée de végétation égal à 13,4 jours. Cette durée varie de 152 jours, en 1992, à 181 jours, en 1989. Les observations de Cointat (1959), sur la période 1954-1958 indiquent, pour des groupes de 5 et 3 arbres de deux parcelles, une variabilité inter-annuelle de la durée de saison de végétation calculée par rapport au jaunissement relativement faible, de 5 et 3 jours respectivement. Pour chaque arbre, l'écart-type varie de 2 jours (arbre 6) à 13 jours (arbre 1).

### 3.3. Variabilité phénologique des chênes sessiles

#### 3.3.1. Débourrement

**En 1997**, le début du débourrement se produit en moyenne **le 6 avril (carte 7)**. Il s'étale sur un mois, du 24 mars dans l'Allier (CHS 03) au 21 avril dans l'Eure (CHS 27). La majorité des arbres commence à débourrer entre le 31 mars et le 14 avril. Le débourrement se réalise en 7 à 14 jours (10% à 90%), sauf pour le peuplement CHS 88, qui met 49 jours à débourrer, ce qui est peut-être dû à des attaques de parasites. Malgré le peu de données, on peut noter une tendance à un début de débourrement plus précoce d'environ 1 semaine de la région Centre (début de débourrement fin mars) au Nord de la France.

**En 1998**, le début du débourrement se produit en moyenne **le 8 avril**. Il se déroule pendant tout le mois d'avril, du 30 mars pour des peuplements répartis sur l'ensemble du territoire, au 27 avril dans l'Oise (CHS 60). La majorité des arbres commence à débourrer entre le 30 mars et le 13 avril. Le débourrement se réalise en 7 à 21 jours (10% à 90%), sauf pour le peuplement CHS 61, qui met 35 jours à débourrer, ce qui est dû à un froid persistant qui bloque la végétation au stade « bourgeons épanouis » plus d'un mois. Les peuplements situés au nord et au nord-est, dans les régions climatiques 2, 7 et 8, sont les plus tardifs.

**En 1999**, le début du débourrement se produit en moyenne **le 5 avril**. Il s'étale sur 1 mois, du 22 mars au 19 avril. Le débourrement se réalise en 7 à 21 jours (10% à 90%). On retrouve, parmi les peuplements les plus tardifs, ceux des régions climatiques 7 et 8.

#### CARACTÉRISTIQUES DU DÉBOURREMENT DES 19 CHÊNAIES SESSILIFLORES DU RESEAU RENECOFOR

	Date moyenne du début du débourrement	Durée moyenne du débourrement	Dates du début du débourrement		
			les plus fréquentes	La plus précoce	La plus tardive
1997	6 avril	14 jours	Entre le 31 mars et 14 avril	24 mars	21 avril
1998	8 avril	21 jours	Entre le 30 mars et 13 avril	30 mars	27 avril
1999	5 avril	21 jours	Entre le 29 mars et 19 avril	22 mars	19 avril

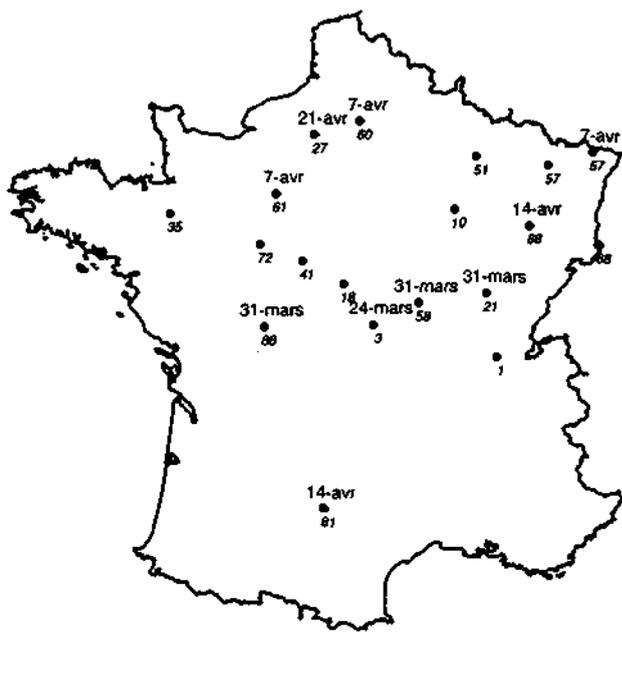
Début : 10% des arbres au stade b5 sur au moins 20 à 50% du houppier

Durée : nombre de jours écoulés entre le stade 10% des arbres au stade b4 et 90% des arbres au stade b5.

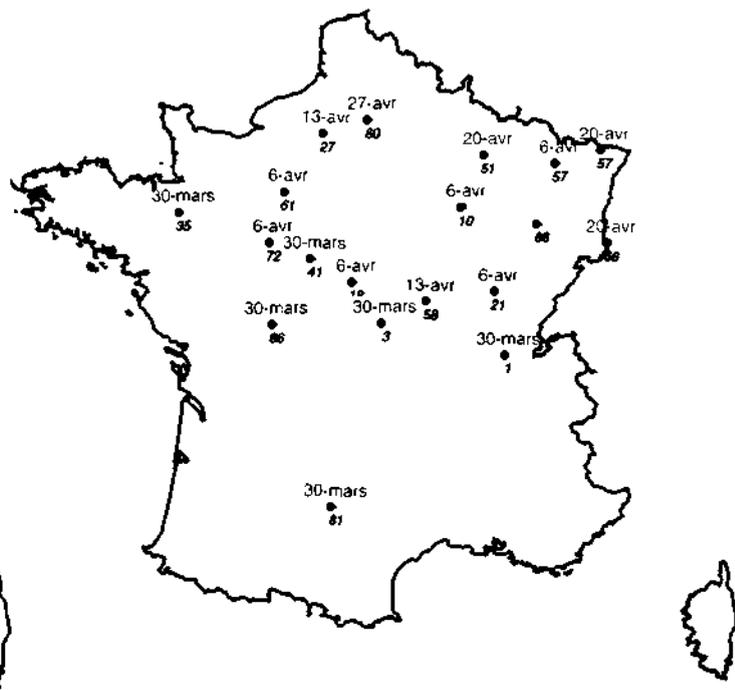
L'analyse comparative des estimations satellitaires de Duchemin (1998) sur les forêts de Chaux (dans le Jura) et de Grésigne (dans le Tarn) met en évidence un effet climatique sur le chêne sessile. Le débourrement est plus précoce de 18 jours en moyenne en forêt de Grésigne. Cependant, la variabilité inter-annuelle est forte, avec un débourrement pratiquement simultané en 1994 contre un retard de 42 jours pour la forêt de Chaux en 1991 (cette valeur correspond à un gel exceptionnellement tardif au printemps dans le nord-est de la France). Les observations réalisées pendant les années 1990 et 1993 par Duchemin (1998) et Bréda (1994) indiquent un débourrement du chêne sessile plus précoce de 15 jours environ au sud qu'au nord-est (en 1990, débourrement le 17 avril en forêt de Grésigne et le 3 mai en forêt de Champenoux - en Meurthe-et-Moselle; en 1993, débourrement le 15 avril en forêt de Grésigne et le 30 avril en forêt de Champenoux). **La carte 8** présentant les dates moyennes de débourrement du chêne sessile pour différents localisations et périodes d'observation tend à confirmer cet effet régional avec une différence de précocité de l'ordre de 15 jours entre l'Ouest et l'Est (plus tardif).

Pour la majorité des peuplements du réseau RENECOFOR, **la variabilité inter-annuelle** du début du débourrement **est inférieure ou égale à 7 jours** (écart-type de 1 à 14 jours). Pour les autres données, l'écart-type du débourrement varie de 3,3 jours en forêt de Grésigne (Tarn), à 12,2 jours en forêt de Chaux (Jura). En forêt de Grésigne, sur la période 1989-1994, le débourrement le plus précoce s'observe le 12 avril, en 1991, et le plus tardif le 21 avril, en 1989 (Duchemin 1998). Pour la même période, en forêt de Chaux, l'écart-type du débourrement est trois fois plus important (12,2 jours). La date de débourrement varie du 19 avril, en 1994, au 24

DATES DE DEBOURREMENT DU CHENE SESSILE EN 1997, 1998 ET 1999



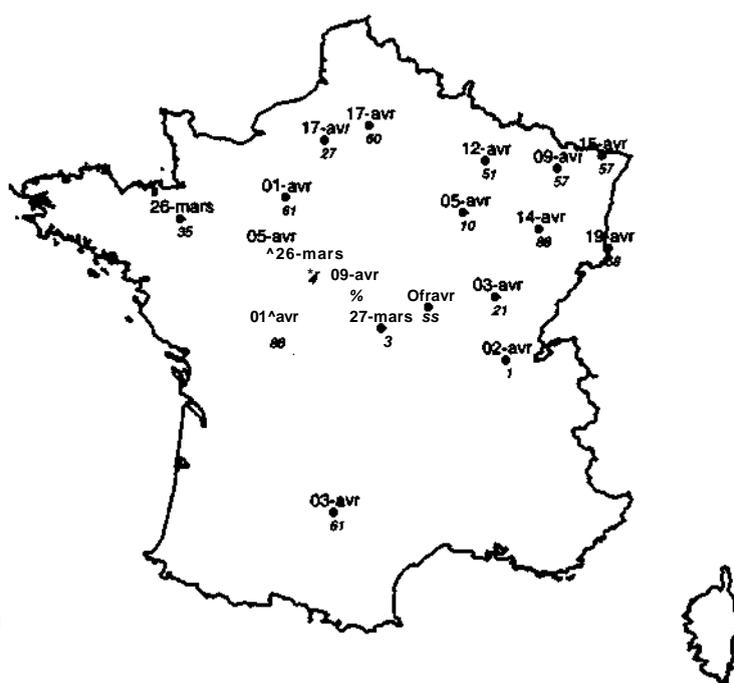
1997



1998



1999



MOYENNE

Echelle: 1/12 000 000

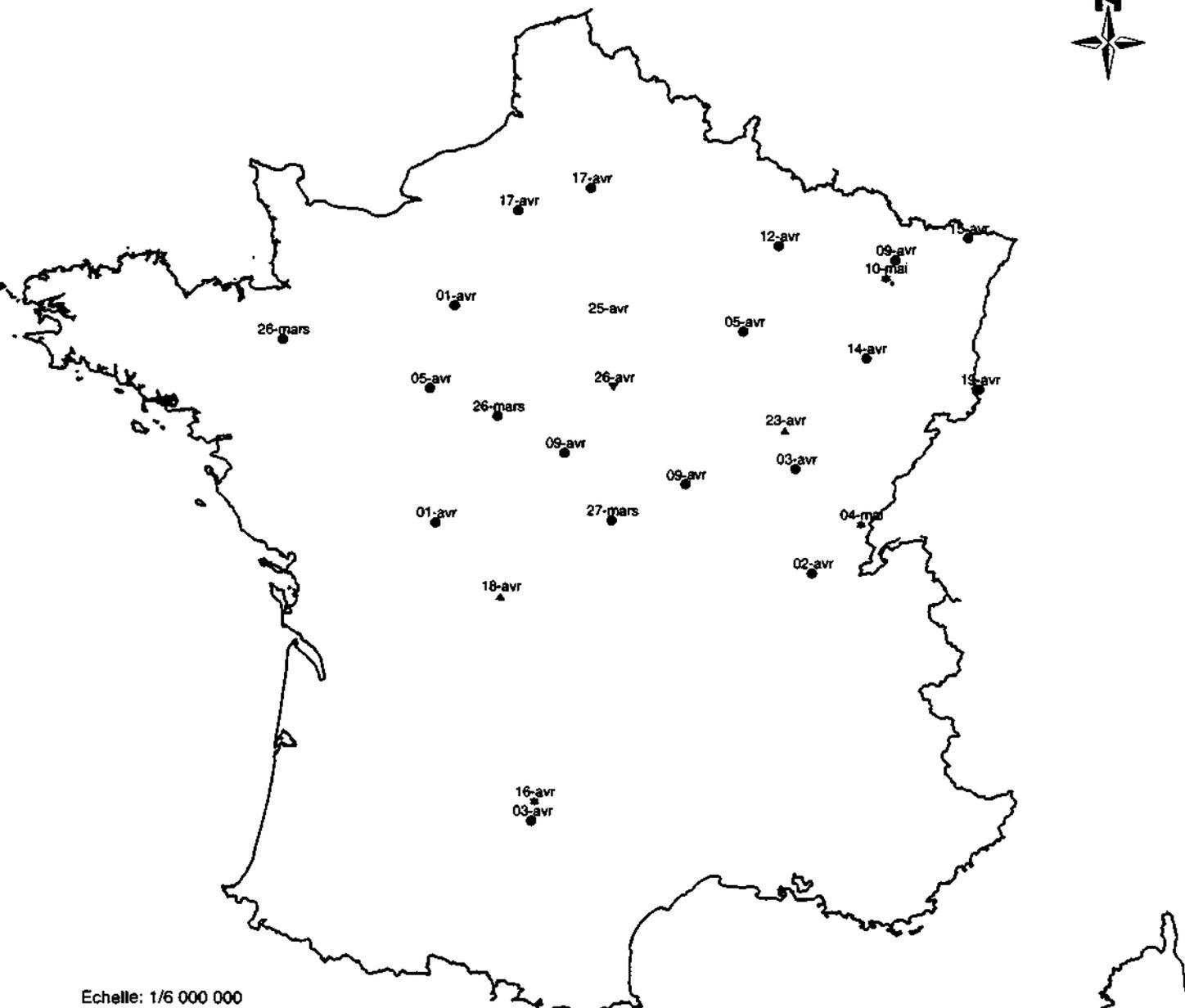


Nombre en italique: numéro du département

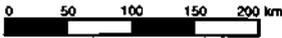
Stade de débourrement: 10% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier des bourgeons ouverts (stade b5)

Source: réseau Renecofor

### DATES MOYENNES DE DEBOURREMENT DU CHENE SESSILE



Echelle: 1/6 000 000



**LEGENDE**

- Période: 1997-1999 (source: réseau Renecofor)  
Stade: 10% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier des bourgeons ouverts (stade b5)
- ▼ Période: 1881 et 1885 (source: Barres)  
Stade: feuillaison
- ✱ Période: 1990-1993 (source: Bréda 1994)  
Stade: stade b5 du réseau Renecofor
- ▲ Période: 1994 (source: D.S.F.)  
Stade: inconnu
- ✱ Période: 1989-1994 (source: Duchemin 1998)  
Stade: stade comparable au stade b5 du réseau Renecofor
- Période 1976-1983: (source: Nizinski et Saugier 1988)  
Stade: 50% des bourgeons latéraux atteignent le stade b5 du réseau Renecofor

mai en 1991. En forêt de Champenoux, les données de Bréda (1994) montrent un écart-type de 11 jours pour la période 1990-1993. Le débourrement varie du 30 avril en 1993, au 25 mai en 1991. Les dates très tardives observées en 1991 sont dues au fait que les arbres ont subi cette année une gelée tardive. En forêt de Fontainebleau, les observations de Nizinski et Saugier (1988) indiquent un débourrement variant du 14 avril au 10 mai, avec un écart-type de 7,5 jours.

### 3.3.2. *Sénescence*

**En 1997**, la fin du jaunissement se produit en moyenne le 26 octobre (**carte 9**). Elle s'étale sur plus d'un mois, du 29 septembre en Moselle (CHS 57b) au 3 novembre. La majorité des peuplements finit de jaunir entre le 27 octobre et le 3 novembre. Aucun gradient régional particulier de la fin jaunissement ne peut être mis en évidence.

**En 1998**, la fin du jaunissement se produit en moyenne le 17 octobre. Elle s'étale sur un mois et demi, du 21 septembre en Moselle (CHS 57b) au 2 novembre, dans l'Allier (CHS 03) et la Nièvre (CHS 58). Plus de la moitié des peuplements terminent leur jaunissement entre le 12 et le 26 octobre. On peut remarquer que les peuplements les plus précoces se situent à l'est.

**En 1999**, la fin du jaunissement se produit en moyenne le 20 octobre. Elle s'étale sur plus d'un mois, du 4 octobre, toujours en Moselle, au 8 novembre dans le Loir-et-Cher (CHS 41). Aucun gradient de jaunissement n'apparaît.

#### CARACTERISTIQUES DE LA SENESCENCE DES 19 CHENAIES SESSILIFLORES DU RESEAU RENECOFOR

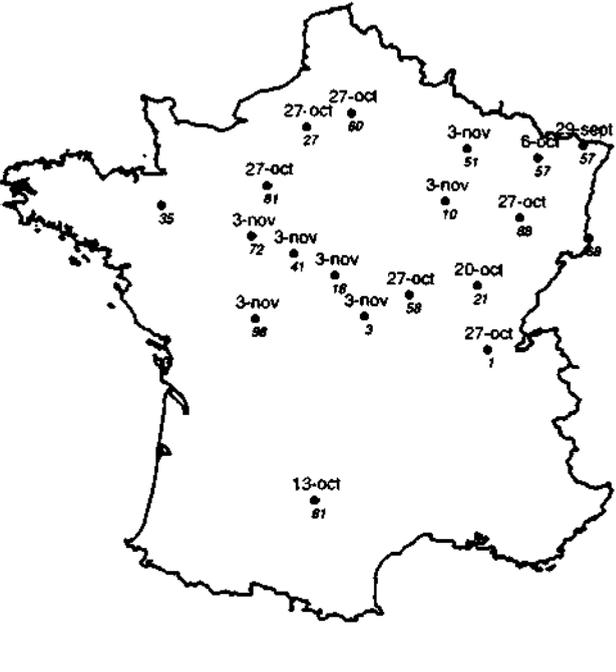
	Date moyenne de la fin du jaunissement	Dates de la fin du jaunissement		
		les plus fréquentes	La plus précoce	La plus tardive
1997	26 octobre	27 octobre au 3 nov	29 septembre	3 novembre
1998	17 octobre	Entre le 12 et le 16 octobre	21 septembre	2 novembre
1999	20 octobre	Entre le 11 et le 25 octobre	4 octobre	8 novembre

Fin : 90% des arbres présentent un début de jaunissement sur au moins 20 à 50% du houppier

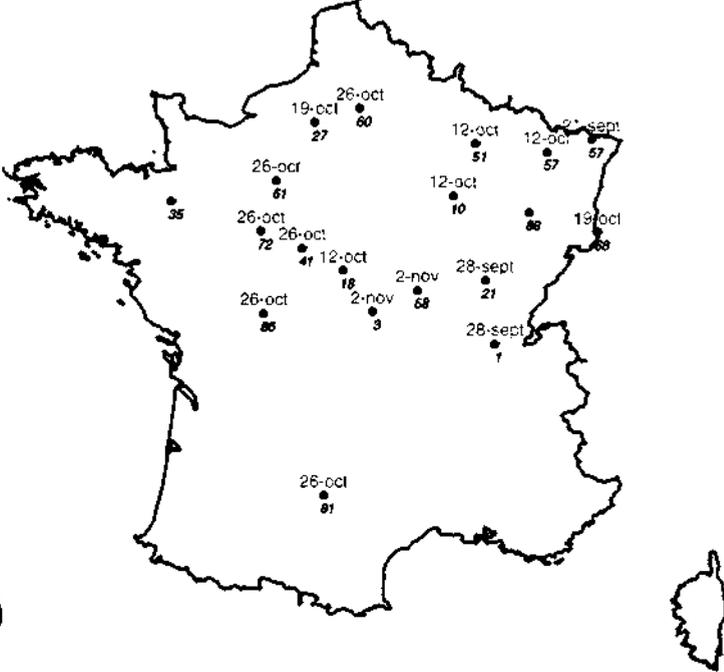
Les moyennes de fin de jaunissement montrent une légère tendance à une fin de jaunissement plus précoce à l'Est (*carte 10*). Les peuplements de Moselle en particulier ont un jaunissement précoce. Les observations de Bréda (1994) dans le nord-est, en forêt de Champenoux (Meurthe-et-Moselle), indiquent toutefois que le jaunissement total peut se produire début novembre, ce qui est relativement tardif. L'analyse comparative des estimations satellitaires de Duchemin (1998) sur les forêts de Chaux et de Grésigne met en évidence un effet climatique sur le chêne sessile: en forêt de Grésigne, le jaunissement est plus tardif de 10 jours en moyenne.

Pour la majorité des peuplements du réseau RENECOFOR, *la variabilité inter-annuelle* de la fin du jaunissement varie de 1 à 15 jours. En forêt de Champenoux (Meurthe-et-Moselle), pour la période 1990-1993, les données de Bréda (1994) indiquent que l'écart-type de la chute de 50% du LAI (correspondant à un jaunissement total) est de 5 jours. Le jaunissement total est atteint entre le 31 octobre, en 1990, et le 12 novembre, en 1991. Les estimations satellitaires de Duchemin (1998), pour la période 1989-1994 montrent, pour un stade antérieur au jaunissement total, un écart-type supérieur, de 10,8 jours en forêt de Chaux (Jura) à 14,8 jours en forêt de Grésigne (Tarn). En forêt de Chaux, les dates de sénescence estimées varient entre le 2 octobre, en 1993, et le 30 octobre, en 1989. En forêt de Grésigne, elles varient entre le 8 octobre, en 1992, et le 15 novembre, en 1989.

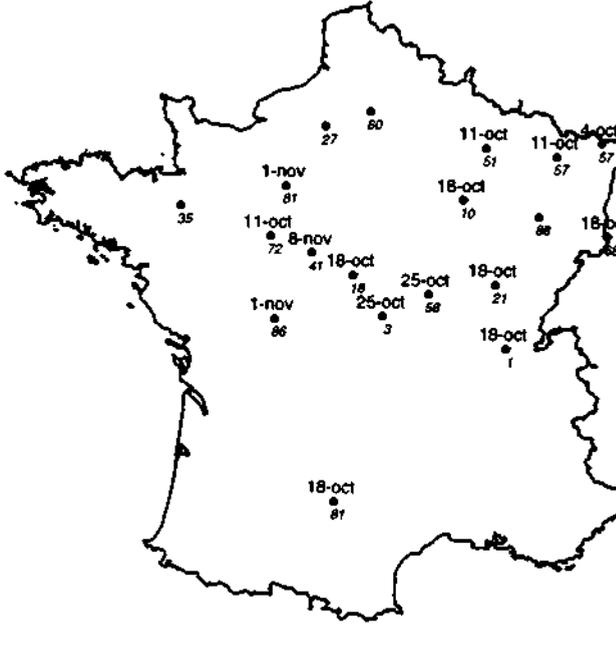
DATES DE JAUNISSEMENT DU CHENE SESSILE EN 1997, 1998 ET 1999



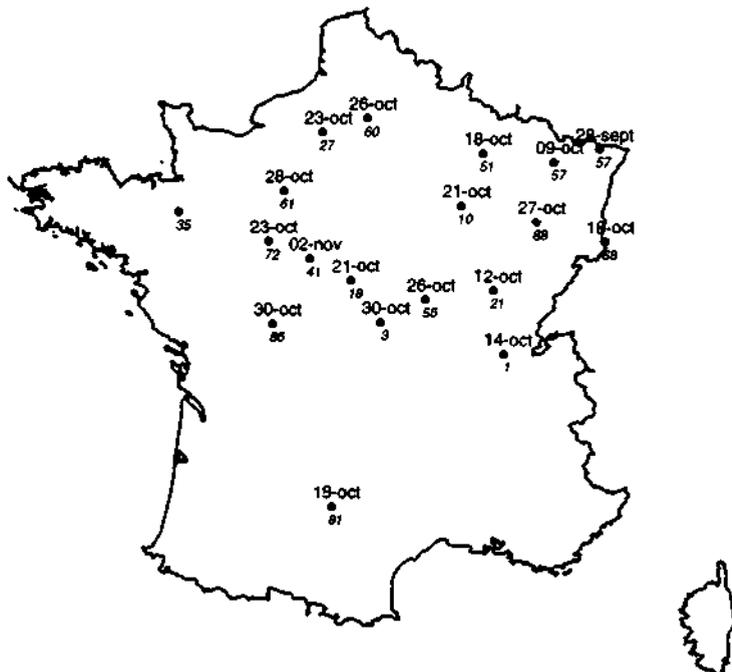
1997



1998



1999



MOYENNE

Echelle: 1/12 000 000

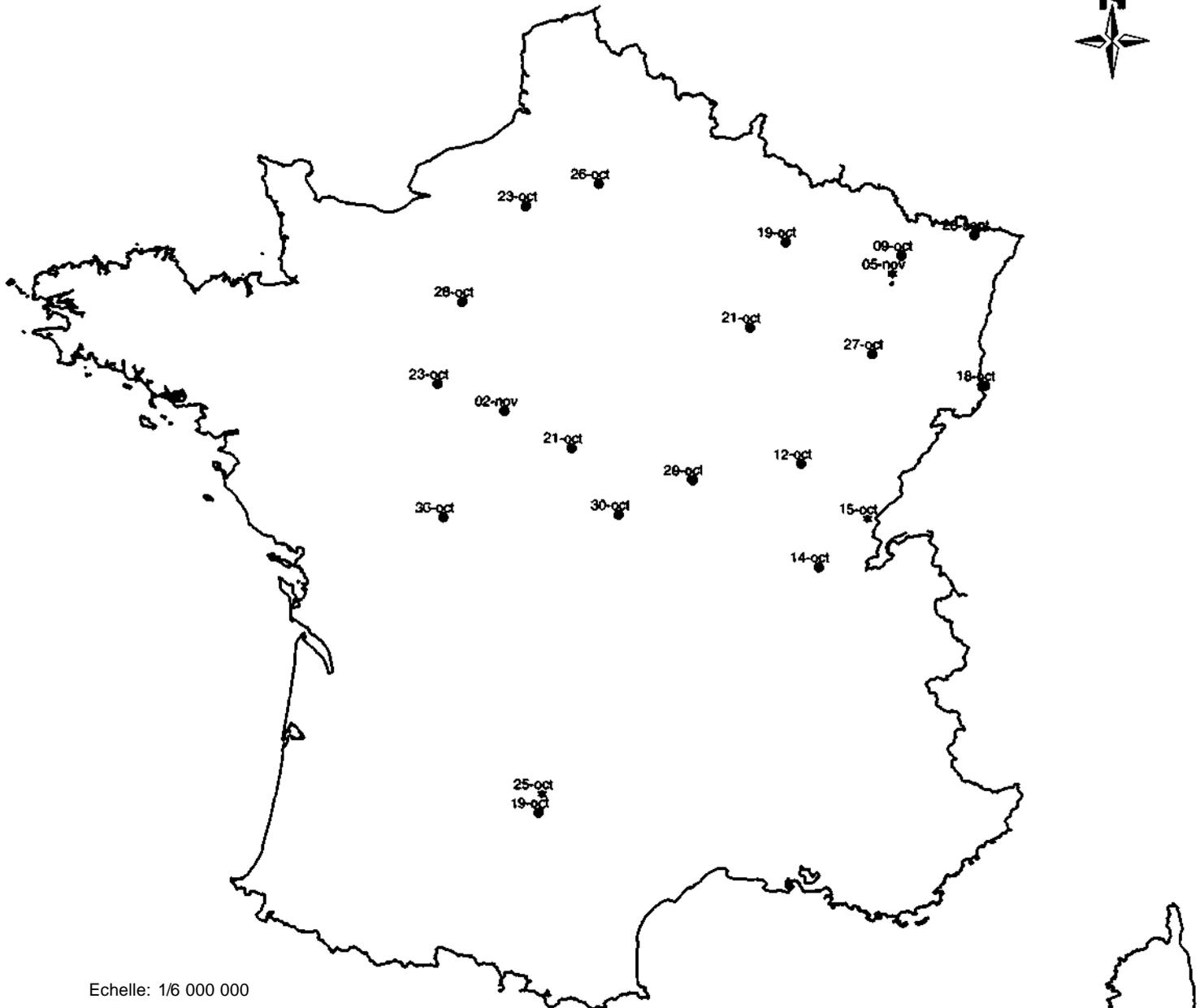


Nombre en italique: numéro du département

Stade de jaunissement: 90% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier un début de jaunissement

Source: réseau Renecofor

## DATES MOYENNES DE JAUNISSEMENT DU CHENE SESSILE



## LEGENDE

- Période: 1997-1999 (source: réseau Renecofor)  
Stade: 90% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier un début de jaunissement
- ✱ Période: 1990-1993 (source: Bréda 1994)  
Stade: chute de 50% du LAI (jaunissement du feuillage total)
- ✱ Période: 1989-1994 (source: Duchemin 1998)  
Stade: antérieur au jaunissement total

### 3.3.3. Saison de végétation

La saison de végétation dure en moyenne 200 jours en 1997 (175 à 224 jours ; amplitude 49 jours), 192 jours en 1998 (154 à 217 jours ; 63 jours) et 197 jours en 1999 (168 à 231 jours ; 63 jours) (**carte 11**). Pour 1997 et 1998, le peuplement dont la saison de végétation est la plus courte est celui de Moselle (CHS 57b) et celui dont la saison de végétation est la plus longue les chênes de l'Allier (CHS 03). En 1997, plus de la moitié des peuplements observés a une saison de végétation qui dure plus de 200 jours. Les courtes durées de végétation sont dues, pour toutes les années, à un début de débourrement tardif et à une fin de jaunissement précoce. Les longues durées sont dues à la fois à un début de débourrement précoce et à une fin de jaunissement tardive. *Les saisons de végétation les plus courtes s'observent dans le nord-est (carte 12).*

#### CARACTERISTIQUES DE LA DUREE DE LA SAISON DE VEGETATION DES 19 CHENAIES SESSILIFLORES DU RESEAU RENECOFOR

	Durée moyenne	La plus courte	La plus longue
1997	200 jours	175 jours	224 jours
1998	192 jours	154 jours	217 jours
1999	197 jours	168 jours	231 jours

Durée ; différence entre les dates correspondant au stade 10% débourrement et 90% jaunissement

L'écart-type de la durée de la saison de végétation se répartit entre 0 et 15 jours. Pour la période 1990-1993 en forêt de Champenoux, l'écart-type de la durée de la saison de végétation est de 7,6 jours. La durée de végétation varie de 171 jours, en 1991, à 188 jours, en 1993 (Bréda 1994). Les estimations satellitaires de Duchemin (1998) indiquent, pour la période 1989-1994, un écart-type supérieur, de 10,8 jours en forêt de Grésigne à 11,1 jours en forêt de Chaux. En forêt de Grésigne, la longueur de la saison de végétation varie de 197 jours, en 1991, à 208 jours, en 1989. En forêt de Chaux, elle varie de 150 jours en 1991, à 179 jours en 1989.

### 3.4. Variabilité phénologique des chênes pédoncules

#### 3.4.1. Débourrement

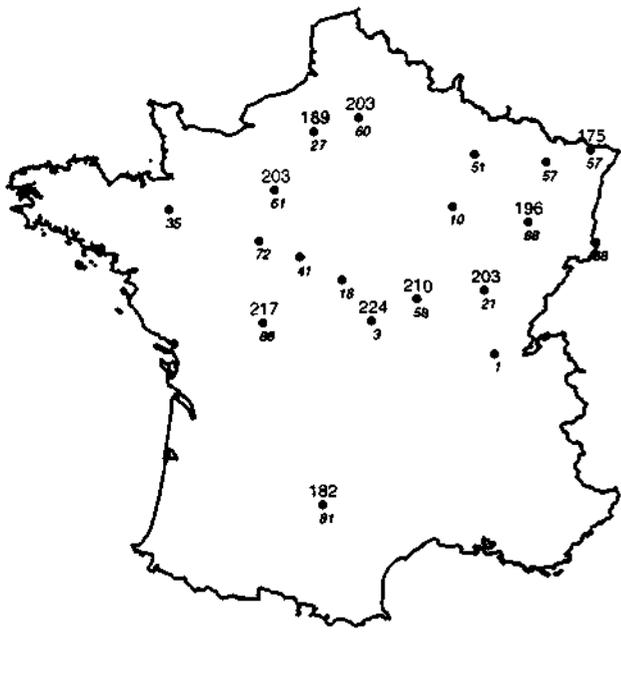
**En 1997**, le début du débourrement se produit en moyenne le 8 avril (**carte 13**). Il s'étale sur plus de 2 mois, du 17 février dans les Landes (CHP 40) au 5 mai dans la Meuse (CHP 55). Les trois autres peuplements suivis cette année débourent courant avril. Le débourrement se réalise en 7 à 35 jours (10% à 90% ; le débourrement est très étalé pour le peuplement CHP 71). Le début du débourrement est de plus en plus tardif, du sud au nord.

**En 1998**, le début du débourrement se produit en moyenne le 10 avril. Il s'étale sur un mois, du 23 mars dans les Landes (CHP 40) au 20 avril, dans le nord-est. Le débourrement se réalise en 7 à 35 jours (10% à 90% ; 35 jours pour CHP 71). Les peuplements les plus tardifs sont ceux des régions zones 2 et 6, dans le nord-est.

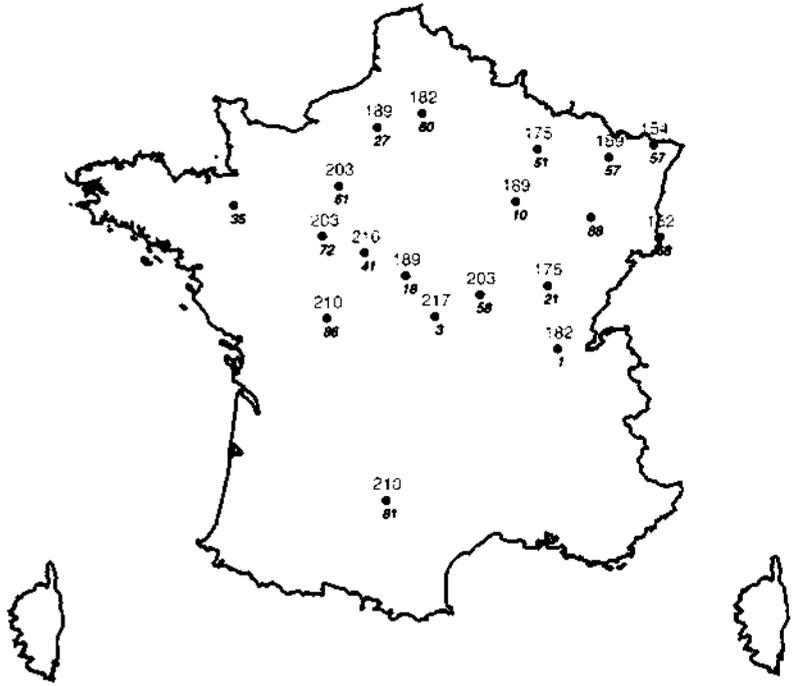
**En 1999**, le début du débourrement se produit en moyenne le 9 avril. Il s'étale sur un peu plus d'un mois, du 22 mars dans les Landes (CHP 40) et le Maine-et-Loire (CHP 49) au 26 avril en Haute-Saône (CHP 70). Le débourrement se réalise en 7 à 42 jours (10% à 90% ; 42 jours pour CHP 71). Les peuplements les plus tardifs sont toujours ceux des zones climatiques 2 et 6, ce qui est confirmé par l'ensemble des moyennes du début de débourrement. Le peuplement des Landes et celui du Maine-et-Loire sont, en moyenne, les plus précoces.

*L'ensemble des données de débourrement indique un débourrement précoce dans le sud-ouest (au mois de mars et début avril) et tardif dans le nord-est (fin avril à début mai) (carte 14).*

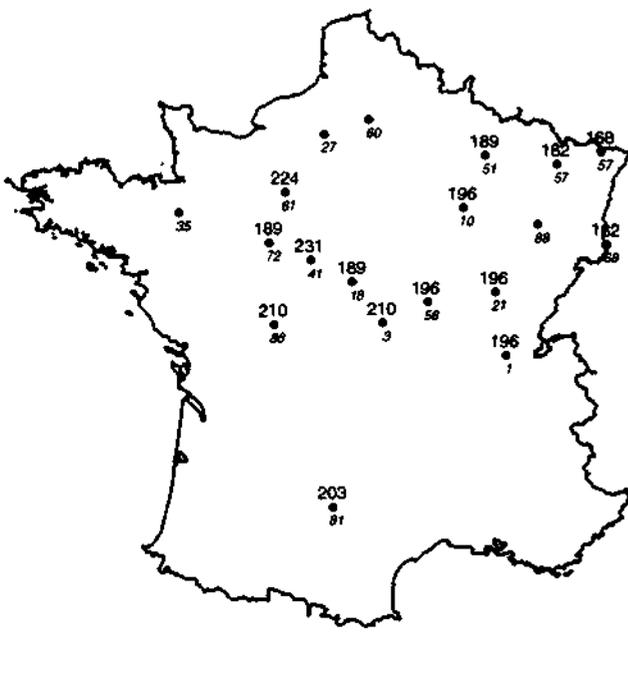
# LONGUEUR DE LA SAISON DE VEGETATION DU CHENE SESSILE EN 1997,1998 ET 1999



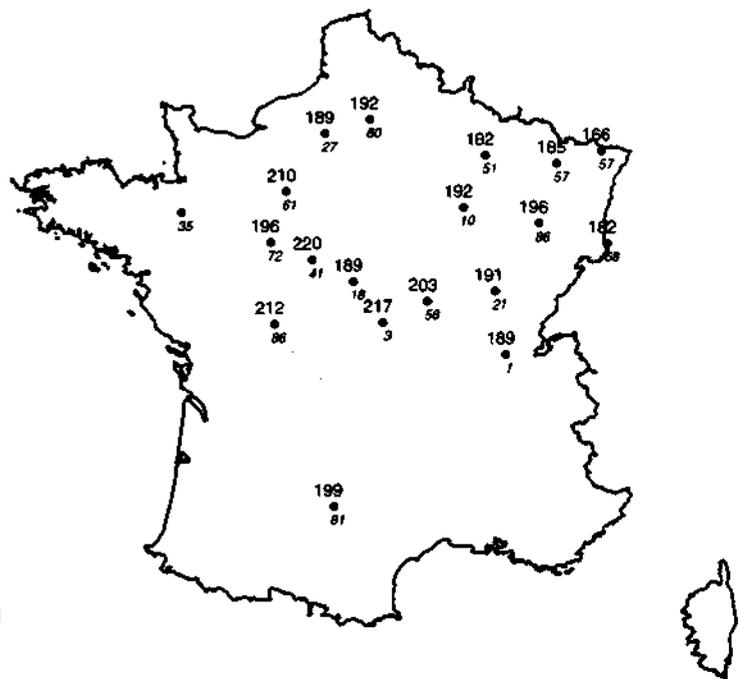
1997



1998



1999



MOYENNE

Echelle: 1/12 000 000

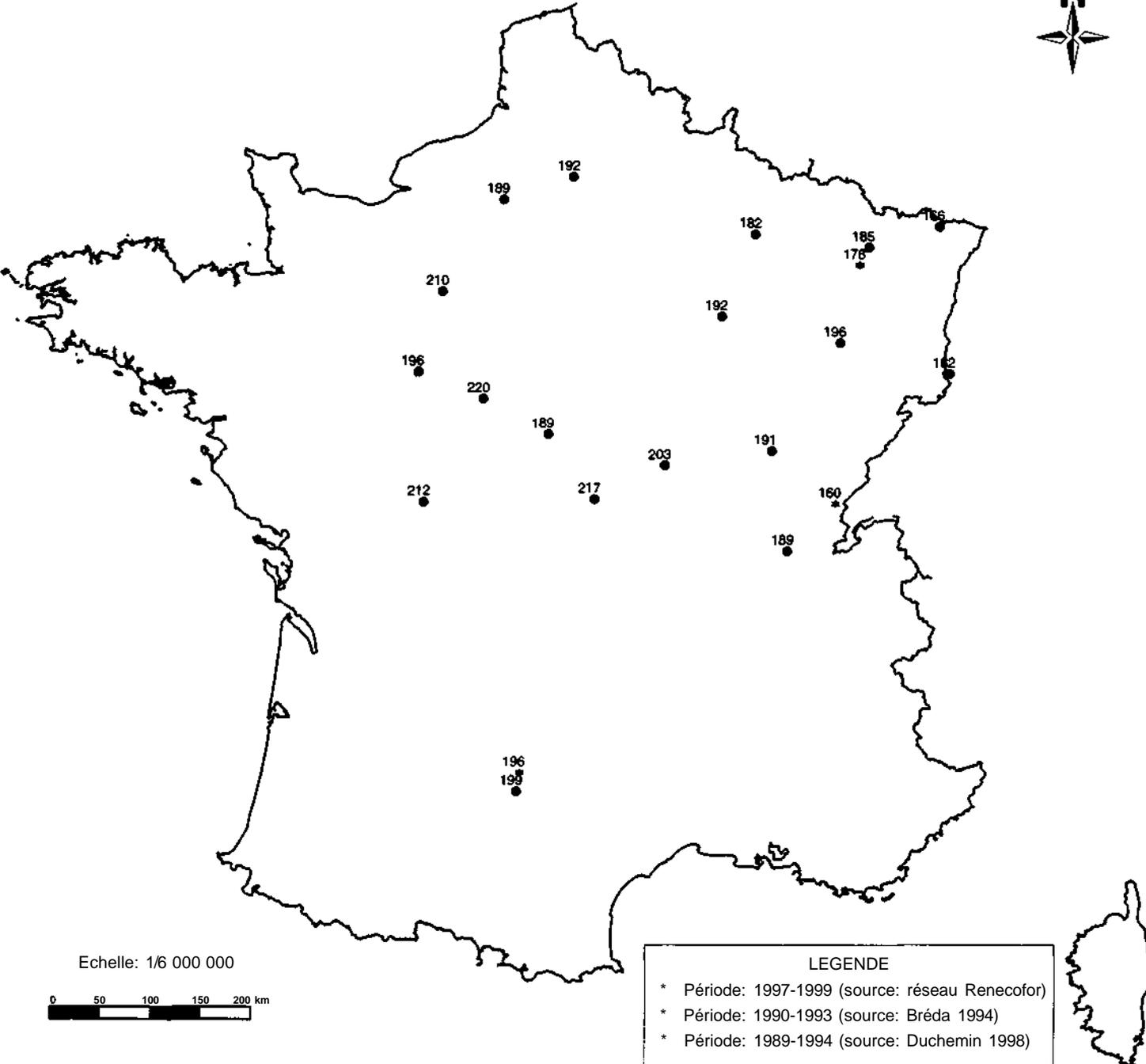


Nombre en italique: numéro du département

Longueur de saison de végétation calculée par rapport aux stades 10% de débournement et 90% de jaunissement utilisés dans le réseau Renecofor

Source: réseau Renecofor

LONGUEUR MOYENNE DE LA SAISON DE VEGETATION DU CHENE SESSILE



La longueur de la saison de végétation est calculée par rapport aux données de débournement et de jaunissement

## CARACTÉRISTIQUES DU DÉBOURREMENT DES 8 CHÊNAIES PEDONCULEES DU RESEAU RENECOFOR

	Date moyenne du début du débourrement	Durée moyenne du débourrement	Dates du début du débourrement		
			les plus fréquentes	La plus précoce	La plus tardive
1997	8 avril	35 jours		17 février	5 mai
1998	10 avril	35 jours		23 mars	20 avril
1999	9 avril	42 jours		22 mars	26 avril

Début : 10% des arbres au stade b5 sur au moins 20 à 50% du houppier

Durée : nombre de jours écoulés entre le stade 10% des arbres au stade b4 et 90% des arbres au stade b5.

Pour les trois années d'observation dans le réseau Renecofor, l'écart-type du début du débourrement varie de 1 à 19 jours. La majorité des peuplements ont cependant un écart-type du début de débourrement inférieur à 6 jours. Pour la période 1990-1993, l'écart-type du débourrement en forêt de Champenoux est de 7 jours (Bréda 1994). Le débourrement le plus précoce s'observe le 4 mai, en 1993, et le plus tardif le 21 mai, en 1991 (gelée tardive). En forêt de Laveyron, l'écart-type du débourrement est égal à 9 jours, le débourrement le plus précoce s'observant le 22 mars en 1977, et le plus tardif le 20 avril en 1973 (Comps *et al.* 1987).

3.4.2. *Sénescence*

La fin du jaunissement s'étale sur plus d'un mois, du 29 septembre au 10 novembre en 1997, du 5 octobre au 16 novembre en 1998, du 18 octobre au 22 novembre 1999. Elle se produit en moyenne le 24 octobre en 1997, le 21 octobre en 1998 et le 30 octobre en 1999 (**carte 15**). Les peuplements de la zone climatique 2, dans l'Aube (CHP 10) et le Nord (CHP 59), ainsi que le peuplement des Hautes-Pyrénées (CHP 65) présentent la fin de jaunissement la plus précoce, en moyenne. Les peuplements des Landes (CHP 40), du Maine-et-Loire (CHP 49) et de la Saône-et-Loire (CHP 71) ont la fin de jaunissement la plus tardive, en novembre généralement. Aucun gradient régional ne peut être mis en évidence. Les observations de Comps *et al.* (1987) en forêt de Laveyron, indiquent aussi un jaunissement tardif dans les Landes (stade moyen de jaunissement atteint en moyenne le 17 novembre).

## CARACTERISTIQUES DE LA SENESCENCE DES 8 CHENAIES PEDONCULEES DU RESEAU RENECOFOR

	Date moyenne de la fin du jaunissement	Dates de la fin du jaunissement		
		les plus fréquentes	La plus précoce	La plus tardive
1997	24 octobre		29 septembre	10 novembre
1998	21 octobre		5 octobre	16 novembre
1999	30 octobre		18 octobre	22 novembre

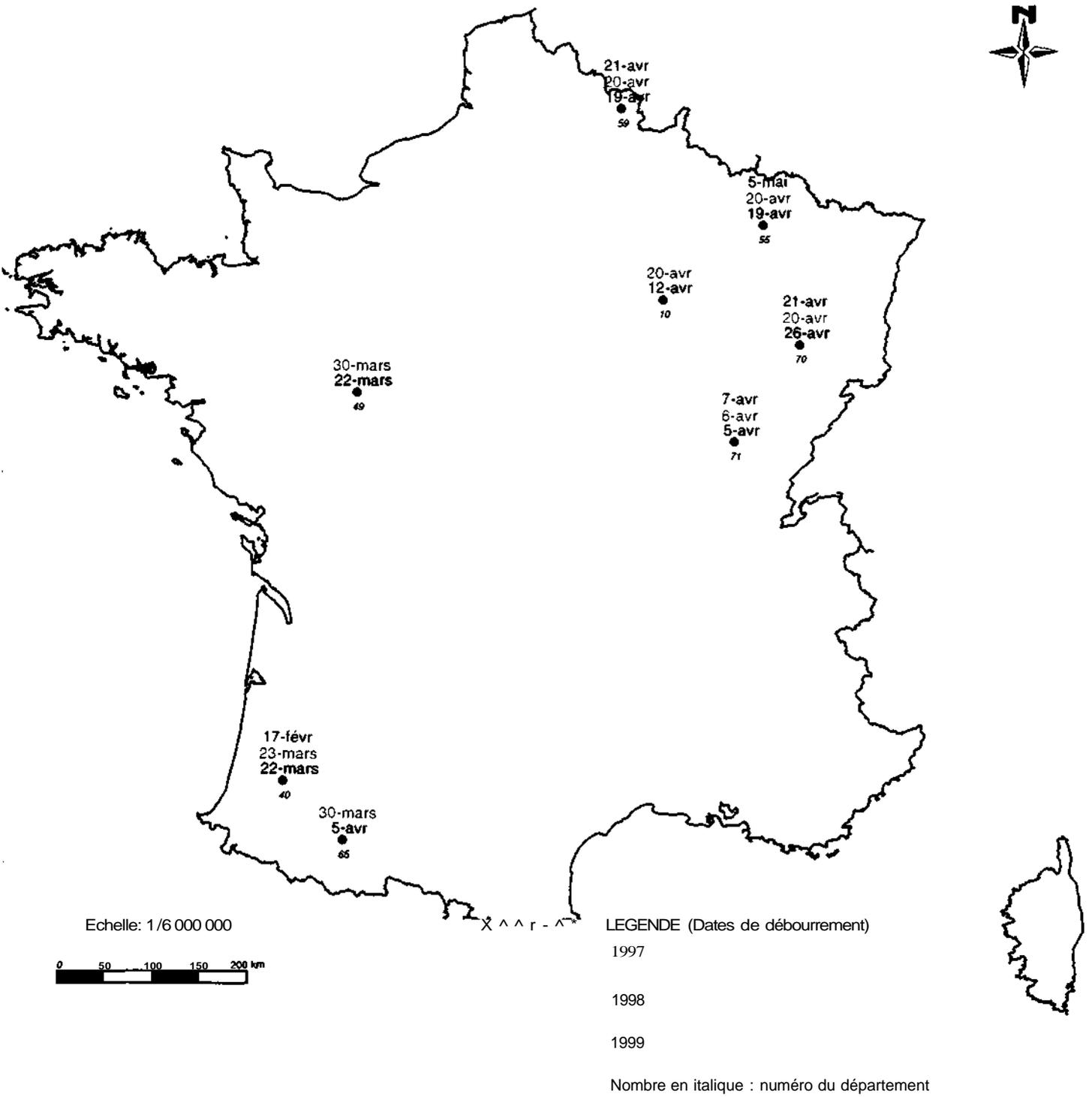
Fin : 90% des arbres présentent un début de jaunissement sur au moins 20 à 50% du houppier

3.4.3. *Saison de végétation*

En **1997**, la saison de végétation dure en moyenne 199 jours (**carte 16**). Elle va de 161 jours dans le Nord (CHP 59) à 266 jours dans les Landes (CHP 40). Sa longueur varie donc de 105 jours. Pour cette année, on peut noter que la durée de végétation diminue du sud au nord.

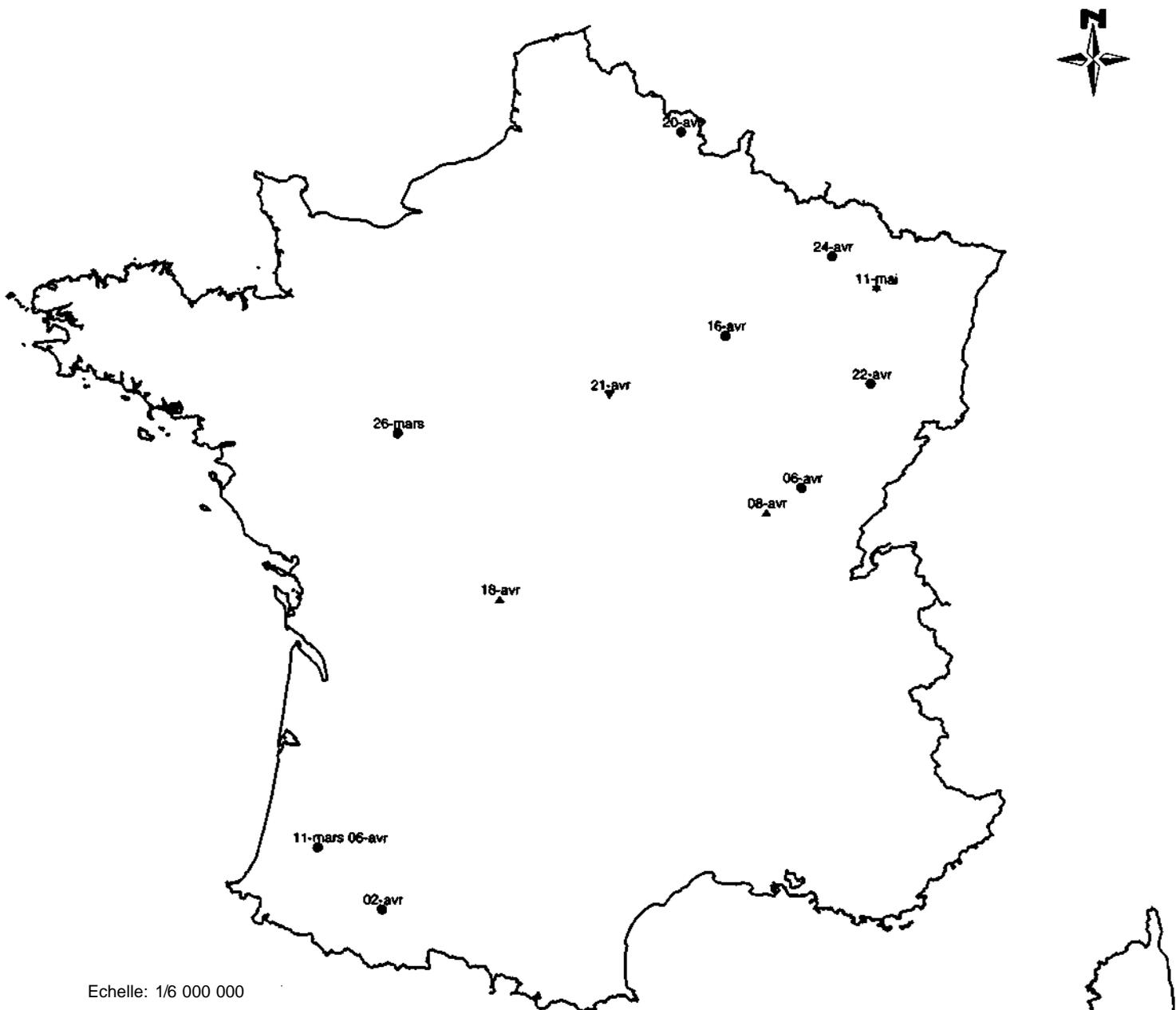
En **1998**, la saison de végétation dure en moyenne 194 jours. Elle va de 168 jours dans le Nord (CHP 59) et l'Aube (CHP 10) à 238 jours dans les Landes (CHP 40). Sa longueur varie donc de 70 jours. Si l'on excepte le peuplement CHP 65, on peut aussi noter une durée de végétation de moins en moins longue du sud au nord.

# DATES DE DEBOURREMENT DU CHENE PEDONCULE EN 1997, 1998 ET 1999



Stade de débournement : 10% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier des bourgeons ouverts (stade b5)

### DATES MOYENNES DE DEBOURREMENT DU CHENE PEDONCULE



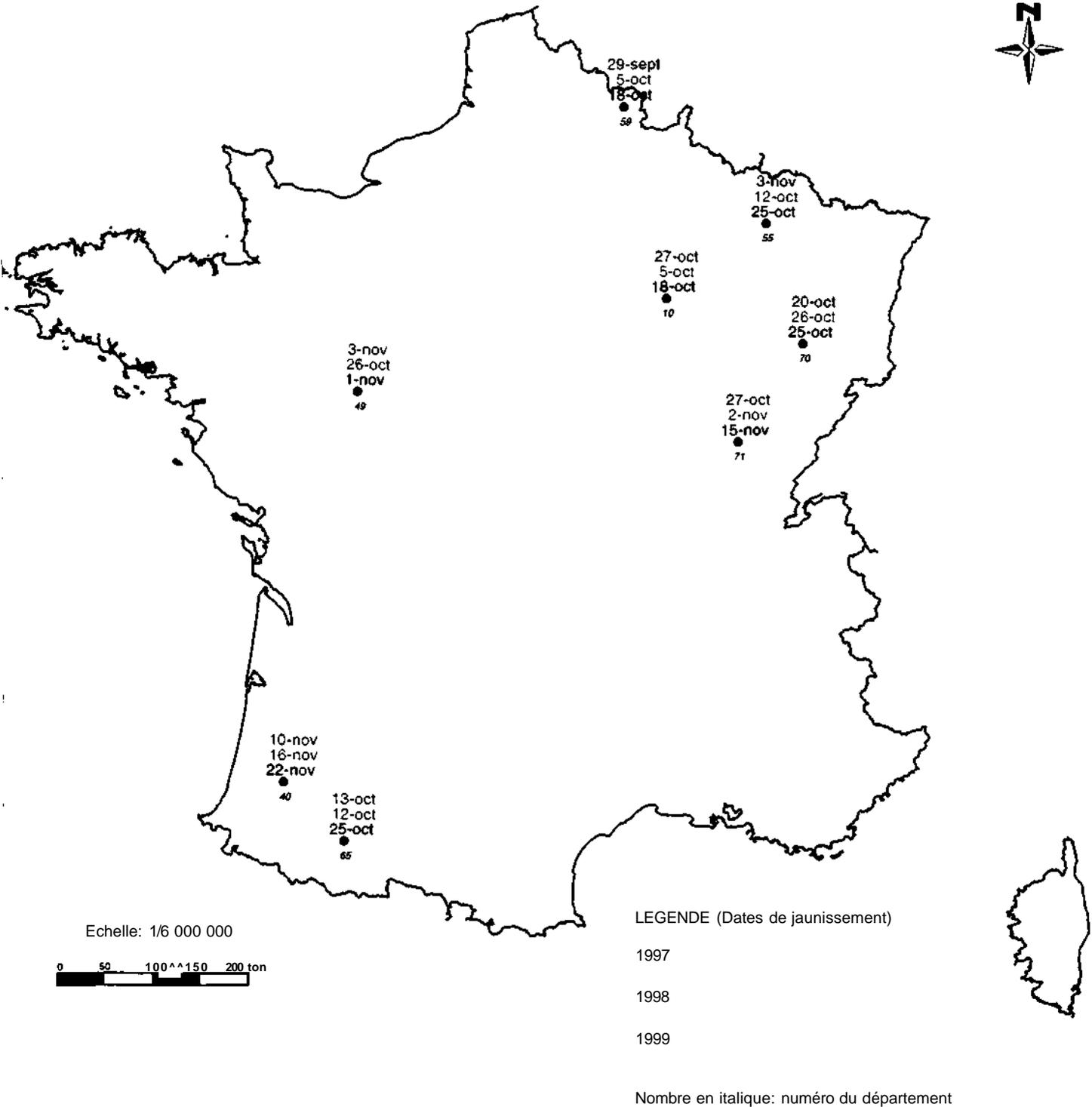
Echelle: 1/6 000 000



**LEGENDE**

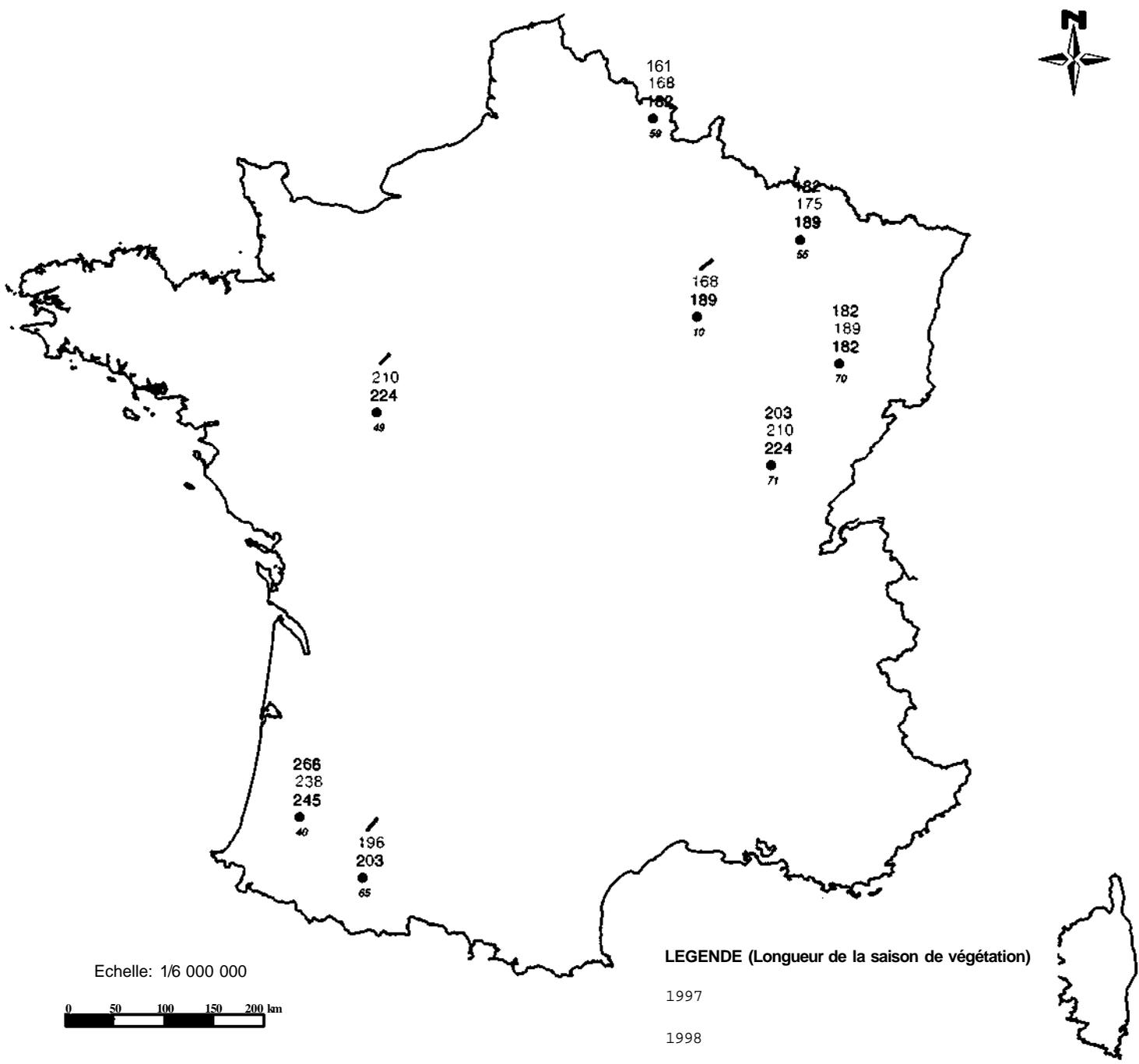
- Période: 1997-1999 (source: réseau Renecofor)  
Stade: 10% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier des bourgeons ouverts (stade b5)
- Période: 1973-1979 (source: Comps et al. 1987)  
Stade: seuil 50% d'arbres au stade b5 du réseau Renecofor
- ▼ Période: 1881 et 1885 (source: Barres)  
Stade: feuillaison
- ★ Période: 1990-1993 (source: Bréda 1994)  
Stade: stade b5 du réseau Renecofor
- ▲ Période: 1994 (source: D.S.F.)  
Stade: inconnu

DATES DE JAUNISSEMENT DU CHENE PEDONCULE EN 1997, 1998 ET 1999



Stade de jaunissement : 90% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier un début de jaunissement

LONGUEUR DE LA SAISON DE VEGETATION DU CHENE PEDONCULE EN 1997, 1998 ET 1999



LEGENDE (Longueur de la saison de végétation)

- 1997
- 1998
- 1999

Nombre en italique: numéro du département

Longueur de saison de végétation calculée par rapport aux stades 10% de débourrement et 90% de jaunissement utilisés dans le réseau Renecofor

En 1999, la saison de végétation dure en moyenne 205 jours. Elle va de 182 jours dans le Nord (CHP 59) et la Haute-Saône (CHP 70) à 245 jours dans les Landes (CHP 40). Sa longueur varie donc de 63 jours. Cette année encore apparaît une tendance à une durée de végétation plus longue vers le sud.

CARACTÉRISTIQUES DE LA DURÉE DE LA SAISON DE VEGETATION  
DES 8 CHENAIES PEDONCULEES DU RESEAU RENECOFOR

	Durée moyenne	La plus courte	La plus longue
1997	199 jours	161 jours	266 jours
1998	194 jours	168 jours	238 jours
1999	205 jours	182 jours	245 jours

Durée : différence entre les dates correspondant au stade  
10% débourrement et 90% jaunissement

*Les moyennes de la durée de saison de végétation confirment que les sites les plus au nord ont une saison de végétation plus courte.* La différence entre les extrêmes est d'environ 80 jours. Les peuplements des Landes (CHP 40), du Maine-et-Loire (CHP 49) et de Saône-et-Loire (CHP 71) possèdent, en moyenne, les saisons de végétation les plus longues (supérieures à 200 jours), ce qui est dû à la fois à un début de débourrement précoce et à une fin de jaunissement tardive. Les peuplements des zones climatiques 2 et 6, dans le nord-est, ont la plus courte saison de végétation (entre 170 et 184 jours), ce qui s'explique par un début de débourrement tardif dans ces zones et par une fin de jaunissement précoce pour les peuplements de la zone 2.

### 3.5. Comparaison de la phénologie des feuillus

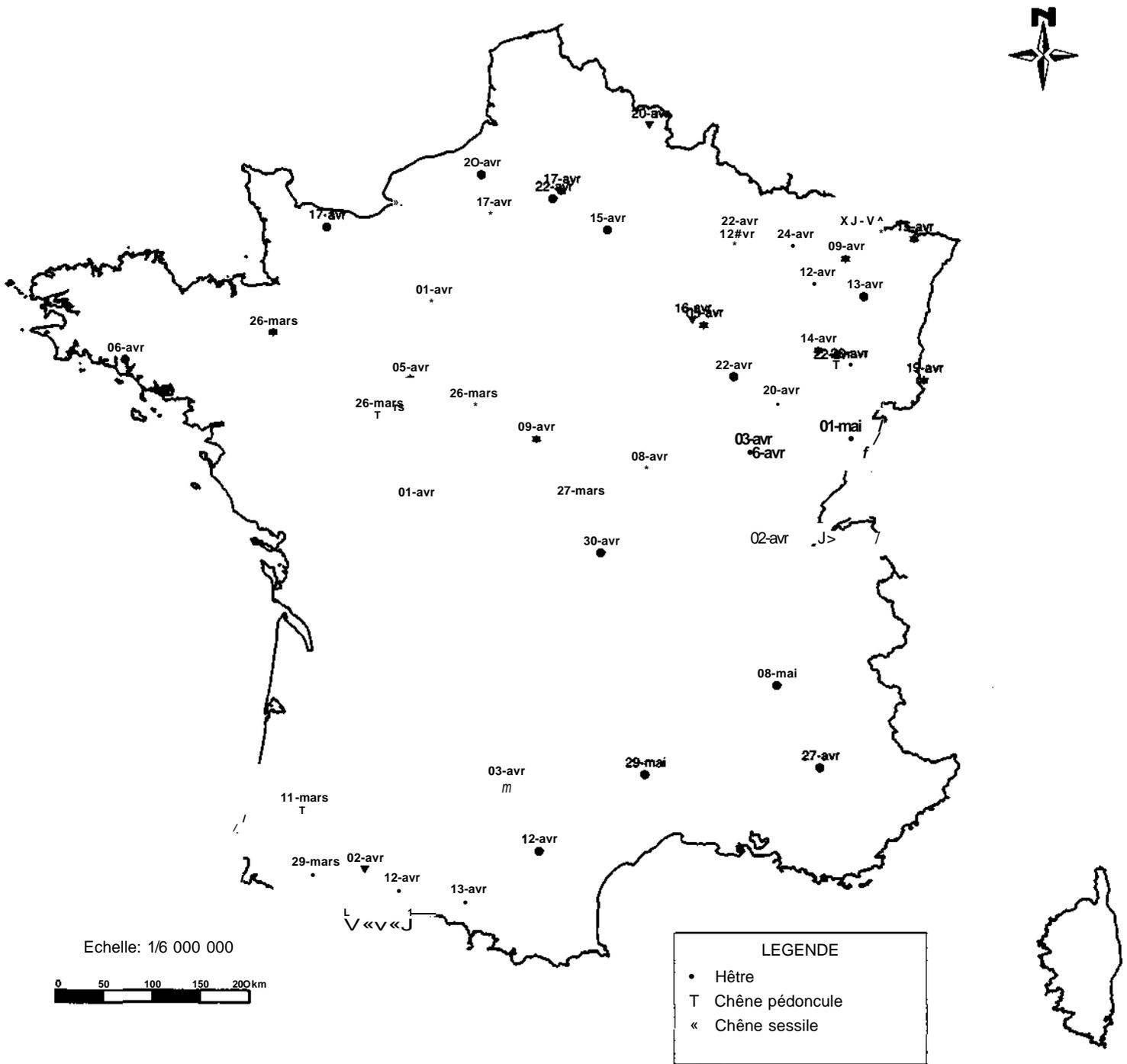
Les valeurs moyennes des événements phénologiques des données feuillues du réseau RENECOFOR sont présentées dans le **tableau ci-dessous** et dans **les cartes 17 à 19**.

**Dates moyennes des événements phénologiques pour les peuplements feuillus du réseau RENECOFOR (moyenne des années 1997 à 1999 ; tous sites et toutes régions confondus)**

	Débourrement (carte 17)	Jaunissement (carte 18)	Saison de végétation (carte 19)
Chêne sessile	6 avril	21 octobre	196 jours
Chêne pédoncule	9 avril	25 octobre	199 jours
Hêtre	22 avril	10 octobre	179 jours

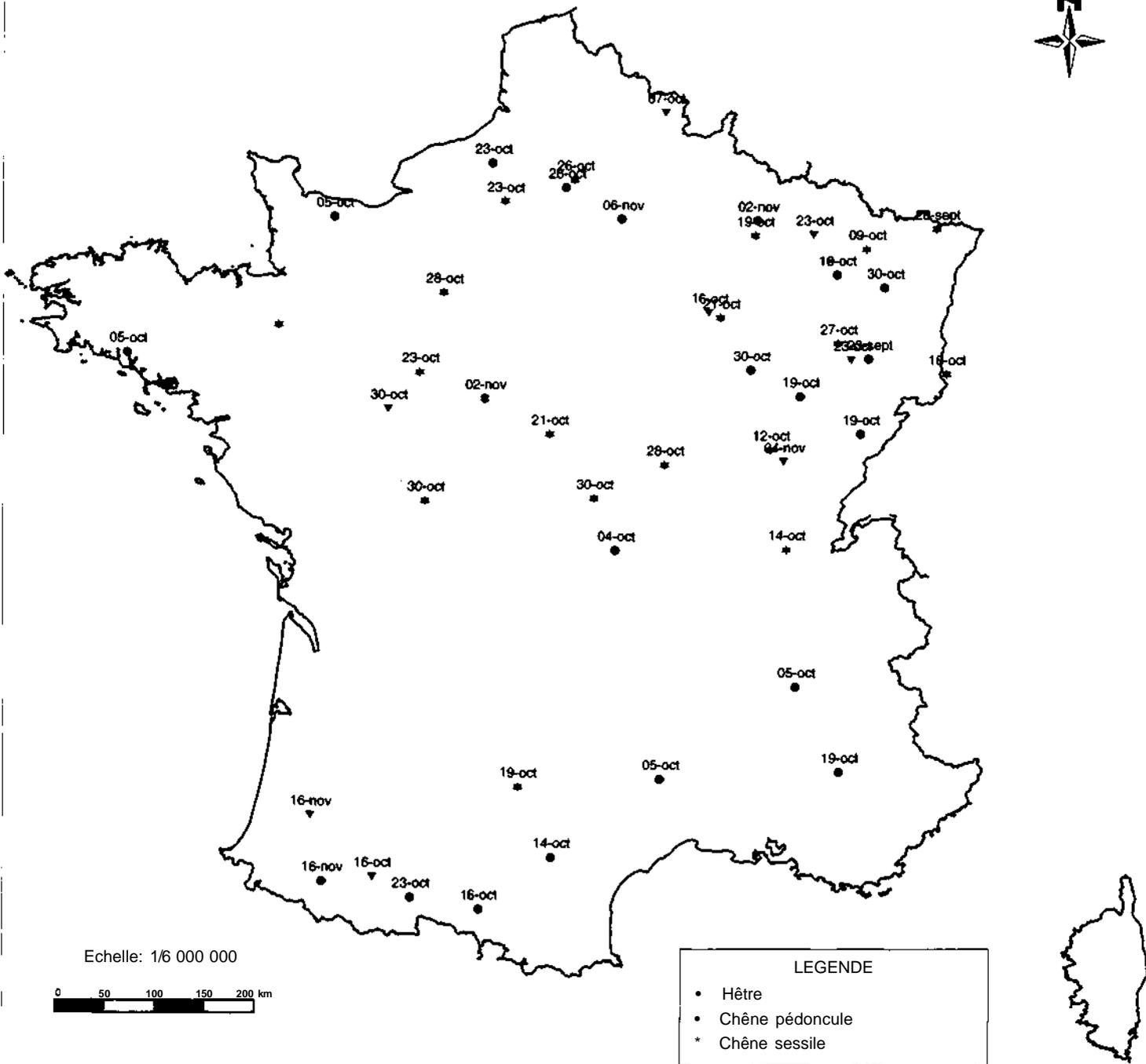
*En moyenne, le chêne sessile commence à débourrer vers le 6 avril et le chêne pédoncule vers le 9 avril. Le hêtre apparaît plus tardif avec un débourrement vers la fin avril.* Comme déjà observé par Bréda (1994) en forêt de Champenoux, il semble donc que le chêne sessile soit légèrement plus précoce que le chêne pédoncule. En Creuse, dans la région d'Aubusson, en 1961 et 1963, les données de Lavarenne-Allary (1965) indiquent une précocité plus grande du chêne ou du hêtre suivant les conditions climatiques printanières. Ainsi, le débourrement du hêtre est plus précoce que celui du chêne si le printemps est froid, tandis que le chêne est plus précoce que le hêtre pour des printemps doux. Les données de Dupouey et Behr (non publiées) en forêt d'Amance et de Haye, en Meurthe-et-Moselle, mettent en évidence un débourrement légèrement plus tardif (en moyenne 3 à 5 jours) pour le chêne que pour le hêtre. Cependant, ce n'est pas le cas toutes les années. L'analyse des estimations satellitaires pour le débourrement du chêne sessile et du hêtre de Duchemin (1998), dans le nord-est de la France (forêts de Chauv et de Haye), met aussi en relief des différences dans la phénologie de ces deux espèces : sur la période 1989-1994, le hêtre débourre en moyenne 6 jours plus tôt que le chêne sessile. Les

# DATES MOYENNES DE DEBOURREMENT DU HÊTRE, DU CHENE SESSILE ET DU CHENE PEDONCULE POUR LA PERIODE 1997-1999



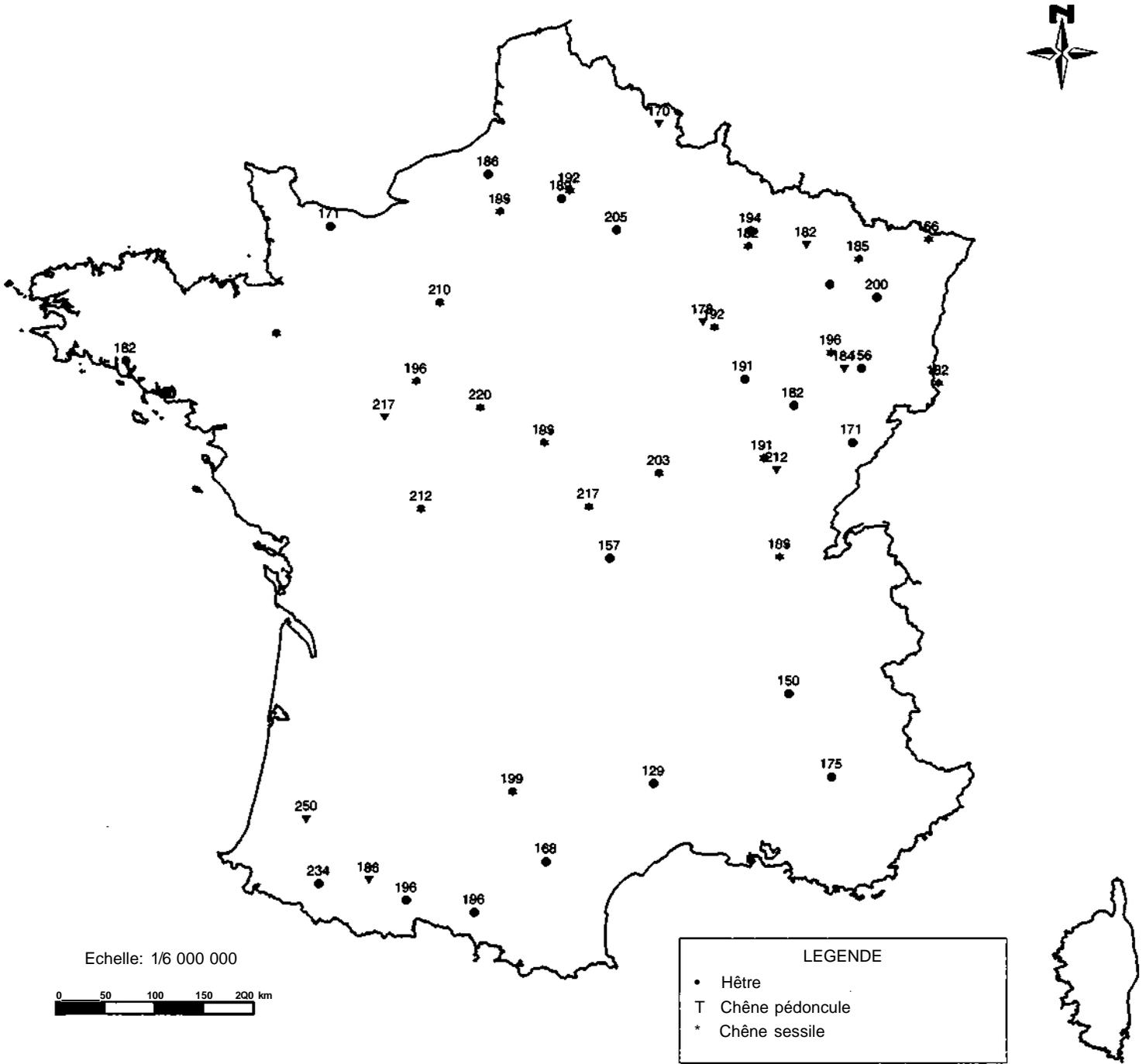
DATES MOYENNES DE JAUNISSEMENT DU HÊTRE, DU CHÊNE SESSILE ET DU CHÊNE PEDONCULE

POUR LA PERIODE 1997-1999



Stade de jaunissement: 90% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier un début de jaunissement

LONGUEUR MOYENNE DE LA SAISON DE VEGETATION DU HETRE, DU CHENE SESSILE  
ET DU CHENE PEDONCULE POUR LA PERIODE 1997-1999



Longueur de saison de végétation calculée par rapport aux stades 10% de débournement et 90% de jaunissement utilisés dans le réseau Renecofor

observations de Courbet (1981) sur le hêtre et le chêne pubescent, au Jardin botanique du C.N.R.F. de Champenoux montrent un débourrement plus précoce de 2 jours en moyenne pour le hêtre. Les données de Comps *et al.* (1987) en forêt de Laveyron, dans les Landes, indiquent que le chêne pédoncule est plus précoce que le hêtre, pour toutes les années d'observation, de 12 jours en moyenne. Le classement de précocité du hêtre et du chêne varie donc suivant les régions, le chêne ayant tendance à débourrer plus tôt que le hêtre lorsque le printemps est doux, et plus tard lorsque le printemps est froid. Les observations réalisées au Mont-Ventoux par Du Merle (1983) montrent que le chêne vert est plus tardif que le chêne pubescent, d'environ 20 jours.

***En ce qui concerne la fin de saison, le jaunissement du chêne sessile se termine en moyenne vers le 21 octobre et celui du chêne pédoncule 4 jours plus tard soit, en moyenne, le 25 octobre. Pour le hêtre, la fin du jaunissement est, en moyenne, le 19 octobre.*** Les données de Dupouey et Behr (non publiées) en forêt d'Amance et de Haye, en Meurthe-et-Moselle, mettent en évidence un jaunissement plus précoce de 10 jours pour le hêtre que pour le chêne. L'analyse des estimations satellitaires du chêne sessile et du hêtre de Duchemin (1998) dans le nord-est de la France (forêts de Chauv et de Haye) met en relief des différences dans la phénologie de ces deux espèces: sur la période 1989-1994, le jaunissement du hêtre intervient en moyenne 6 jours plus tôt. Les données de Comps *et al.* (1987) en forêt de Laveyron, dans les Landes, indiquent un jaunissement plus précoce de 15 jours en moyenne (sur la période 1973-1980) pour le hêtre que pour le chêne pédoncule.

***La longueur de la saison de végétation est d'environ 196 jours pour le chêne sessile, 199 jours pour le chêne pédoncule et 179 jours pour le hêtre.*** Les observations de Dupouey et Behr (non publiées) en forêt d'Amance et de Haye mettent en évidence une saison de végétation plus courte pour le hêtre que pour le chêne, de 4 et 7 jours respectivement. Les données de Comps *et al.* (1987) en forêt de Laveyron montrent une saison de végétation plus courte de 27 jours pour le hêtre que pour le chêne pédoncule. Enfin, l'analyse des estimations satellitaires du chêne sessile et du hêtre de Duchemin (1998) dans le nord-est de la France (forêts de Chauv et de Haye) montre que la longueur du cycle phénologique, environ 160 jours, est la même pour les deux espèces.

**La comparaison du hêtre et des chênes suggère, pour le hêtre :**

- \* Un débourrement plus tardif de l'ordre de 15 jours
- \* Un jaunissement plus précoce de 5 à 10 jours
- \* Un saison de végétation plus courte de 10 à 20 jours

### 3.6. Variabilité du débourrement des résineux

#### 3.6.1. *Le sapin pectine*

**En 1997**, le début du débourrement se produit en moyenne le 6 mai (**carte 20**). Il s'étale sur un peu plus d'un mois, du 14 avril dans l'Aude (SP 11) au 19 mai dans le Doubs (SP 25) et l'Isère (SP 38). La majorité des peuplements commence à débourrer entre le 5 et le 19 mai. Le débourrement se réalise en moins d'une semaine à 21 jours (10% à 90%). Aucun gradient régional particulier ne peut être mis en évidence, les sites les plus précoces se situant au sud et au nord-est. **En 1998**, le début du débourrement se produit en moyenne le 12 mai. Il s'étale sur un mois, du 27 avril dans l'Aude (SP 11) et le Haut-Rhin (SP 68) au 25 mai dans l'Isère (SP 38). **En 1999**, le début du débourrement se produit en moyenne le 14 mai. Il s'étale sur plus d'un mois, du 12 avril dans l'Ariège (SP 09) au 21 juin dans l'Isère (SP 38). Pour ces deux années, le débourrement se réalise en moins d'une semaine à 14 jours (10% à 90%). Aucun gradient régional ne peut être mis en évidence. Cependant, on peut remarquer que les peuplements situés dans l'Aude (SP 11) et l'Ariège (SP 09) au sud de la France, et dans la Moselle au Nord-Est (SP 57) sont toujours les plus précoces, tandis que le peuplement situé dans l'Isère (SP 38) est toujours le plus tardif.

L'écart-type des dates de début de débourrement, pour les trois années d'observation varie de 1 à 18 jours. Plus des deux tiers des peuplements ont un écart-type du début de débourrement inférieur ou égal à 7 jours.

#### 3.6.2. *L'épicéa commun*

**En 1997**, le début du débourrement se produit en moyenne le 7 mai (**carte 21**). Il s'étale sur plus d'un mois et demi, du 7 avril dans le Tarn (EPC 81) au 26 mai dans le Jura (EPC 39b). La majorité des peuplements commence à débourrer début mai. Le débourrement se réalise en une à trois semaines (10% à 90%). Le début du débourrement est plus précoce d'un mois pour le peuplement méridional EPC 81. L'ensemble des autres peuplements ne montre pas de gradient de débourrement particulier. **En 1998 et 1999**, le début du débourrement se produit en moyenne le 12 mai. Il s'étale sur un peu plus d'un mois, à partir du 27 avril 1998 dans l'Hérault (EPC 34) jusqu'au 1 juin 1998 dans le Jura (EPC 39b), et à partir du 19 avril 1999 dans l'Hérault jusqu'au 31 mai 1999 dans le Jura. Le débourrement se réalise en une à deux semaines (10% à 90%). Les peuplements du sud de la France apparaissent plus précoces que ceux de l'est. Le peuplement EPC 39b, situé dans le Jura, est toujours le plus tardif. Toutefois, si Ton considère l'ensemble des sites de l'est, il n'apparaît pas clairement de gradient de précocité régional. Les peuplements de la zone climatique 6 sont toujours parmi les plus précoces.

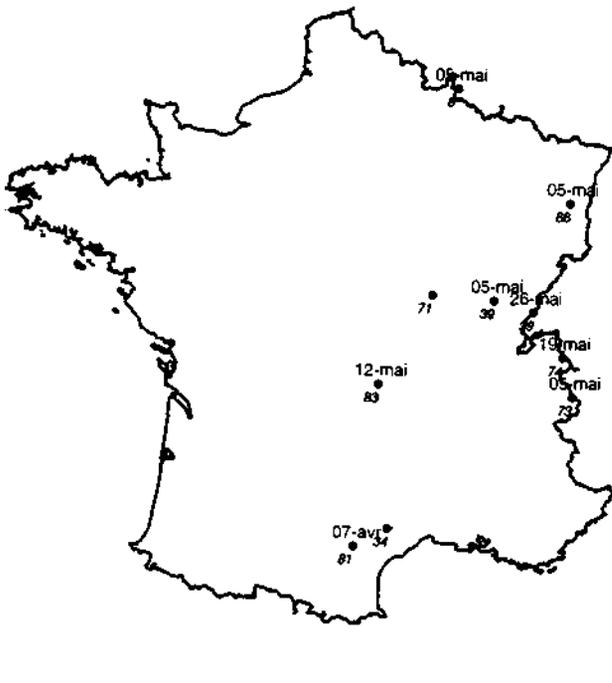
#### 3.6.3. *Les pins maritime et sylvestre*

Pour les observations sur le *pin maritime*, le début de débourrement se produit en moyenne le 24 avril **en 1997** (**carte 22**). Les peuplements commencent à débourrer au cours de la deuxième quinzaine d'avril à l'ouest (du 14 au 28 avril), et le 12 mai en Corse. Le débourrement se réalise en 7 à 21 jours (10% à 90%). **En 1998**, le début du débourrement se produit en moyenne le 29 avril. Les peuplements commencent à débourrer entre le 20 avril et le 11 mai. Le site Corse est cette année un des plus précoces. Pour chaque peuplement, le débourrement se réalise en 7 à 14 jours. Aucun gradient régional ne peut être mis en évidence en 1997 et 1998. **En 1999**, le début du débourrement se produit en moyenne le 27 avril. Les peuplements commencent à débourrer le 13 avril dans la Sarthe (PM 72) et le 10 mai en Corse (PM 20). Le débourrement se réalise en 7 à 14 jours. On peut noter cette année un gradient nord-sud de la précocité du débourrement, les sites les plus au nord ayant un débourrement plus précoce.

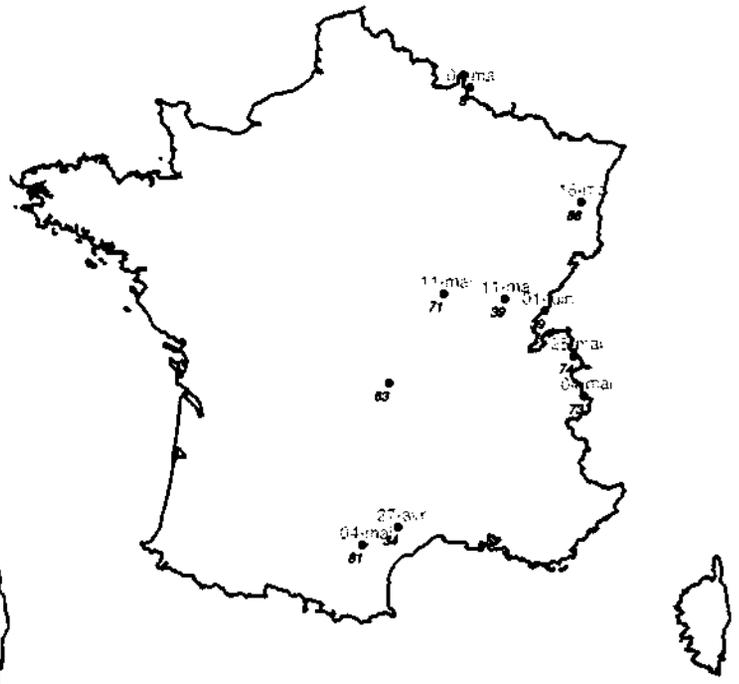
Pour les observations sur le *pin sylvestre*, le début du débourrement se produit en moyenne le 1 mai **en 1997** (**carte 23**). Il s'étale sur un mois et trois semaines, du 31 mars en Seine-Maritime (PS 76) au 19 mai dans le Loiret (PS 45). Le débourrement se réalise en 7 à 21 jours (10% à 90%). **En 1998**, le début du débourrement se produit en moyenne le 3 mai. Il s'étale aussi sur un mois et trois semaines, du 20 avril en Seine-Maritime (PS 76) au 11 mai. Il se réalise en 7 à 28 jours. **En 1999**, le début du débourrement se produit en moyenne le 3 mai. Il s'étale sur un peu plus d'un mois, du 19 avril dans le Loir-et-Cher (PS 41) au 24 mai dans les Basses-Alpes (PS



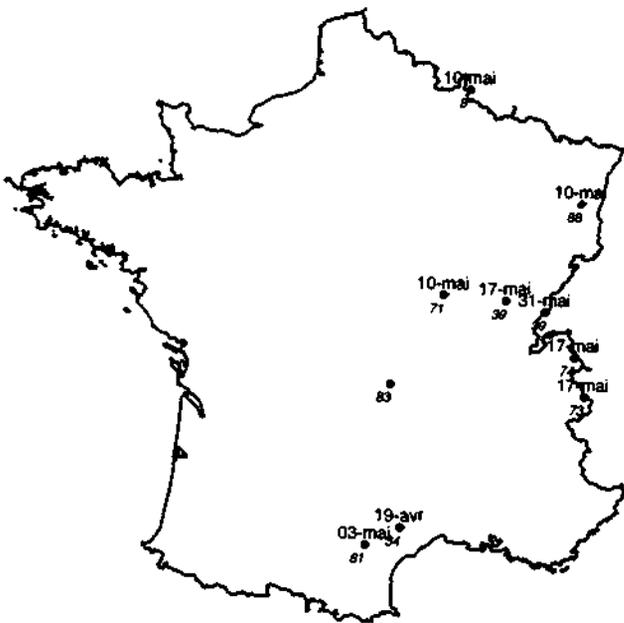
DATES DE DEBOURREMENT DE L'EPICEA EN 1997, 1998 ET 1999



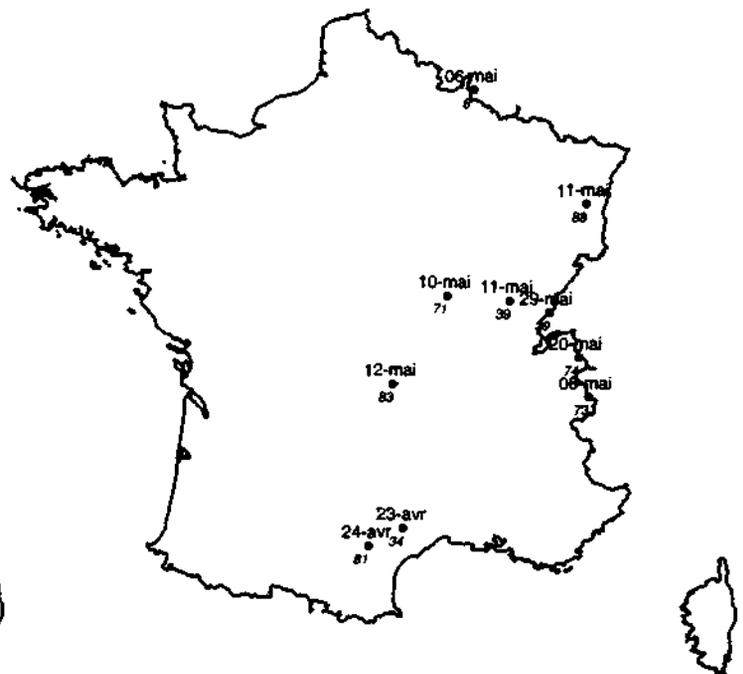
1997



1998



1999



MOYENNE

Echelle: 1/12 000 000

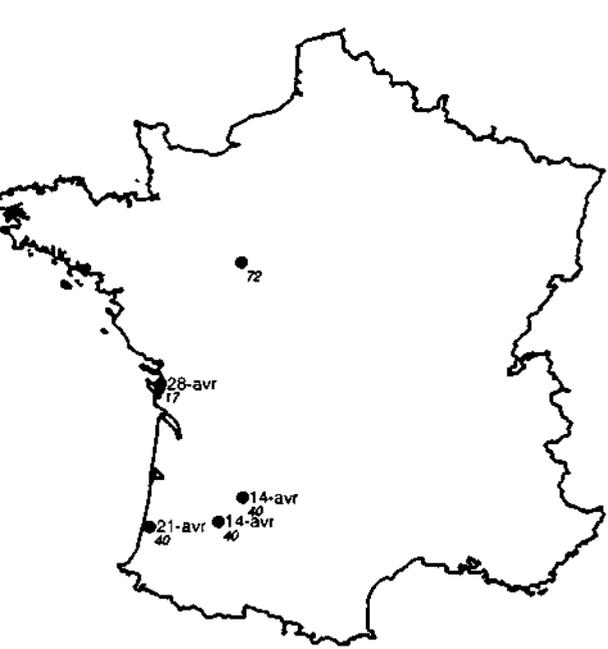


Nombre en italique: numéro du département

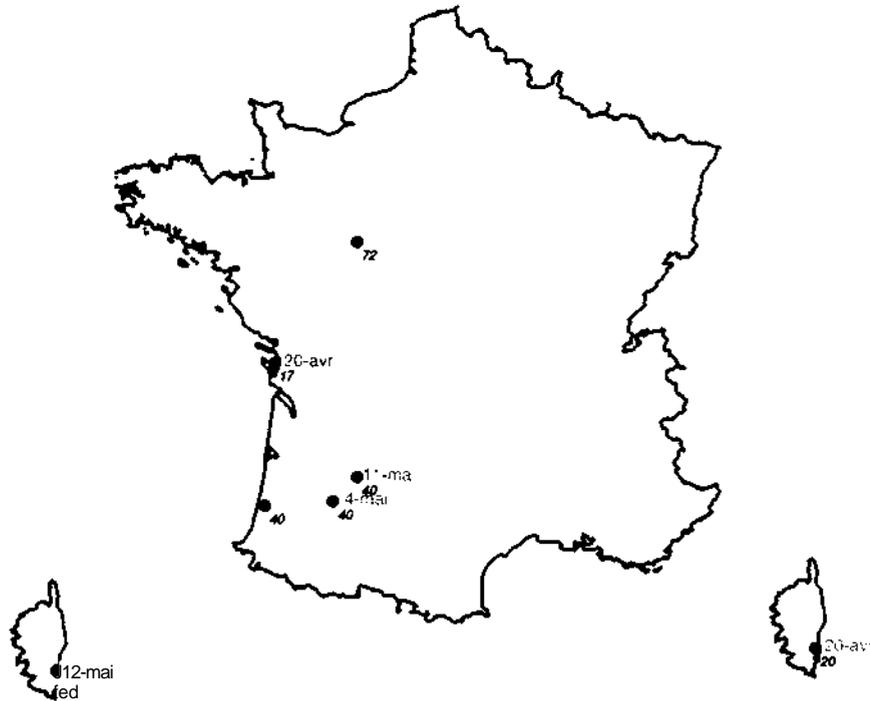
Stade de débourrement: 10% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier des bourgeons ouverts (stade b3)

Source: réseau Renecofor

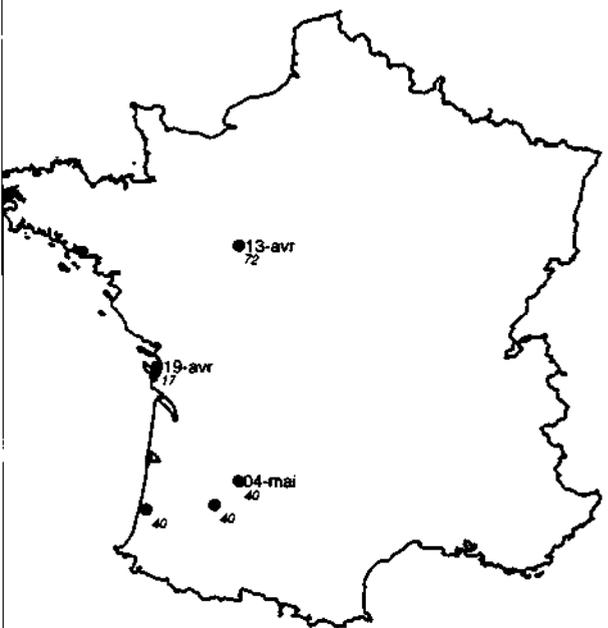
DATES DE DEBOURREMENT DU PIN MARITIME EN 1997,1998 ET 1999



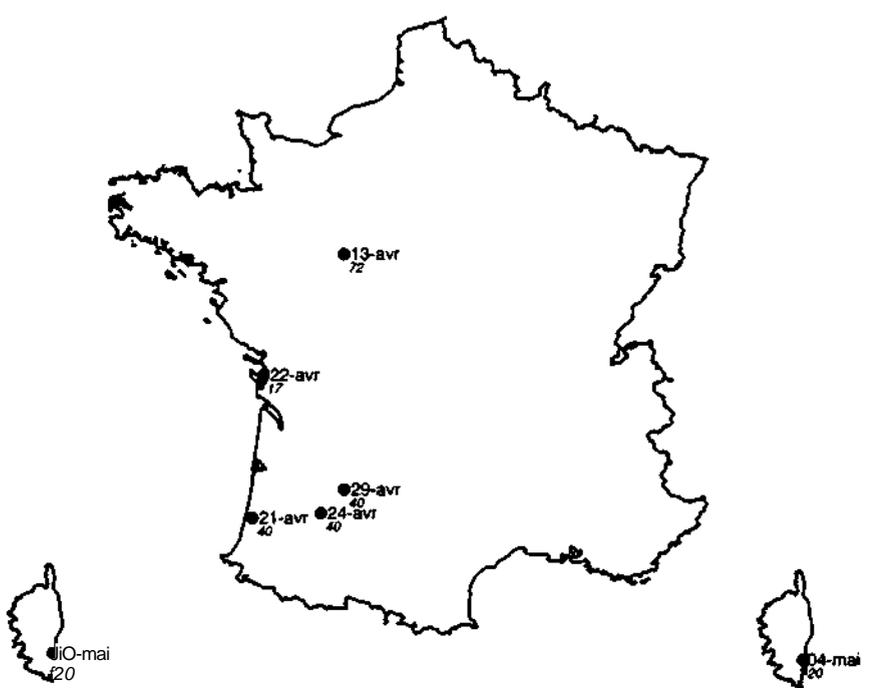
1997



1998



1999



MOYENNE

Echelle: 1/12 000 000

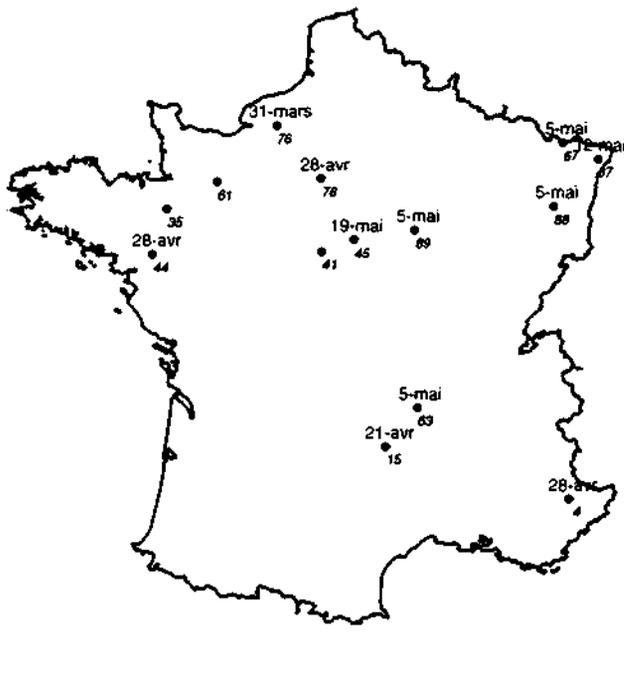


Nombre en italique: numéro du département

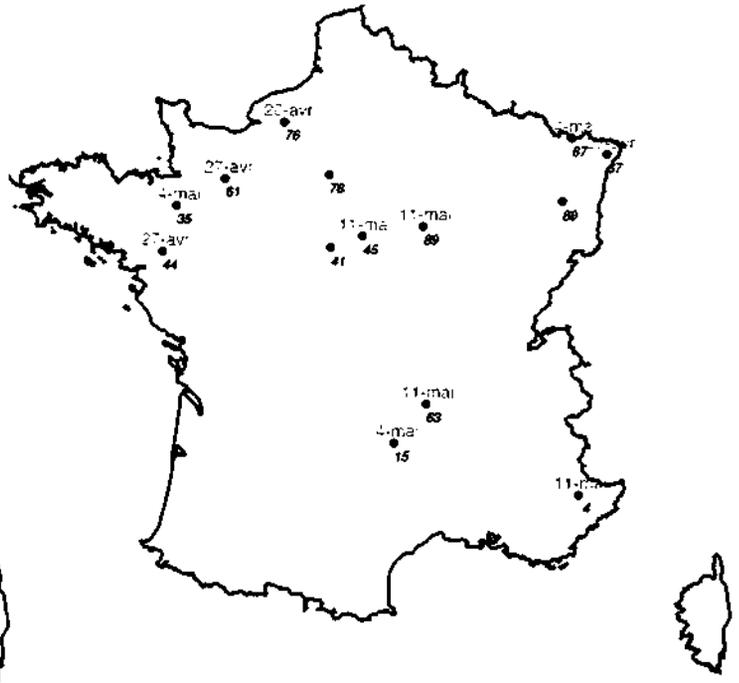
Stade de débourrement: 10% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier des bourgeons ouverts (stade b4)

Source: réseau Renecofor

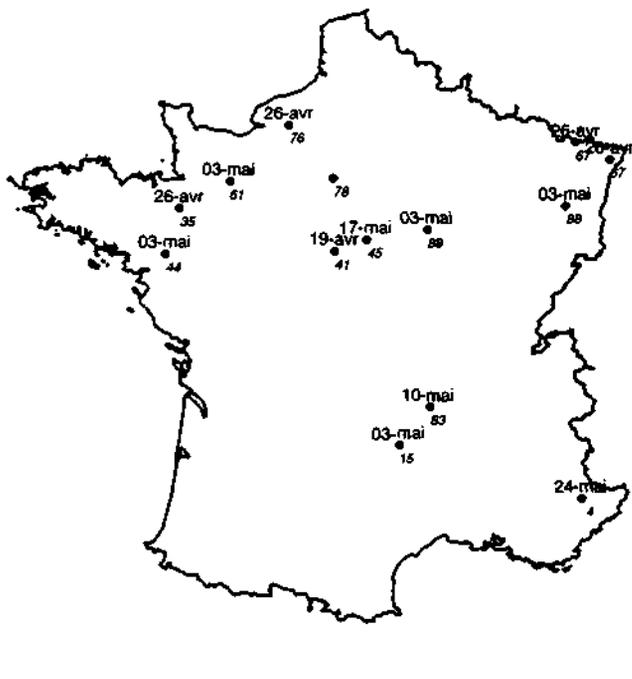
DATES DE DEBOURREMENT DU PIN SYLVESTRE EN 1997, 1998 ET 1999



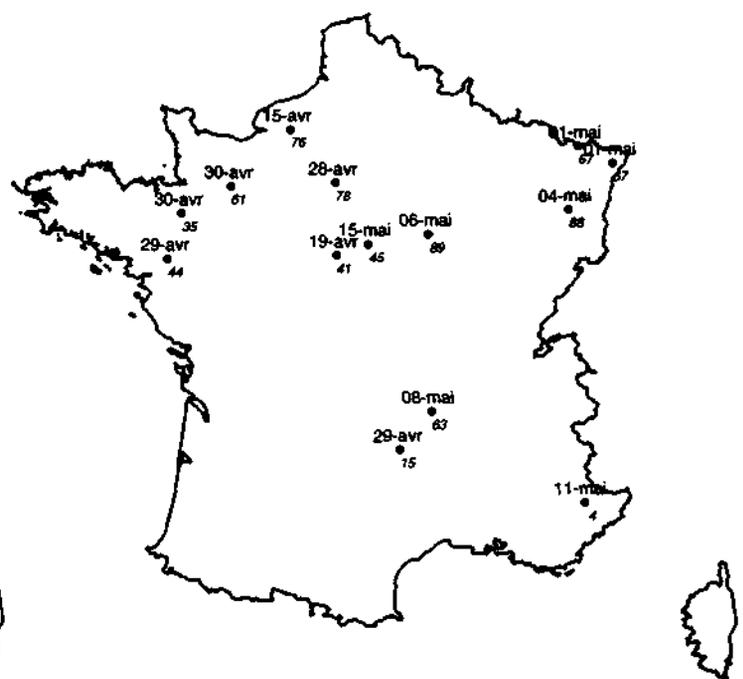
1997



1998



1999



MOYENNE

Echelle: 1/12 000 000



Nombre en italique: numéro du département

Stade de débourrement: 10% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier des bourgeons ouverts (stade b4)

Source: réseau Renecofor

04). Il se réalise en moins d'une semaine à 21 jours. Pour le pin sylvestre, aucun gradient régional de précocité du débourrement particulier ne peut être mis en évidence. On peut cependant remarquer que le peuplement situé en Seine-Maritime (PS 76) est toujours précoce, tandis que celui situé dans le Loiret (PS 45) est toujours tardif. L'ensemble des moyennes du début du débourrement indique une très légère tendance à un débourrement plus précoce à l'ouest qu'à l'est.

#### 3.6.4. *Le douglas*

Le début du débourrement se produit en moyenne le 21 avril en 1997 (carte 24). Il s'étale sur un mois, du 7 avril dans les Hautes-Pyrénées (DOU 65) au 5 mai dans le Rhône (DOU 69). Le débourrement se réalise en 14 à 42 jours (10% à 90%). En 1998, le début du débourrement se produit en moyenne le 30 avril. Il s'étale sur trois semaines, du 20 avril pour les peuplements du sud (Hautes-Pyrénées : DOU 65, Hérault : DOU 34), au 11 mai plus au nord, en Saône-et-Loire (DOU 71). Le débourrement se réalise en 7 à 21 jours. En 1999, le début du débourrement se produit en moyenne le 3 mai. Il s'étale sur 3 semaines, du 19 avril dans l'Hérault (DOU 34) au 10 mai plus au nord. Il se réalise en 7 à 14 jours. Malgré le petit nombre de stations observées, les données mettent en évidence que les peuplements méridionaux sont plus précoces de deux à trois semaines, par rapport aux peuplements du centre et du nord de la France. L'ensemble des moyennes du début de débourrement confirme que le débourrement est plus précoce au sud, d'environ trois semaines.

### 3.7. Comparaison de la phénologie des résineux

Les exigences autécologiques très différentes des espèces considérées (affinités montagnardes du sapin et atlantiques du pin maritime par exemple) ne permettent pas de comparer facilement les résultats et de dégager un véritable effet espèce : interaction étroites écologie - localisation - climat. Les valeurs moyennes sont présentées dans le tableau ci-dessous et la carte 25.

Dates moyennes [plus précoce - plus tardive] du débourrement pour les peuplements résineux du réseau RENECOFOR (moyenne des années 1997 à 1999 ; tous sites et toutes régions confondus).

	Sapin pectine	Epicéa commun	Pin maritime	Pin sylvestre	Douglas
1997	6 mai [14 avril - 19 mai]	7 mai [7 avril - 26 mai]	24 avril [14 avril - 12 mai]	1 mai [31 mars - 19 mai]	21 avril [7 avril - 5 mai]
1998	12 mai [27 avril - 25 mai]	12 mai [27 avril - 1 juin]	29 avril [20 avril - 11 mai]	3 mai [20 avril - 11 mai]	30 avril [20 avril - 11 mai]
1999	14 mai [12 avril - 21 juin]	12 mai [19 avril - 31 mai]	27 avril [13 avril - 10 mai]	3 mai [19 avril - 24 mai]	3 mai [19 avril - 10 mai]

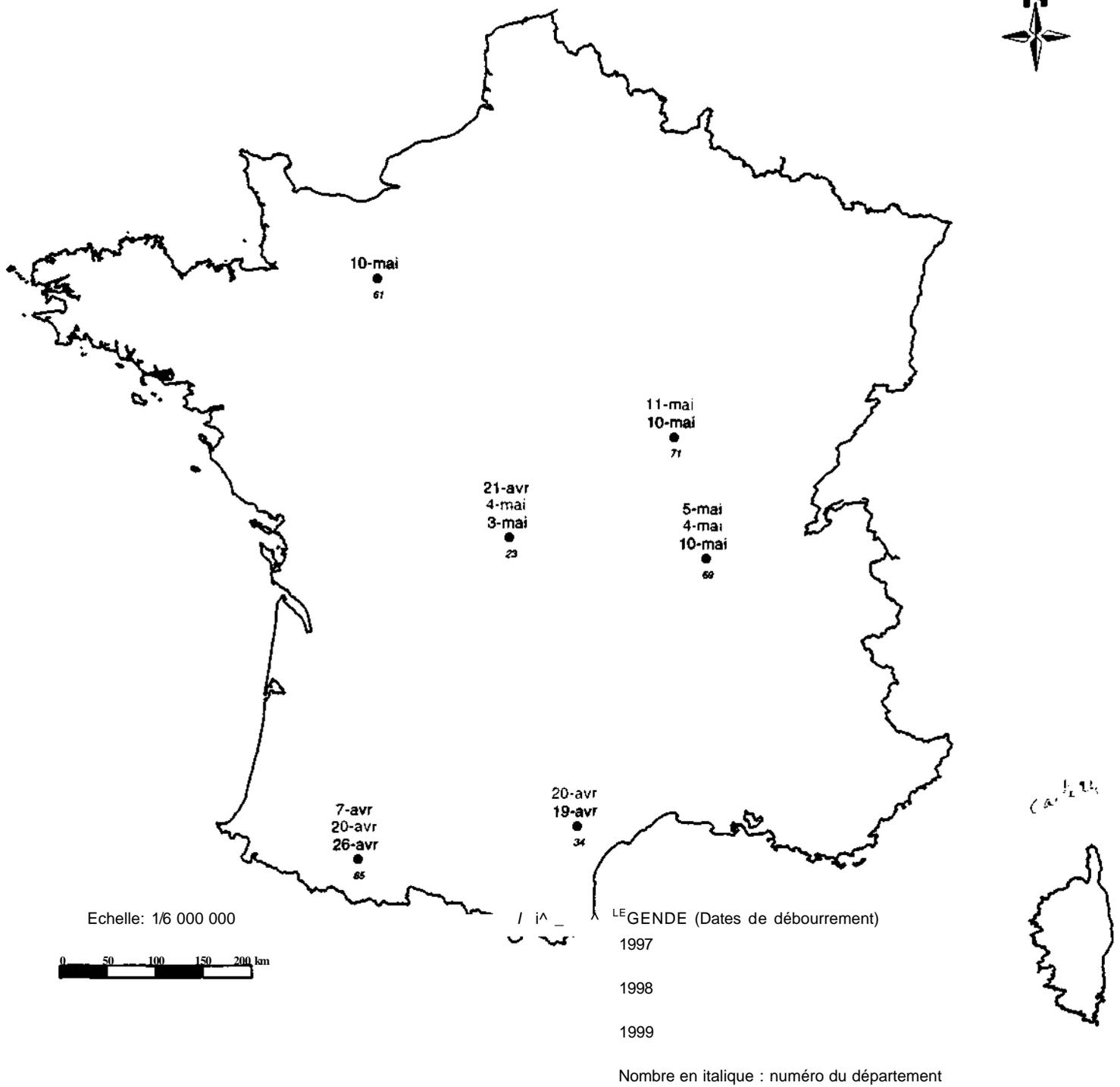
### 3.8. Variabilité interindividuelle

#### 3.8.1. *Le débourrement*

Dans une même station, les individus d'une espèce n'atteignent pas tous simultanément un stade phénologique donné. Il apparaît important de pouvoir quantifier la variabilité interindividuelle. Malheureusement, les observations phénologiques récoltées indiquent le plus souvent des dates correspondant au stade moyen pour un échantillon d'arbres, et la variabilité interindividuelle n'apparaît pas.

Pour le chêne, l'étude simultanée de différentes souches d'un même taillis, en se limitant à une surface de quelques centaines de mètres carrés, révèle des différences entre arbres atteignant parfois plus d'une semaine

### DATES DE DEBOURREMENT DU DOUGLAS EN 1997, 1998 ET 1999

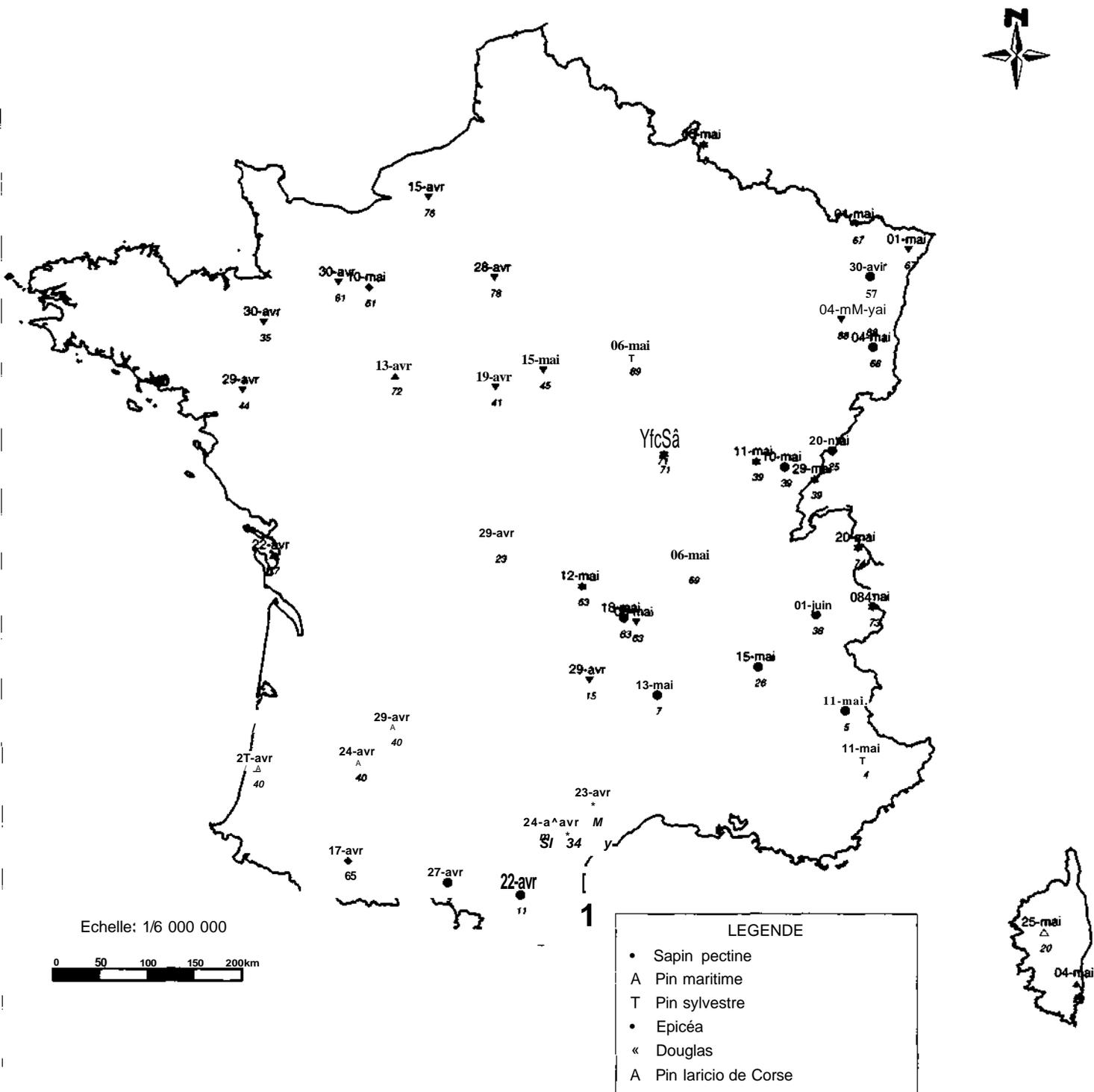


Echelle: 1/6 000 000



Stade de débourrement : 10% des arbres présentent sur au moins 20 à 50% du houppier des bourgeons ouverts (stade b3)

## DATES MOYENNES DE DEBOURREMENT DES RESINEUX POUR LA PERIODE 1997-1999



(Lavarenne-Allary 1965, **annexe 1**). L'étude du débourrement de 10 souches d'un même taillis en 1963 à Bussières (Puy-de-Dôme) montre que 23 jours séparent la date de débourrement de la souche la plus précoce et celle de la souche la plus tardive. A Randan (Puy-de-Dôme), cette différence atteint 15 jours. Pour le chêne vert et le chêne pubescent, Du Merle (1983) a constaté une variabilité interindividuelle importante, les durées de débourrement (mesurant l'écart entre l'arbre le plus précoce et le plus tardif) pouvant atteindre 27 jours pour le chêne pubescent et plus de 33 jours pour le chêne vert. Cette variabilité s'exprime de façon variable selon les conditions climatiques de l'année : pour des chênes pubescents à 300 mètres, la période de débourrement dure 8 jours en 1979 et 27 jours en 1981 (**annexe 1**). L'auteur pense que ce phénomène est principalement d'origine génétique. Pour le chêne pédoncule, Crawley et Akhteruzzaman (1988) ont trouvé, en Angleterre, un écart d'environ 25 jours entre la date de débourrement de l'arbre le plus précoce et celle du plus tardif. Ils notent que cet écart est maintenu, malgré la variation inter-annuelle de la date de débourrement (pouvant atteindre plus de 3 semaines).

Pour le hêtre, à un temps  $t$  quelconque au cours de la période de foliation, les arbres se répartissent dans les diverses classes de précocité de manière sensiblement gaussienne. Il existe une grande variabilité du stade de foliation entre individus à un moment déterminé. Cependant, même si la différence entre comportements extrêmes est importante, les écarts-types sont faibles (Comps *et al.* 1987). Lavarenne-Allary (1965) indique des différences d'arbre à arbre pour le débourrement dans une même localité pouvant atteindre plus d'une semaine. Les études de Comps *et al.* (1987) en Aquitaine indiquent que l'écart entre les comportements extrêmes peut atteindre 30 jours pour le débourrement ; depuis l'apparition du feuillage sur les arbres les plus précoces jusqu'à la fin du débourrement, il s'écoule en moyenne 21 jours. Les observations de Vernier (1994, non publié) en forêt de Haye en 1994 montrent que 27 jours séparent le débourrement de l'arbre le plus précoce et celui de l'arbre le plus tardif. Les observations de Cointat (1959) sur 8 arbres en forêt des Dhuits (**annexe 1**) indiquent que la différence maximale entre les dates de débourrement des individus varie suivant les années, de 11 jours (en 1957 et 1958) à 23 jours (en 1955).

Si pour l'ensemble d'un peuplement de hêtre, l'ordre individuel de foliation n'est pas rigoureusement identique d'une année à l'autre (Comps *et al.* 1987), il existe cependant une bonne stabilité relative dans l'ordre de débourrement. La précocité du débourrement est donc un caractère individuel (Leibundgut et Kunz 1952, cité dans Galoux 1966 ; Cointat 1959 ; Galoux 1966 ; Comps *et al.* 1987) : dans un peuplement de hêtre, ce sont toujours les mêmes arbres qui manifestent le débourrement le plus précoce ou le plus tardif, quelles que soient les conditions climatiques (Comps *et al.* 1987 ; Cointat 1959). Un résultat similaire a été mis en évidence pour le chêne pédoncule (Crawley et Akhteruzzaman 1988), ainsi que pour le douglas (Morris *et al.* 1957). La stabilité du classement individuel suggère un fort contrôle génétique du débourrement. Galoux (1966) a émis l'hypothèse que le seuil thermique d'activation des méristèmes était variable d'un individu à l'autre.

### 3.8.2. La sénescence

Comme la foliation, l'apparition des couleurs automnales et la chute des feuilles, pour le hêtre par exemple, sont des phénomènes particulièrement variables d'un individu à l'autre (Malaisse 1964). Dans un peuplement, entre le premier et le dernier hêtre à atteindre la teinte jaune, il peut parfois s'écouler plus d'un mois. A tout moment de la période de sénescence du feuillage du hêtre, la répartition des arbres dans les différentes classes de pourcentage de défoliation est sensiblement gaussienne (Comps *et al.* 1987). Les observations de Cointat (1959) sur 8 arbres en forêt des Dhuits (**annexe 1**) indiquent que la différence maximale entre les dates de jaunissement des individus varie suivant les années, de 15 jours (en 1957) à 23 jours (en 1954). La différence maximale entre les dates de fin de chute des feuilles varie suivant les années, de 10 jours (en 1956), à 25 jours (en 1957).

#### 4. FACTEURS INFLUENÇANT L'APPARITION DES PHÉNOPHASES DE DEBOURREMENT ET DE SÉNESCENCE

Les processus de débourrement et de sénescence sont principalement déclenchés par la température, mais peuvent également être influencés par la photopériode, les précipitations, l'état nutritionnel de l'arbre, le sol, des facteurs génétiques... Les diverses phénophases et espèces de plantes réagissent différemment aux influences de l'environnement (Défila et Clot 2000). Si les études sur le débourrement sont assez nombreuses, celles concernant à la sénescence se trouvent être plus rares, sans doute en raison de la complexité d'analyse de ce phénomène.

*Cette partie a pour objectifs de déterminer les **principaux paramètres** qui influencent **l'apparition du débourrement** et de la sénescence et d'analyser la réponse des différentes espèces arborées à ces facteurs.*

##### 4.1. Remarques sur le phénomène de dormance

###### 4.1.1. Terminologie

En automne et en hiver, les bourgeons des végétaux ligneux tempérés sont en dormance. Certains auteurs considèrent que la **dormance** est un état physiologique caractérisé par « l'incapacité du bourgeon à croître lorsque toutes les conditions de l'environnement sont favorables et lorsque toutes les inhibitions par corrélations physiologiques sont supprimées » (Chouard 1956 ; Champagnat 1983 ; Crabbé et Barnola 1994, cités dans Favre 1998). A la sortie de l'hiver, les bourgeons retrouvent leur aptitude à croître. La dormance disparaît progressivement et les bourgeons entrent dans une phase de « **post-dormance** » précédant le débourrement. Le facteur externe majeur qui intervient dans la « levée de dormance » est la température : un « besoin en froid » - dépendant des espèces, des provenances, des variétés - est nécessaire. Un végétal qui a de faibles besoins en froid verra sa dormance levée rapidement et pourra avoir une reprise de végétation précoce.

Une autre approche du phénomène consiste à définir deux phases pendant la dormance (Romberger 1963 ; Weiser 1970 ; Sarvas 1974 ; Fuchigami *etal.* 1982 ; Hänninen 1990a ; Kramer 1994b ;...):

- Le **repos** (« rest ») est la période pendant laquelle les bourgeons restent dormants en raison de conditions physiologiques empêchant la croissance et le développement ontogénique, dans les bourgeons eux-mêmes. Ces contraintes sont levées quand les bourgeons sont exposés à des températures froides (de - 5°C à 10°C), pendant un certain temps (Coville 1920 ; Smith et Kefford 1964 ; Perry 1971 ; Flint 1974 ; Fuchigami *et al.* 1982). Cette première phase correspond à la dormance telle qu'elle a été précédemment définie. La phase suivante est appelée quiescence ;
- La **quiescence** est la période pendant laquelle les bourgeons restent dormants en raison de conditions environnementales défavorables. Ils ont cependant retrouvé leur aptitude à l'ontogenèse. Le débourrement se produit quand ils sont exposés à des températures « de forçage » (« forcing temperatures »), supérieures à 0°C (et souvent supérieures à 5°C), pendant une certaine période (Smith et Kefford 1964 ; Perry 1971 ; Fuchigami *et al.* 1982).

D'autres nomenclatures existent. Hänninen (1990a) a synthétisé la terminologie utilisée par divers auteurs pour décrire la dormance.

###### 4.1.2. Présentation de quelques études expérimentales

Lavarenne-Allary (1965) a étudié la dormance du chêne et a montré que les bourgeons de rameaux prélevés entre octobre et février ne se développent pas au laboratoire: la dormance est alors « endonome » (nécessité d'un traitement chimique pour provoquer le développement). Ce type de dormance correspond à la phase de repos. Cette dormance disparaît progressivement de novembre à février et passe progressivement à une dormance

« aitionome », correspondant à la phase de quiescence. Il se produit un changement qualitatif interne au bourgeon qui rend possible l'influence des températures élevées. De février à avril, il suffit d'une température élevée pour provoquer le développement des bourgeons. Le développement est alors sans cesse plus rapide (l'intensité de la dormance aitionome du chêne diminue progressivement jusqu'à la fin de mars). Le frêne et le châtaignier ont un comportement similaire à celui du chêne. Le hêtre, comme le chêne, possède une dormance intense et débourre tardivement au printemps. Wareing (1949, 1953) a montré que le hêtre se singularise par un besoin de jours longs. Ce serait la lumière perçue à travers les écailles qui lèverait la dormance. Dans des conditions naturelles, la dormance du hêtre est levée le plus souvent à la fin janvier (Leibundgut 1954, cité dans Galoux 1966).

Chez le noyer, Mauget et Germain (1980) ont mis en évidence la séquence suivante :

- Dormance (très faible aptitude à la croissance des bourgeons) dès la fin de l'été, augmentant progressivement jusqu'à un niveau maximal, atteint en novembre ;
- Levée de dormance en novembre et décembre (l'aptitude augmente rapidement) ;
- Post-dormance (aptitude forte mais évoluant lentement) à partir de janvier.

Chez l'épicéa commun, l'étude de l'aptitude à croître de bourgeons de clones de différentes provenances a permis de mettre en évidence des comportements différents au cours de l'hiver. Certains clones présentent la séquence classique dormance, levée de dormance (en février), post-dormance rencontrée chez les feuillus. D'autres ont toujours une aptitude à croître élevée, quelle que soit la date d'observation : leur dormance peut être qualifiée de relative (Favre 1998). L'évolution de l'aptitude à croître des bourgeons peut donc varier suivant l'espèce et le génotype. Nous reviendrons sur ces phénomènes dans la partie de synthèse des modèles phénologiques prenant en compte le besoin en froid.

Chez les ligneux, les relations entre précocité de débourrement et intensité de la dormance des bourgeons sont variables. Chez la vigne, par exemple, une variété précoce est, semble-t-il, peu dormante (Pouget 1966). Dans d'autres cas (ex : noyer), il n'y a pas de relation entre niveau maximal de dormance et précocité de débourrement des bourgeons dans la nature ; de plus la précocité de la levée de dormance ne permet pas de prévoir la précocité du débourrement (Mauget et Germain 1980 ; Mauget 1982). Le déterminisme de la date de débourrement du noyer prend place une fois la dormance des bourgeons levée - fin décembre ; c'est donc au cours de la phase de post-dormance que tout va se jouer.

#### 4.2. Influence de la température

Il est d'observation courante de constater la dépendance étroite de la phénologie vis-à-vis des facteurs climatiques. Les forêts des zones tempérées, par exemple, sont adaptées aux cycles saisonniers : elles ont une période de repos pendant l'hiver et reprennent leur activité au printemps, dès que les conditions redeviennent favorables. La phénologie n'est que le reflet de l'adaptation des espèces à la saison défavorable. ***Les auteurs s'accordent à dire que les conditions météorologiques et la longueur du jour sont les facteurs principaux qui influencent l'apparition des phénophases.*** Nous allons tenter de dégager l'action des facteurs climatiques sur le débourrement et la sénescence.

En raison de son alternance saisonnière, la température joue un rôle fondamental en région tempérée : la reprise de l'activité des arbres au printemps et leur sénescence en automne sont corrélées respectivement avec une augmentation et une diminution de la température. Cette synchronisation du développement annuel des arbres avec le cycle annuel de température est essentielle pour leur adaptation au climat (Weiser 1970 ; Sarvas 1972, 1974 ; Sakai et Larcher 1987, cités dans Hänninen 1990a). La température influence notablement le début et la durée de chaque phénophase et peut accélérer ou retarder le développement (Bottlikova 1974, cité dans Courbet 1981). Les phénophases de printemps en particulier y sont très sensibles. Nous avons déjà indiqué qu'on considérait souvent qu'un stade phénologique donné ne pouvait se réaliser que lorsqu'une certaine somme de température (calculée en degrés-jours, au-dessus d'un seuil) était atteinte.

#### 4.2.1. Effet sur le débourrement

La température de l'air est considéré comme le principal facteur climatique conditionnant l'apparition du débourrement. Lorsque le froid a levé la dormance, les bourgeons ont besoin de chaleur pour évoluer et débourrer. Le débourrement est particulièrement sensible à la hausse thermique printanière. Quelques études ont montré que ni les températures de l'été, ni celles de mai à novembre de l'année précédant le débourrement n'influençaient significativement sa date de réalisation (Sparks *et al.* 1997 ; Chuine et Cour 1999). D'autres indiquent que de faibles températures pendant l'arrêt de la croissance entraînent un débourrement plus précoce, chez de jeunes épicéas de Sitka (Malcolm et Pymar 1975). Toutefois, la croissance des bourgeons dépend principalement des conditions thermiques régnant après la levée de dormance : elle est d'autant plus intense que la température est élevée. Ainsi, pour des printemps doux, les arbres commencent généralement à feuiller tôt, tandis qu'en année froide ils sont plus tardifs (Lavarenne-Allary 1965 ; Maugeat et Germain 1980 ; Maugeat 1982 ; Comps *étal.* 1987 ; Sparks *étal.* 1997 ; Duchemin 1998).

Certains auteurs ont suggéré que le débourrement était principalement dépendant des besoins en températures « chaudes » (« de forçage ») si les besoins en froid avaient été satisfaits (Wareing 1956, cité dans Campbell et Sugano 1975 ; Maugeat 1982). C'est le cas en conditions naturelles, la dormance étant alors généralement levée. Cependant, la précocité de débourrement peut parfois être influencée par le froid hivernal, et la dormance, facteur restrictif de la croissance des bourgeons, peut avoir un rôle prédominant dans le déterminisme de l'entrée en végétation. C'est le cas les années 1) avec des hivers doux, dont l'action freine l'élimination de la dormance, ou 2) avec des printemps froids, le développement des bourgeons pouvant alors être favorisé par des jours de froid supplémentaires. C'est ce qu'indiquent Maugeat (1982) pour le noyer, et Campbell et Sugano (1975) pour déjeunes douglas.

En conditions expérimentales, la précocité de débourrement est souvent très liée à la dormance car cette dernière n'est pas toujours levée. Dans de nombreuses expériences, les arbres qui reçoivent le plus de froid (température généralement voisine de 4°C) pour lever la dormance sont ceux qui débourrent le plus tôt, une fois exposés à des températures plus chaudes (Nienstaedt 1966, 1967 ; Worrall et Mergen 1967 ; Landsberg 1974 ; Campbell et Sugano 1975 ; van den Driessche 1975 ; Thielges et Beck 1976 ; Campbell 1978 ; Nelson et Lavender 1979 ; Cannell et Smith 1983 ; Murray *et al.* 1989 ; Hänninen et Backman 1994 ; Partanen *et al.* 1998). Cannell et Smith (1983) ont synthétisé la plupart de ces résultats expérimentaux dans une figure (fig. 4 de leur article) représentant les relations entre la durée d'exposition au froid et le nombre de jours pour débourrer en conditions chaudes pour les différentes espèces d'arbres. Nous reviendrons sur cet aspect dans la partie de synthèse des modèles, mais on peut déjà remarquer que la relation entre la durée du froid et le temps « thermique » (« thermal time ») nécessaire au débourrement tend souvent à être exponentiellement décroissante ; de plus, la valeur de ce temps « thermique » se stabilise lorsque la durée de froid est longue (le besoin en froid est alors satisfait). Van den Driessche (1975) a montré que chez de jeunes douglas, le débourrement du bourgeon terminal de plants ayant subi 1250 heures avec une température < 4,4°C débutait après 14 jours à une température journalière de 24°C, tandis que celui de plants ayant subi 2070 heures de froid débute après 10 jours pour une température moyenne journalière de seulement 12,8°C. Les expériences de Campbell et Sugano (1975) sur déjeunes douglas montrent que le débourrement dépend du traitement en froid subi (date de début, durée, température) : il est plus précoce lorsque la température du traitement froid a été plus basse (4,4°C), et la durée plus longue. De plus, l'influence de la température d'induction du débourrement sur l'expression des effets induits par le froid dépend de la durée du froid : des besoins en froid importants sont associés à de faibles températures d'induction du débourrement. On peut remarquer que ces auteurs ont trouvé qu'une température de 10°C pouvait simultanément participer aux besoins en froid et en chaleur. Enfin, les besoins en froid peuvent varier selon la provenance. Hänninen et Backman (1994) ont montré que, pour de jeunes épicéas communs ayant reçu peu de froid, moins de plants débourraient à des températures de forçage hautes (17°C) qu'à des températures plus basses (12°C). Ces auteurs expliquent ce résultat par le fait qu'une température de forçage basse participe non seulement au développement ontogénique, mais aussi à la levée du repos. Guak *et al.* (1998) trouvent qu'une température élevée (température ambiante + 4°C) avance le débourrement de jeunes douglas ; cependant une fois le débourrement déclenché, le pourcentage de bourgeons débourrés augmente plus vite à température ambiante qu'à température élevée, et le débourrement s'effectue sur une période plus courte à température ambiante. De

plus, l'exposition à des températures élevées réduit le pourcentage final de bourgeons débourrés, et peut même entraîner la formation de bourgeons anormaux: les arbres soumis aux températures élevées n'ont pas reçu suffisamment de froid.

Chez plusieurs espèces de pins, Steiner (1979) a mis en évidence une corrélation entre la date de débourrement et les températures moyennes mensuelles hivernales (de janvier à mars) des aires d'origine, mais pas avec les températures printanières. L'auteur pense que les pins étant photosynthétiquement actifs en hiver, les réponses adaptatives aux températures des mois froids pourraient être très importantes pour les processus entraînant le débourrement.

Comps *et al.* (1987) ont montré que le débourrement du chêne pédoncule semblait mieux réagir aux actions de la température qu'à la photopériode. Des expériences en milieu contrôlé ont suggéré une avance de 14-30 jours du débourrement de cette essence lorsque de jeunes arbres poussent avec une hausse de température de 3°C (communication d'A. Buse, dans Sparks et Carey 1995). Pour le hêtre, le débourrement se produit en avril : à cette époque c'est la hausse thermique printanière qui déclenche le processus - la longueur des jours, facteur très important pour le débourrement de cette essence ne paraît alors plus avoir d'influence sur la précocité de débourrement (Leibundgut 1954, cité dans Galoux 1966 ; Galoux 1966). Les analyses de Sparks *et al.* (1997) indiquent une relation majeure entre la feuillaison du chêne pédoncule, du marronnier d'Inde, du tilleul, du frêne et les températures entre décembre et mars, les printemps doux étant associés à une feuillaison précoce. Ils ont estimé que, pour une augmentation de 1°C, la feuillaison était plus précoce de 2 jours pour le frêne, de 5 jours pour le chêne, de 9 jours pour le marronnier et de 4 jours pour le tilleul. A partir de séries d'observations différentes, ces mêmes auteurs estiment pour la même augmentation de température une feuillaison plus précoce de 6 jours pour le frêne, de 7 jours pour le chêne, de 4 jours pour le marronnier et de 8 jours pour le tilleul. Les expériences de Jensen et Gatherum (1965) sur des pins sylvestres montrent que le débourrement est plus précoce de 15 jours à 21,6°C qu'à 13,3°C.

Si on excepte le besoin de jours longs, les bourgeons de toutes les espèces sont aptes au développement fin février - début mars (Lavarenne-Allary 1965 ; Champagnat *et al.* 1969). Les expériences de Lavarenne-Allary (1965) montrent que, placés en chambre noire aux températures constantes de 5°C, 9°C, 14°C, 20°C, 27°C, les bourgeons de sureau, de lilas, de chêne et de châtaignier s'épanouissent simultanément à 20 et 27°C; cependant seuls les deux premiers évoluent rapidement à 9°C et 14°C. Il y a donc pour les différentes espèces un besoin différentiel en températures chaudes, chacune ayant un seuil thermique printanier d'activation des méristèmes particulier. Le seuil thermique d'activation des bourgeons des arbres précoces est plus bas que celui des arbres tardifs. Mauget (1982) indique aussi que les bourgeons de cultivars précoces de noyers poussent plus vite que ceux des cultivars tardifs et que leur seuil thermique est plus bas. La connaissance du seuil thermique et de la courbe d'action des températures permet de modéliser le comportement des bourgeons en post-dormance. On peut, par exemple, utiliser le modèle « somme de températures » ou « somme de Q<sub>10</sub> » en prenant comme date d'origine la fin de la levée de dormance.

Quelques auteurs se sont intéressés au rôle joué par la température du sol. Galoux (1966) note que de jeunes plants de hêtre débourrent lorsque la température du sol est remontée après le minimum hivernal, à un niveau situé vers 8 à 9°C: l'élément important paraît être l'énergie d'activation reçue, c'est-à-dire la somme de calories stockées dans l'écosystème milieu - plantes depuis le minimum calorique hivernal. Il trouve une corrélation hautement significative entre la température édaphique (à -50 cm) durant la période de pré-débourrement, dans une population parentale, et le stade de débourrement de sa descendance en dispositif expérimental. Lavender *et al.* (1973, cités dans Sorensen et Campbell 1978) ont pu avancer le débourrement de douglas d'environ deux semaines en augmentant la température du sol environ 6 semaines avant le débourrement, de 5 à 20°C, soit 0,9 jours/1°C. Des expériences réalisées sur de jeunes douglas par Sorensen et Campbell (1978) indiquent que les modifications de température de l'air et du sol affectent toutes deux la précocité de débourrement: le débourrement est plus précoce de 5,7 jours pour une augmentation de 1°C de la température moyenne journalière de l'air, et de 0,45 jours pour une augmentation de 1°C de la température moyenne du sol. Tandis que le réchauffement du sol avance la date du début de l'activité des bourgeons, celui de l'air augmente la vitesse de développement. Ces auteurs notent qu'en conditions naturelles, l'effet d'une initiation précoce de l'activité des

bourgeons est probablement sans conséquence, car le manque de froid, la photopériode trop courte et les basses températures de l'air ralentissent le taux de développement. De plus, le taux de développement est généralement plus important que la date de début du développement, pour la détermination de la date de débournement. Enfin, Timmis et Worrall (1974), ainsi que Huikari et Paarlahti (1967, cités dans Hänninen 1990a), n'ont pas observé de différence entre les dates de débournement de douglas et de pins subissant une température édaphique différente.

Divers travaux ont été réalisés afin d'analyser la différence éventuelle de réponse des végétaux aux températures constantes ou fluctuantes. Plusieurs ont montré que des températures fluctuantes étaient plus efficaces pour le débournement que les températures constantes correspondantes, chez le douglas par exemple (Campbell et Sugano 1975), l'épicéa de Sitka (Cannell *et al.* 1985, cités dans Myking 1997), l'épicéa commun et le pin sylvestre (Hänninen 1990b), et d'autres espèces (Murray *et al.* 1989, cités dans Myking 1997). Campbell et Sugano (1975) notent que, chez déjeunes douglas, la réponse aux températures fluctuantes est qualitativement différente entre provenances. Les expériences de van den Driessche (1975) sur déjeunes douglas montrent que la distribution journalière des températures influence le débournement. Les jeunes plants ont été soumis à des régimes de températures fluctuantes différents: 1) plus la température moyenne journalière est élevée, plus le débournement est précoce; 2) pour une même température moyenne journalière (13°C), des températures fluctuantes (12 h/12 h) entraînent un débournement plus précoce; 3) pour une même température moyenne journalière, le régime thermique ayant la plus longue période de haute température (14 h), suivie par une courte période de relativement basse température (10 h), entraîne un débournement du bourgeon terminal plus précoce que le régime ayant une courte période de haute température (6 h). Le débournement déjeunes douglas est donc sensible à la thermopériode. Ces résultats ne correspondent pas à ceux de Myking (1997b) pour le bouleau pubescent qui n'indiquent pas de différence de la date de débournement entre des températures constantes (de 6 à 21°C) et fluctuantes (12h/12h, avec des moyennes de 9 à 18°C). Cet auteur pense que l'une des raisons conduisant à trouver que les températures fluctuantes sont plus efficaces pourrait être que les expériences précédentes ont été menées avant que la dormance ne soit complètement levée : ceci confondrait les besoins en froid pour lever la dormance, avec un optimum vers 5°C, et les températures de croissance nécessaires pour le débournement supérieures à 0°C donnant l'impression que les basses températures, et les températures fluctuantes, sont plus efficaces que les températures constantes correspondantes (Perry 1971 ; Fuchigami *et al.* 1982 ; Hänninen 1990a ; Heide 1993 ; Myking et Heide 1995, Myking 1997b). Partanen *et al.* (1998), qui trouvent que les températures fluctuantes sont plus efficaces que les constantes pour le débournement de l'épicéa commun, expliquent aussi en partie cette efficacité par le fait que les températures fluctuantes fournissent plus de froid.

#### 4.2.2. Effet sur la sénescence

Les phases phénologiques d'automne sont aussi influencées par la température. Des expériences sur de jeunes érables planes montrent que la sénescence est d'autant plus rapide que la température du milieu est basse: à la même date, les plants soumis à une température de 10°C sont à un stade final de sénescence, tandis que ceux soumis à 18°C ne montrent pas de signe de sénescence (Westergaard et Eriksen 1997). Chez le hêtre, de très hautes températures pendant la période végétative provoquent un avancement de la sénescence en entraînant la chute de feuilles encore vertes en été (Stéfancik 1997).

#### 4.2.3. Effet sur la durée de la saison de végétation

En influençant les dates de débournement et de sénescence, la température modifie la durée de la saison de végétation. En Europe, Kramer (1995) a étudié les dates de feuillaison et de chute des feuilles de clones de diverses espèces selon un gradient latitudinal. Il a montré que les dates de feuillaison et de chute des feuilles étaient plus précoces, pour de plus hautes températures hivernales et estivales, respectivement. Trois types de réponses phénologiques à des températures plus élevées ont pu être mis en évidence :

- Pour les clones de mélèze et de chêne pédoncule, la durée de la saison de végétation diminue lorsque la température augmente, car la chute des feuilles avance plus que la feuillaison ;

- Pour les clones de bouleau pubescent et de peuplier grisard, la durée de la saison de végétation n'est pratiquement pas modifiée, car la feuillaison plus précoce est compensée par celle de la chute des feuilles ;
- Pour les clones de hêtre et de tilleul à petites feuilles, la saison de végétation est plus longue car la date de chute des feuilles n'est pas modifiée, tandis que la feuillaison est plus précoce..

Si la température est le principal facteur influençant la phénologie, il n'est pas le seul. Les travaux de Debazac et Claude (1967) sur les sapins le conduisent à penser que les mécanismes du débourrement sont contrôlés par l'action de facteurs multiples, aboutissant à un classement de précocité entre les espèces modifié suivant leurs modalités d'intervention. Ceux de Spano *et al.* (1999) sur des espèces poussant en climat méditerranéen indiquent qu'il peut exister une forte variabilité lorsqu'on étudie la réponse de différentes espèces en ne prenant en compte que la température, certaines espèces semblent très sensibles aux autres facteurs de l'environnement.

### 4.3. Influence de la photopériode

Contrairement à la température, qui représente un facteur écologique influençant directement les réactions métaboliques, la lumière intervient surtout par sa rythmicité nyctémérale. Les variations inter-annuelles à un site donné indiquent néanmoins que ce facteur n'intervient pas seul dans le contrôle la phénologie des arbres (Lechowicz 1984).

#### 4.3.1. Effet sur le débourrement du hêtre

De nombreuses observations indiquent le rôle prépondérant de la photopériode pour le débourrement du hêtre. Celles de Lavarenne-Allary (1965), en Creuse, mettent bien en évidence que si le débourrement du chêne est avant tout déterminé par la température (plus ou moins précoce selon les conditions thermiques printanières), celui du hêtre est fortement sensible à la photopériode. Cette dernière étant constante d'une année à l'autre, le hêtre débourre chaque année presque à la même date. Les travaux de Courbet (1981) confirment le rôle majeur de ce facteur pour le débourrement du hêtre, qui dépend plus du nombre de jours à partir du 1 janvier que des sommes de températures. Ceci se traduit par une moindre variabilité inter-annuelle des dates de débourrement. Duchemin (1998) trouve que la variabilité inter-annuelle du débourrement du hêtre (a : 4 jours) est nettement plus faible que celle du chêne sessile (a : 12 jours) dans une même région.

Plusieurs expériences indiquent que, pour que l'évolution des bourgeons de hêtre puisse commencer, il faut, en plus de conditions thermiques favorables, attendre que les jours soient assez longs. Des rameaux placés à partir de mars en jours courts ou longs, avec une température de 6 à 24°C, débourrent seulement en jours longs (Lavarenne-Allary 1965). Ce résultat confirme les études de Wareing (1949) et Galoux (1966) qui notent que l'éclairement et les jours longs hâtent la levée hivernale de dormance, ainsi que celles de Leibundgut (1954, cité dans Galoux 1966), indiquant que des hêtres récoltés en forêt début mars et soumis à des jours longs (18 heures) débourrent plus rapidement que ceux soumis à des jours normaux. Les expériences de Wareing (1953) montrent que le débourrement de jeunes plants ne se produit qu'avec une photopériode de plus de 12 heures. De plus, elles suggèrent que c'est davantage la durée de la phase sombre que la longueur de la photopériode qui gouverne la réponse des bourgeons. Les bourgeons de hêtre semblent ne pas avoir besoin de froid pour débourrer.

Dans des conditions naturelles, la dormance du hêtre est levée le plus souvent à la fin janvier, mais le débourrement ne se produit qu'en avril. A cette époque, la longueur des jours ne paraît plus avoir d'influence sur la précocité de débourrement, et c'est la hausse thermique printanière qui déclenche le processus (Leibundgut 1954, cité dans Galoux 1966). Comps *et al.* (1987) ont analysé le déterminisme de la date de débourrement du hêtre en Aquitaine. Leurs résultats suggèrent que sa foliation est plus sensible au « nombre de jours », donc à la photopériode, jusqu'à la fin mars, et que c'est à partir du 1 avril qu'elle devient plus sensible à la température. Le léger décalage observé pour les dates de feuillaison correspond aux conditions climatiques particulières qui régissent dans une courte période précédant l'apparition du feuillage. Wareing (1953) remarque le déterminisme du débourrement du hêtre peut varier suivant la région géographique. Ainsi, en Grande-Bretagne, il semblerait que la température soit le facteur déterminant, tandis que dans des régions dont les températures printanières sont plus élevées, comme en Espagne, la photopériode pourrait devenir le facteur déterminant.

#### 4.3.2. Effet sur le débournement des autres essences

En conditions naturelles, la photopériode semble être un facteur peu important pour la plupart des espèces. Les expériences indiquant une influence de la photopériode sur le débournement ont surtout été effectuées sur de jeunes arbres. On peut remarquer également que, dans la plupart des cas, les auteurs n'ont pas tenté de savoir si c'était la longueur du jour ou celle de la nuit qui avait une influence.

Plusieurs expériences indiquent que les longues photopériodes peuvent avoir un effet promoteur sur le développement ontogénique des bourgeons. Partanen *et al.* (1998) indiquent qu'un allongement de la photopériode (de 10 minutes par jours) hâte le débournement de clones d'épicéa, tandis qu'une diminution de la photopériode (de 10 minutes par jours) retarde le débournement et empêche le développement ontogénique. Au contraire, certains auteurs indiquent que de courtes photopériodes ne retardent pas le départ de la croissance chez les arbres dont les besoins en froid ont été satisfaits (Nienstaedt 1967 ; Worrall et Mergen 1967). Cependant, dans ces études, des photopériodes constantes ont été utilisées.

En conditions expérimentales, le débournement est généralement plus précoce en jours longs qu'en jours courts. C'est le cas pour de jeunes plants de chêne rouge, de tulipier de Virginie, de hêtre et de liquidambar transplantés en serre en janvier (Kramer 1936, cité dans Valentine 1983), pour de jeunes pins sylvestres soumis à des photopériodes de 12 à 20 heures (Jensen et Gatherum 1965), pour de jeunes douglas soumis à des photopériodes de 8,5 à 11,5 heures (Campbell et Sugano 1975). La réponse à une température d'induction du débournement (« forcing temperature ») donnée semble dépendre de la photopériode que subissent les bourgeons ; plus la photopériode est longue, plus la température nécessaire au débournement est basse. Ces deux facteurs interagissent donc. Les modèles d'interaction diffèrent selon les provenances (Campbell et Sugano 1975). En conditions naturelles, Nizinski et Saugier (1988) ont montré que chez le chêne sessile, la somme thermique nécessaire au débournement diminuait lorsque la photopériode augmentait.

Pour plusieurs espèces, les longues photopériodes peuvent se substituer, plus ou moins complètement, à un manque de froid (Van der Veen 1951 ; Vegis 1964; Nienstaedt 1966, 1974; Farmer 1968; Flint 1974; Lavender 1981 ; Hinesley 1982 ; Cannell et Smith 1983 ; Garber 1983 ; Qamaruddin *et al.* 1995 ; Hannerz 1999). Quelques auteurs ont montré qu'après de courtes périodes de froid, de jeunes plants de conifères débourent plus vite en jours longs qu'en jours courts, mais lorsque la durée du froid augmente, les différences entre les dates de débournement en jours longs ou courts diminuent : l'effet promoteur de longues photopériodes tend vers zéro lorsque le froid progresse (Wommack 1964 ; Nienstaedt 1967 ; Worrall et Mergen 1967). Les études de Cannell et Smith (1983) sur de jeunes épicéas de Sitka indiquent que des photopériodes de 17 heures, par rapport à des photopériodes de 14 heures, ne conduisent à un débournement plus précoce (diminution du nombre de degrés-jours nécessaires au débournement) que lorsque les plants ont reçu peu de froid ; après le 1 mars, ces deux photopériodes ont la même influence sur la date de débournement. Pour les feuillus, Myking et Heide (1995) trouvent une influence semblable chez le bouleau verruqueux et le bouleau pubescent : les longues photopériodes réduisent le nombre de degrés-jours nécessaires pour débourent après de courtes périodes de froid, mais n'ont pas d'effet quand les besoins en froid ont été satisfaits. Il faut rappeler qu'en conditions naturelles, le besoin en froid est, normalement, satisfait.

Irgens-Moller (1957) remarque que des plants de douglas réagissent différemment à la photopériode selon leur provenance : en dispositif expérimental à basse altitude et en températures contrôlées, les plants de haute altitude débourent significativement plus tôt en jours longs qu'en jours courts (jusqu'à 18 jours de différence), tandis qu'il n'existe pas de différence significative pour les plants de basse altitude. Cette influence des jours longs sur les provenances de haute altitude pourrait expliquer leur tardiveté de débournement. Une seconde expérience indique que les différences entre les traitements de photopériode ne sont pas significatives lorsque les plants ne subissent pas des températures contrôlées : ceci peut être dû au fait que la différence de longueur du jour est moindre dans cette expérience, ou encore au fait que dans la première expérience, les températures nocturnes étaient inférieures. Les hautes températures pourraient compenser le besoin en jours longs. Irgens-Moller émet l'hypothèse que les plants de haute altitude, soumis à des températures très fluctuantes entre le jour et la nuit,

auraient subi une sélection naturelle les conduisant à débourrer non pas seulement lorsque les températures du jour sont élevées, mais quand les jours sont assez longs, et donc que le risque de gelées nocturnes est faible.

Pour l'épicéa commun, Hölzer (1963) admet que le débourrement de provenances de haute altitude est influencé par la photopériode : elles répondent surtout à l'action des jours longs. Cependant, ce seul facteur n'explique pas tous les résultats. L'érable sycomore aurait un comportement voisin de celui de l'épicéa précisé par Hölzer (1963). Les provenances de haute altitude cultivées en plaine débourrent approximativement aux mêmes dates que les peuplements parentaux en station d'origine (Galoux 1966).

Enfin, des expériences sur le chêne de Juin (Riedacker 1968) ont montré que le débourrement de cette « espèce » n'était pas influencée par la photopériode.

#### 4.3.3. Effet *sur* la sénescence

Le début de la sénescence du feuillage fait appel à un ensemble complexe de facteurs, parmi lesquels la photopériode joue sans doute un rôle important. D'après Galoux *et al.* (1967), la plupart des auteurs pensent que la coloration automnale des feuilles est liée aux jours courts. Pour le hêtre, ce facteur influence sans doute l'apparition des teintes jaunes (Wareing 1953), ainsi que la chute des feuilles (Wareing 1949, cité dans Galoux 1966).

### 4.4. Influence des précipitations

#### 4.4.1. Effet *sur* le débournement

Les analyses de Sparks *et al.* (1997) indiquent que des automnes pluvieux sont associés à une feuillaison plus précoce le printemps suivant, pour le frêne et le marronnier d'Inde. Pour le frêne, un printemps pluvieux semble retarder la feuillaison. Les expériences de Evenari *et al.* (1977), sur des abricotiers en Israël, ont montré qu'un arbre irrigué (11 mois avant et pendant les expériences) débourrait plus tard (8-10 jours) qu'un arbre soumis uniquement aux apports d'eau naturels.

Les travaux de Becker (1977) sur de jeunes plants de sapin pectine, de sapin de Nordmann et de sapin de Numidie aboutissent à la conclusion qu'une sécheresse d'été entraîne un retard important au débourrement suivant, pouvant atteindre 15 jours. Cependant, une restitution d'automne diminue ce retard: les pluies d'automne sont donc très importantes pour une bonne mise en condition physiologique des plants. Des expériences visant à étudier l'effet de l'alimentation hydrique sur de jeunes plants de cèdres ont montré que le débourrement au printemps suivant les traitements était d'autant plus précoce que les plants avaient subi un stress hydrique plus important (Finkelstein 1981). Ces résultats ne sont pas nécessairement en contradiction avec ceux de Becker, si l'on souligne le fait que Becker travaillait sur des espèces à durée de croissance courte, dont les dates de fin de croissance peuvent être beaucoup moins dépendantes de la sécheresse qu'une essence dont la croissance se prolonge plus tard lorsque les conditions sont favorables ; par ailleurs la sécheresse à laquelle furent soumises ces essences fut beaucoup plus intense et plus longue.

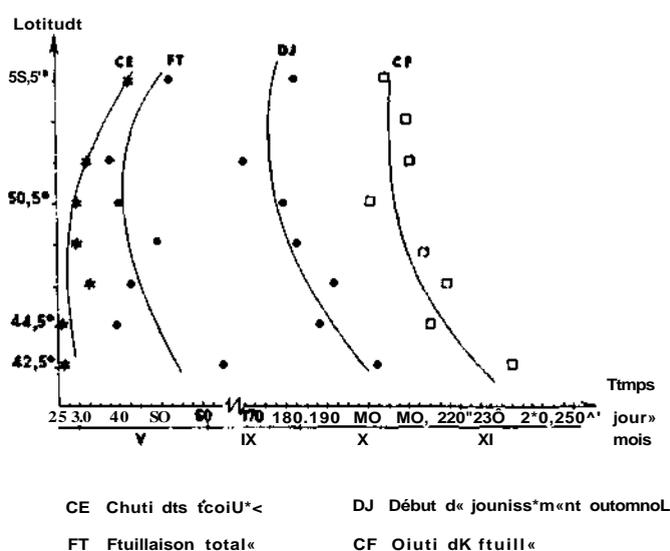
En plantations comparatives, White *et al.* (1979) trouvent que des provenances de douglas originaires d'aires avec de faibles précipitations estivales tendent à être plus précoces. Birot et Ferrandes (1972) remarquent que, pour des provenances californiennes de douglas plantées en zone méditerranéenne, un débourrement précoce peut coïncider ou être consécutif à une période pluvieuse de printemps. Enfin, des provenances de sapin de Céphalonie ont des débournements plus précoces lorsque les précipitations annuelles de leurs aires d'origine décroissent et que l'indice d'aridité augmente (Fady 1991).

#### 4.4.2. Effet sur la sénescence

Une pluviosité faible peut être corrélée avec une sénescence précoce. La sécheresse estivale accélère le processus de sénescence du feuillage en réduisant l'activité physiologique des arbres (Comps *et al.* 1987). Galoux *et al.* (1967) remarquent qu'un déficit hydrique dans l'étage édaphique peut favoriser un jaunissement précoce. Le déficit hydrique des mois d'août à septembre 1973 et 1977 dans la chênaie-hêtraie de Laveyron a accéléré le début du jaunissement de 1 mois (Comps *et al.* 1987). Des mesures ont montré que la période d'apparition des teintes jaunes correspondait à celle où le stock d'eau du sol devenait minimum (Savoie 1982). Escudero et del Arco (1987) ont établi, en Espagne, que la chute des feuilles était en relation avec le stress hydrique : plus le déficit est précoce, plus les feuilles tombent tôt. Enfin, Stefancik (1997) note qu'une extrême sécheresse pendant la période végétative provoque un avancement de la sénescence du hêtre en entraînant la chute de feuilles encore vertes en été.

#### 4.5. Influence de la latitude

A l'échelle macroclimatique, la latitude influence les dates de débournement et de sénescence. Kramer (1994b) note que du sud au nord des Pays-Bas, la date d'individualisation des feuilles de hêtre est plus tardive de 2,8 jours par degré de latitude. Les résultats d'une vaste enquête sur la phénologie du hêtre, menée en 1963 au niveau du continent européen, analysés et interprétés par Lausi et Pignatti (1973) montrent que la feuillaison du hêtre est d'abord plus précoce en allant du sud au nord jusque vers 49-50°, puis plus tardive plus au nord (**Figure 6**). Le même phénomène, mais sans augmentation nette de la tardiveté tout au nord, est observé pour la défeuillaison.



**Figure 6.** Influence de la latitude sur la feuillaison du hêtre (d'après Lausi et Pignatti 1973)

La corrélation entre la latitude de l'aire d'origine de diverses provenances et la précocité de débournement a souvent été étudiée en plantations comparatives. Les résultats indiquent une influence variable selon les espèces. Généralement, lorsque des provenances de différentes latitudes grandissent dans une même plantation, les provenances les plus nordiques sont les plus précoces. C'est effectivement le cas pour le chêne rouge (McGee 1974 ; Kriebel *et al.* 1976 ; Kremer 1994 ; Ducouso *et al.* 1996), les érables (Kriebel 1957 ; Kriebel et Wang 1962 ; Westergaard et Eriksen 1997), et la plupart de conifères dont l'épicéa commun (Worrall et Mergen 1967 ; Beuker 1994), plusieurs espèces de pins (Steiner 1979 ; Beuker 1994), l'épicéa de Sitka (Murray *et al.* 1994), et le sapin de Vancouver (Lacaze et Tomassone 1967). Lacaze et Tomassone (1967) et Westergaard et Eriksen (1997) ont avancé l'hypothèse que les provenances nordiques exigent une quantité de chaleur moins importante pour débourrer que les provenances plus méridionales. Les seconds pensent que cette tendance peut aussi être due à une formation plus précoce des bourgeons, ou à un niveau de dormance plus faible chez les provenances

nordiques. Pour l'épicéa commun, Worrall (1975) a suggéré que les provenances nordiques avaient un faible seuil de température pour le débourrement.

Pour certaines espèces, l'étude en plantation indique que les populations d'origine nordique sont les plus tardives. C'est ce qu'ont montré des expériences sur le hêtre (Burger 1948, cité dans Galoux 1966), le chêne sessile (Ducouso *étal.* 1996), les noyers (Bey 1973, 1979 ; Germain 1992), et le douglas (White *etal.* 1979).

Enfin, chez certaines populations d'épicéa de Sitka (Falkenhagen 1977), de douglas (Christophe et Birot 1979), et de sapins (Libby *et al.* 1980), la date de débourrement semble indépendante de la latitude de l'aire d'origine.

Ces différences de comportement doivent être analysées avec précaution, les provenances étant originaires d'aires géographiques différentes, donc ne subissant pas les mêmes conditions climatiques, et cultivées dans des plantations elles aussi différentes. De plus, plusieurs facteurs peuvent influencer la date de débourrement. On peut toutefois expliquer la diversité des réponses observées en considérant le phénomène de dormance. Les expériences de Kriebel et Wang (1962) sur l'érable indiquent que dans une plantation située au nord des Etats-Unis, les provenances septentrionales débourrent les premières et les provenances méridionales les dernières. Au contraire, dans une plantation du sud des Etats-Unis, les provenances méridionales sont les plus précoces, les autres débourrent plus tard et toutes à peu près à la même date. Le besoin en froid pour la levée de la dormance des provenances méridionales d'érable est plus faible que celui des provenances septentrionales. Worrall (1983) pense que le débourrement des provenances septentrionales en plantation méridionale est tardif car leur besoin en froid n'est pas satisfait.

#### 4.6. Influence de la continentalité

La corrélation entre la date du débourrement de diverses provenances en plantation et la continentalité de leurs aires d'origines montre aussi des tendances différentes. Chez l'épicéa de Sitka (Falkenhagen 1977), les pins (Steiner 1979), le sapin du Colorado (Libby *et al.* 1980), les peupliers (Worrall 1983), l'érable plane (Westergaard et Eriksen 1997), les populations d'origine continentale sont plus précoces que celles originaires de régions côtières, pour une même latitude. En revanche, chez *Betula alleghaniensis* (Steiner 1975) et chez le sapin de Céphalonie (Fady 1991), ce sont les populations côtières qui débourrent plus tôt. On peut noter que les besoins en froid sont plus importants pour les populations côtières que pour les populations continentales, chez le pin sylvestre, le bouleau verruqueux (Leinonen 1996) et le douglas (Campbell et Sugano 1979).

#### 4.7. Influence de l'altitude

L'altitude intervient indirectement sur la phénologie : il existe un gradient thermique fonction de ce paramètre. Au niveau de la France, la température décroît en moyenne de 0,54°C si l'on s'élève de 100 mètres. Ce coefficient de décroissance varie selon les lieux et les saisons, de 0,4°C à 0,8°C pour 100 mètres de dénivellation généralement. Pour un même lieu, il prend une valeur maximale au printemps ou en été, et une valeur minimale en hiver (Fontanel 1979). Au printemps, la hausse thermique est tardive en haute altitude, et déclenche la feuillaison plus tard qu'en plaine.

Pour le débourrement du hêtre, on a observé un écart pouvant aller jusqu'à 3 semaines entre les arbres situés à 500 mètres et à 1000 mètres d'altitude, dans la région de Clermont-Ferrand (Lavarenne-Allary 1965). En Bavière, on observe un retard de 2,6 jours de la foliation et une avance de 1,4 jours de la défoliation pour une élévation de 100 mètres (Rubner 1960, cité dans Malaisse 1967). Au niveau du continent européen, les résultats de l'enquête menée en 1963 sur le hêtre montrent que la précocité de la feuillaison augmente jusque vers 600 m, puis diminue au-dessus (Lausi et Pignatti 1973, cités dans Becker 1981). Pour la défeuillaison, sa tardiveté augmente jusque vers 1000 m, puis diminue au-dessus (**figure 7**).

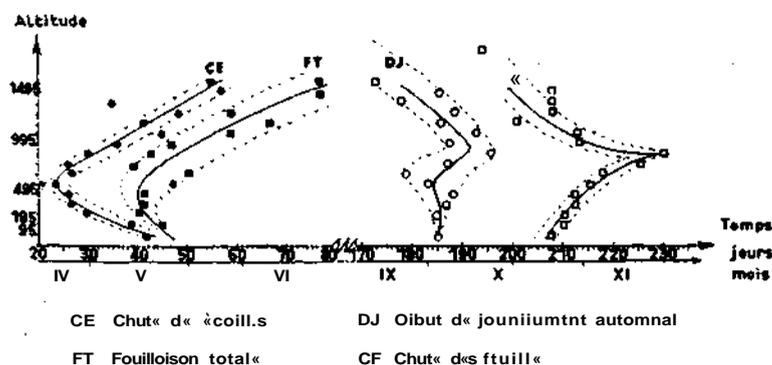


Figure 7. Influence de l'altitude sur la feuillaison du hêtre (d'après Lausi et Pignatti 1973, dans Becker 1981)

Pour des provenances de sapin subalpin et de sapin gracieux, Worrall (1983) trouve, aux Etats-Unis, dans des plantations dont l'altitude varie de 430 à 1400 mètres, un retard du débournement d'environ 1 jour lorsque l'altitude du site de plantation augmente de 20 mètres (soit environ 50 jours pour 1000 mètres). De plus, l'écart entre les dates de débournement des provenances précoces et tardives diminue lentement lorsque l'altitude de la plantation augmente, et devient brusquement très faible à 1400 mètres: l'auteur attribue ce phénomène à la hausse thermique très rapide au moment du débournement dans la plantation la plus élevée. En Autriche, Oberarzbacher (1977, cité dans Worrall 1983) indique un retard de 1 jour pour une élévation de 17,2 mètres, pour un clone d'épicéa commun, et de 1 jour pour 15,2 mètres pour une provenance de mélèze. De tels résultats confirment le rôle prépondérant de la température, variable suivant l'altitude, sur le débournement.

Favre (1998) indique que pour l'épicéa commun, dans les conditions climatiques françaises, les populations de plaine ont un débournement tardif, alors que les populations de montagne ont un débournement précoce.

Généralement, les provenances de haute altitude transférées en dispositif expérimental à basse altitude se révèlent plus précoces que les provenances de basse altitude. Pour le hêtre, même si la relation entre l'altitude de la station d'origine d'une provenance et la date de débournement n'est pas toujours très nette (Galoux 1966), cette tendance néanmoins a été observée (Galoux 1966 ; Teissier du Cros et Thiebaut 1988; Teissier du Cros 1989, 1994). Mais cette «loi» de variation est loin d'être absolue, notamment pour les provenances de basse et moyenne altitude (Teissier du Cros 1989). Cette même tendance a aussi été observée pour le chêne sessile (Ducouso *et al.* 1996), et l'épicéa commun (Favre 1998).

Chez les sapins subalpin et gracieux, les provenances originaires de hautes altitudes sont aussi les plus précoces. Dans une plantation nord-américaine située à 430 mètres, Worrall (1983) a pu, par régression linéaire, déterminer la relation suivante entre la date de débournement du bourgeon terminal et l'altitude de l'aire d'origine de plusieurs provenances de ces espèces:

$$y = 33,48 - 0,0071 x$$

y : date de débournement. les jours étant comptés à partir du 1 mai ;

x : altitude d'origine, en mètres.

Une élévation de 1000 mètres de l'altitude de l'aire d'origine avance donc de 7 jours la date de débournement.

Favre (1998) remarque que les épicéas communs de moyenne montagne transplantés en plaine débourent plus rapidement que dans leur milieu naturel, et émet l'hypothèse que c'est la satisfaction des besoins en chaleur, plus rapide en plaine, qui est à l'origine de cette plus grande précocité. Engler (1905) et Burger (1935) avaient déjà constaté que l'épicéa et le mélèze réagissaient très rapidement à une hausse de température si leurs ancêtres avaient vécu en montagne, beaucoup plus lentement si ceux-ci provenaient de plaine. Galoux (1966) pense que

les provenances montagnardes seraient activées physiologiquement par des seuils thermiques printaniers plus bas que les provenances de plaine ; c'est pourquoi cultivées en plaine, elles débourreraient plus vite au moment de la hausse thermique printanière. Cette hypothèse est confirmée par Worrall (1983), pour des provenances de sapins gracieux et subalpin : les provenances de haute altitude sont plus précoces car elles ont un seuil de température - et éventuellement une somme thermique nécessaire au débourrement - plus bas. Ce même auteur a montré qu'une espèce de haute altitude, comme le mélèze subalpin (*Larix lyalli* Pari.), a aussi un seuil de température bas (Worrall 1993).

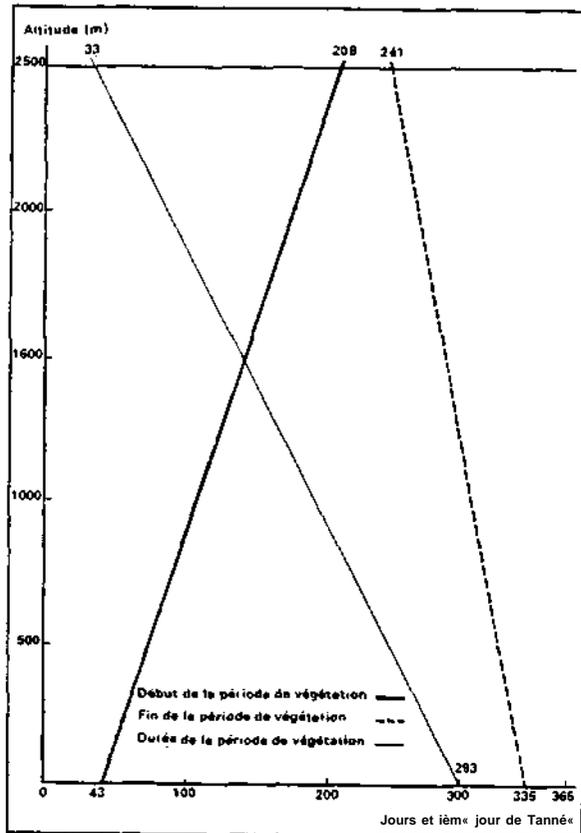
Hermann et Lavender (1968) trouvent, pour des provenances de douglas, une corrélation positive entre la tardiveté du débourrement et l'altitude d'origine : l'ouverture des bourgeons est significativement plus tardive lorsque l'altitude d'origine des graines augmente. Bouvarel (1961) observe aussi, dans ses dispositifs de basse altitude, une tardiveté croissant avec l'altitude d'origine de provenances d'épicéa commun ; mais la dispersion à l'intérieur des régions d'origine qu'il étudie est très grande et l'auteur conclut que la variation de précocité dépend probablement de variations très localisées du climat, en particulier l'allure de la remontée thermique printanière. Hölzer (1963, cité dans Galoux 1966) déclare que les provenances d'épicéa commun de haute altitude cultivées en plaine ne débourrent pas avant celles de basses altitudes, et admet que le débourrement est influencé par la photopériode, de telle sorte que les provenances de haute altitude débourrant tard répondent surtout à l'action des jours longs. Des essais sur l'érable sycomore ont montré que les provenances de haute altitude cultivées en plaine débourraient plus tard que les provenances de basse altitude : cette essence aurait un comportement voisin de celui de l'épicéa commun précisé par Hölzer. Enfin, certaines comparaisons de provenances ne montrent pas de corrélation significative entre la date de débourrement et l'altitude de l'aire d'origine. C'est le cas pour des provenances de bouleaux (Sharik et Barnes 1976), de douglas (Christophe et Birot 1979), de sapin de Vancouver (Lacaze et Tomassone 1967).

**Plus l'altitude augmente et plus la période de végétation est réduite.** La période d'assimilation des hêtraies varie selon Ebermayer, cité par Rubner (1960, cité dans Malaisse 1964), en Bavière, de 184 jours à 200 m, à 152 jours à 1000 m d'altitude. A partir de dates de débourrement et de chute des feuilles, Baumgartner *et al.* (1956, cités dans Galoux 1966), ont calculé les périodes de végétation des hêtraies en Allemagne : celles-ci diminuent en moyenne de 7 jours pour une élévation de 100 mètres.

En Haute-Ardèche, la période de végétation, définie comme la période de l'année pendant laquelle la température est supérieure à un seuil de 7°C, commence 6,6 jours plus tard pour une élévation de 100 m en altitude, tandis que la fin change moins rapidement (3,8 jours pour 100 m de dénivellation), ce qui provoque une asymétrie des saisons. Sa durée diminue de 10,4 jours pour 100 m de dénivellation (**figure 8**) (Oswald 1969). La figure 9 présente le diagramme phénologique selon la saison dans les Alpes (Ozenda 1985).

De Montard (1987) a estimé la durée de la période de végétation pour le Puy de Dôme, définie comme le nombre de jours avec une température supérieure à 6°C : elle est de 270 jours à 400 mètres et de 165 jours à 1400 mètres.

Primault (1990), qui a défini le début de la période de végétation en partant de 7 jours consécutifs dont la température moyenne journalière de l'air est supérieure ou égale à 5°C, remarque que ces impacts (seuil thermique et/ou durée d'action) n'agissent pas de façon identique en plaine et en montagne. Ses travaux sur l'épicéa et le mélèze montrent que, dans une station de plaine, le débourrement apparaît après la date théorique du début de la période de végétation, tandis que dans une station de montagne, la majorité des dates de débourrement du mélèze précèdent cette date théorique.

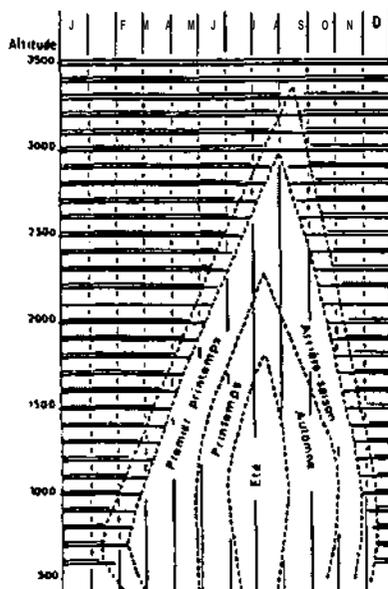


**Figure 8.** Début, fin et durée de la période de végétation ( $T > 7^{\circ}\text{C}$ ) en fonction de l'altitude, en Haute-Ardèche (d'après Oswald 1969)

**Liaisons et corrélations entre l'altitude et les dates de début, de fin, et la durée de la période de végétation:**

$$\begin{aligned}
 Y &= 42,57 + 6,63 X & K &= -0,996 & s_y &= 3,04 \\
 Y' &= 335,38 - 3,79 X & R &= 0,981 & s_{y'} &= 3,84 \\
 Y'' &= 292,81 - 10,42 X & R &= 0,993 & s_{y''} &= 6,33
 \end{aligned}$$

Y: ième jour de l'année du début de la période de végétation  
 Y': ième jour de l'année de la fin de la période de végétation  
 Y'': durée de la période de végétation en jours  
 X: altitude exprimée en mètres, et multipliée par  $10^2$



La figure ci-contre représente le diagramme phénologique des saisons en fonction de l'altitude. Les traits horizontaux épais et fins représentent respectivement la période enneigée en versant nord (ubac) et en versant sud (adret) (Vallée moyenne de l'Inn). Au centre de la figure, les saisons de la plaine sont représentées. Le raccourcissement de la période végétative au-dessous de 500 m est dû à l'inversion de température pendant l'hiver dans le fond des vallées (Ozenda 1985).

D'une façon générale, la période végétative est d'autant plus brève (et froide) que l'altitude est élevée. Le diagramme n'est pas symétrique ce qui signifie que la remontée du printemps en altitude est un phénomène plus progressif que la descente de l'automne.

**Figure 9.** Diagramme phénologique des saisons en fonction de l'altitude (d'après Ozenda 1985)

#### 4.8. Influence de la topographie

Certaines variations peuvent être en partie attribuées aux variations locales de topographie, qui modifient sensiblement les caractéristiques climatiques.

Comps *et al.* (1987) trouvent, dans une chênaie-hêtraie, une précocité croissante suivant l'ordre station froide de fond de vallée, puis station froide de bas de versant, versant nord, au-dessus d'une coupe, donc peu protégé, versant nord protégé, plateau. Cointat (1959) indique que des hêtres en plateau ont une période végétative plus importante que ceux en versant nord (**annexe 1**). Les populations des versants froids ont un débourrement plus tardif que celles des versants chauds (Galoux 1966). Engler (1911, cité dans McGee 1975) a remarqué qu'une forêt de hêtres en Suisse débourrait en moyenne 8 jours plus tôt sur des versants nord que sur des versants sud, cette particularité étant attribuée aux différences de conditions lumineuses. Galoux (1966) a cartographié le débourrement de hêtraies naturelles croissant sur un territoire comportant des stations écologiques contrastées. Les esquisses cartographiques montrent une large variabilité du débourrement sur un secteur de faible étendue : le débourrement est le plus hâtif sur les versants ouest et sud-ouest, et le plus tardif dans les vallées encaissées, de même que sur les versants exposés au nord et à l'est. Dans les stations supérieures à 500 mètres d'altitude, et notamment celles voisines des sols tourbeux, le débourrement est également tardif.

#### 4.9. Influence de la densité du peuplement et de la canopée

Il semblerait que les coupes d'éclaircies au sein d'un peuplement fermé de hêtre accentuent la précocité du débourrement et celle de défoliation (Comps *et al.* 1987). Dans un peuplement de chêne sessile, Bréda (1994) observe, au cours du premier printemps suivant une éclaircie, que les arbres du traitement éclairci débourrent significativement plus tôt (6 jours de décalage) que des arbres témoins.

Schaffalitzky de Muckadell (1959, cité dans Galoux 1966) a montré que des rameaux peu éclairés débourraient plus tôt que des rameaux fortement éclairés. Engler (1911, cité dans McGee 1975) a observé que des bourgeons de hêtre formés à l'ombre débourraient presque toujours plus tôt que ceux formés en plein soleil : les premiers possèdent des écailles plus fines et moins serrées, et sont donc plus sensibles aux effets des stimuli externes induisant l'ouverture des bourgeons. Une régénération exposée en pleine lumière depuis plusieurs années débourre plus tardivement qu'un rajeunissement demeuré sous le couvert (Engler 1911, cité dans Galoux 1966). De plus, Engler a noté que dans une plantation jeune à découvert, les températures minimales nocturnes printanières étaient plus faibles que sous le couvert d'une vieille hêtraie, ce qui est de nature à retarder la feuillaison.

Des études sur de jeunes plants de chêne rouge et de chêne écarlate précisent l'influence de la présence de canopée sur la date de débourrement: des jeunes plants qui se sont développés sous la canopée débourrent plus tôt (9 jours) que ceux qui se sont développés à découvert (McGee 1976). Le débourrement demeure plus précoce quand les plants sont transférés à découvert en janvier, avant le début de la saison de croissance. Il semble que ce soient les conditions dues à la présence ou à l'absence de canopée pendant la saison de croissance précédente, ou avant janvier, qui influent sur le débourrement (McGee 1975).

Dans un peuplement, l'ordre de débourrement progresse du sol vers les cimes en relation avec la progression du réchauffement moyen printanier de l'habitat, qui procède des couches d'air proches du sol vers les horizons occupés par les hautes cimes. De plus, les bourgeons ne se forment pas en été sous les mêmes conditions lumineuses. Les bourgeons de la haute cime sont plus éclairés que ceux de la basse cime et du sous-bois, ce qui conduit à un débourrement plus précoce des bourgeons bas (Galoux 1966).

Ceci entraîne une différence de précocité du débourrement:

- 1) Suivant la classe sociale, les individus dominés feuillant avant les dominants du même peuplement (Leibundgut et Kunz 1952, Baumgartner *et al.* 1956, cités dans Galoux 1966) ;

- 2) Suivant la taille, la majorité des sujets de faible dimension étant les premiers à débourrer au printemps (Galoux 1966).

#### 4.10. Influence de l'âge

Le débourrement se produirait plus tard chez les arbres adultes que chez les jeunes plants (Beuker 1994 ; Menzel et Fabian 1999). C'est le cas pour le chêne pédoncule, le hêtre (Engler 1911, cité dans Galoux 1966), les jeunes épicéas (Büsgen et Münch 1929, cités dans Hannerz 1999 ; Ununger *et al.* 1988), le douglas (Silen 1962 ; Irgens-Moller 1957). Pour le douglas, la différence de précocité entre des arbres adultes et leurs descendants a été estimée à deux semaines, et attribuée au microclimat plus favorable près du sol (Silen 1962). Au contraire, Schaffalitzky de Muckadell (1959, cité dans Galoux 1966) remarque qu'un hêtre se met en feuilles plus tard au stade juvénile qu'au stade de maturité, ce phénomène étant dû au vieillissement des méristèmes. Crawley et Akhteruzzaman (1988) évoquent aussi une tendance selon laquelle les arbres feuilleraient plus tôt en vieillissant, mais n'ont cependant pas réussi à montrer de corrélation significative.

La défoliation de jeunes hêtres, observés dans des futaies, est plus précoce que celle des arbres de la haute futaie (Malaisse 1964).

#### 4.11. Variabilité intra-individuelle

La variabilité intra-individuelle du débourrement et de la sénescence constitue une difficulté pour la détermination de la date de réalisation des événements phénologiques, car il est laborieux de donner une moyenne pour un individu, en particulier sur de grands arbres. Cette variabilité peut être importante. Ainsi, chez le chêne, Lavarenne-Allary (1965) a remarqué que, sur un même souche, certains bourgeons apicaux commençaient à s'épanouir 2 semaines avant d'autres. Chez les espèces qui ont des houppiers importants, les bourgeons des parties inférieures, qui sont les moins éclairés, débourrent les premiers (Engler 1911, cité dans McGee 1975).

Pour le hêtre, sur un même individu le débourrement s'opère généralement du bas vers le haut (Engler 1911, cité dans Galoux 1966 ; Cointat 1959 ; Malaisse 1964 ; Galoux 1966 ; Riedacker 1981). Ce phénomène est sans doute lié au microclimat, les bourgeons bas étant moins éclairés lors de leur formation, et la réchauffement printanier débutant par le bas. Ce n'est cependant nullement une règle et, dans bien des cas, les bourgeons éclatent d'abord en cime (Cointat 1959). Les expériences de Galoux (1966) sur l'ordre de débourrement des bourgeons de jeunes hêtres indiquent que : 1) sur un même rameau long, le débourrement va du bourgeon terminal vers les bourgeons basiliaires ; 2) dans le même étage de branches, les rameaux longs débourrent avant les rameaux courts. Schaffalitzky de Muckadell (1959, cité dans Galoux 1966) a montré que, sur un même individu, l'âge des méristèmes entraîne des propriétés physiologiques particulières, les matériels à méristèmes juvéniles se mettant en feuille plus tard que ceux constitués par du méristème âgé.

Chez les résineux, on observe généralement le schéma de développement suivant : débourrement des bourgeons des rameaux latéraux, puis des bourgeons latéraux de l'axe principal, et enfin du bourgeon terminal. Un tel schéma a été mis en évidence pour l'épicéa commun (Langner et Stem 1964, cités dans Galoux 1966 ; Hannerz 1999), les sapins (Libby *etal.* 1980 ; Worrall 1983 ; Fady 1991 ; Ducrey 1998), le douglas (Sweet 1965 ; White *et al.* 1979). Pour le douglas, Sweet (1965) a noté un intervalle de 1 à 23 jours entre le débourrement du premier bourgeon latéral et du bourgeon terminal, selon la provenance. De plus, cet écart varie selon les années (White *et al.* 1979). Notons que ce schéma de débourrement peut avoir une importante signification adaptative: le bourgeon terminal, crucial pour la croissance en hauteur, serait ainsi protégé des gelées tardives (Libby *et al.* 1980). Sweet (1965) a suggéré que l'intervalle de temps séparant le débourrement des bourgeons latéraux et du bourgeon terminal était fortement lié à l'environnement des populations : ses comparaisons de provenances de douglas ont montré que les provenances pour lesquelles cet intervalle était long venaient de climats plus doux que celles avec un petit intervalle.

Libby *et al.* (1980) observent que les bourgeons de sapin exposés au sud montrent généralement un degré de débourrement supérieur à celui des bourgeons exposés au nord. Ce schéma peut en partie être attribué au microclimat régnant près de l'arbre: les branches proches du sol et celles exposées au sud sont soumises à une plus grande énergie rayonnante et à une plus haute température de l'air (Geiger 1957).

Enfin, comme pour la foliation, l'apparition des couleurs automnales et la chute des feuilles, chez le hêtre par exemple, sont des phénomènes qui varient pour l'ensemble de la cime d'un individu (Malaisse 1964).

#### 4.12. Influence d'autres facteurs externes

##### 4.12.1. Pollution atmosphérique et effets du CO<sub>2</sub>

Les polluants atmosphériques peuvent modifier sérieusement la phénologie des arbres (Sparks et Carey 1997). De nombreux auteurs ont remarqué une sénescence prématurée et/ou un retard de la période végétative sous l'influence de polluants (Kurteva 1980, Stirban *et al.* 1987, Vasfilov 1989, Nihlgard 1990, Srodnych et Vlasenko 1990, cités dans Stefancik 1997). Pour le hêtre, Stefancik (1997) remarque que la proximité d'une usine d'aluminium a une faible influence sur les phénophases de printemps mais avance la sénescence. Des expériences en laboratoire indiquent que le débourrement du hêtre est plus tardif sous l'impact de cadmium et de plomb (Breckle et Kahle 1992). Pour le bouleau, Srodnych et Menshikov (1988) ont observé un retard des phénophases de printemps de 2 semaines sous l'impact de poussière de magnésite.

Quelques expériences ont montré que le taux de CO<sub>2</sub> pouvait influencer la date de débourrement. Cette dernière est généralement plus tardive lorsqu'on augmente le taux de CO<sub>2</sub>. Pour des douglas soumis à une température élevée (température ambiante + 4°C), la date de débourrement de 30% des bourgeons terminaux des rameaux se produit environ 10 jours plus tard en présence d'un taux de CO<sub>2</sub> élevé ([CO<sub>2</sub>]ambiante + 200 ppm) qu'en présence d'un taux de CO<sub>2</sub> ambiant ; cependant l'élévation du taux de CO<sub>2</sub> n'a pas d'effet sur le bourgeon terminal dans cette expérience (Guak *et al.* 1998). Des expériences sur de jeunes épicéas de Sitka montrent que le bourgeon terminal de plants soumis à un taux de CO<sub>2</sub> élevé (700  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) débourre quelques jours après celui de plants soumis à un taux ambiant (350  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) ; un résultat similaire est mis en évidence pour plusieurs clones. La réponse des plantes peut varier suivant la nutrition minérale: une élévation du taux de CO<sub>2</sub> retarde le débourrement de plants recevant une faible teneur en nutriments, mais n'influence pas le débourrement de plants recevant une teneur élevée en nutriments (Murray *et al.* 1994).

##### 4.12.2. Nutrition minérale

Une carence minérale tend à retarder le débourrement et à avancer la chute des feuilles ou aiguilles, suite au stress physiologique. Une fertilisation azotée avance le débourrement et retarde la chute des feuilles (Ulrich 1997). Des expériences sur de jeunes épicéas de Sitka montrent que lorsqu'on augmente la teneur en azote de solutions nutritives, le débourrement est plus précoce (Murray *et al.* 1994). Benizian *et al.* (1974) et van den Driessche (1991) trouvent aussi qu'une haute teneur en azote accélère le débourrement. Enfin, Bigras *et al.* (1996) ne remarquent pas d'influence de la nutrition azotée sur le débourrement, cependant dans leurs expériences la teneur en azote est plus faible que dans les expériences précédentes.

##### 4.12.3. Attaques parasitaires

L'attaque de champignons tend à retarder le débourrement et à avancer la chute des feuilles ou aiguilles, suite au stress physiologique (Ulrich 1997). Le taux de défoliation par les insectes peut influencer la date de débourrement l'année suivante, une défoliation sévère conduisant à une avance de plusieurs jours du débourrement (Heichel et Turner 1976, Gradwell 1974, cités dans Crawley et Akhteruzzmann 1988).

### 4.13. Influence de facteurs internes (génétiques)

La variabilité du débourrement peut être interprétée comme le reflet d'une sélection naturelle : les provenances ont pu s'adapter différemment selon les conditions écologiques de leur lieu d'origine, de manière à « optimiser leur date de débourrement » (Campbell et Sugano 1979, cités dans Fady 1991).

#### 4.13.1. Etude de la variabilité génétique: comparaison de provenances

En général, chez les espèces forestières, le débourrement végétatif est sous forte dépendance génétique (Teissier du Cros 1981). L'étude des variations de phénologie des arbres selon leur provenance, souvent réalisée en plantation au stade juvénile, a mis en évidence une forte variabilité au sein d'une même espèce, et l'existence de véritables écotypes phénologiques. L'analyse des dates de débourrement de différentes provenances indique souvent des différences statistiquement significatives : chez le douglas (Biro et Ferrandes 1972 ; Christophe et Biro 1979 ; White *et al.* 1979), les pins (Steiner 1979), l'épicéa commun et l'épicéa de Sitka (Lacaze 1970 ; Murray *et al.* 1994), plusieurs espèces de sapins (Lacaze et Tomassone 1967 ; Arbez 1969 ; Libby *et al.* 1980 ; Worrall 1983 ; Fady 1991), le hêtre (Galoux 1966), l'érable plane (Westergaard et Eriksen 1997), le caractère précocité du débourrement permet une bonne différenciation des provenances. Dans un échantillon de 30 provenances du dispositif de l'INRA-Orléans, il a été observé que 10 jours séparent en moyenne le débourrement de la provenance la plus précoce de celui de la provenance la plus tardive (Teissier du Cros 1989). Galoux (1966) pense que le seuil thermique d'activation des méristèmes est variable d'une provenance à l'autre.

La comparaison du classement des provenances de hêtre (Galoux 1966 ; Teissier du Cros 1981, 1989, 1994 ; Teissier du Cros et Thiebaut 1988; Vernier et Teissier du Cros 1996), de chêne sessile (Ducouso *et al.* 1996), de douglas (Morris *et al.* 1957 ; Silen 1962 ; Biro et Ferrandes 1972 ; Christophe et Biro 1979 ; White *et al.* 1979), d'épicéa commun (Hannerz 1999 ; Lacaze 1970), de sapins (Worrall 1983), selon leur date de débourrement végétatif, a montré une très grande stabilité dans l'espace et dans le temps, en dépit des variations climatologiques, ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle ce caractère adaptatif est sous fort contrôle génétique - il est peu soumis à l'interaction génotype-milieu. Chez le hêtre, la variance génétique totale représente 93% de la variation : la variance entre sous-populations représente 47% de la variance totale, tandis que la variance entre familles de demi-fratries dans les sous populations représente 46% (Teissier du Cros 1981). Chez le douglas, la composante génétique de la variation totale de la date de débourrement a été estimée à environ 95 % (Silen 1962). Libby *et al.* (1980) ont mis en évidence une variabilité génétique significative du débourrement du sapin du Colorado entre différentes régions géographiques, entre populations dans les régions géographiques, entre les familles d'une population, et entre les arbres d'une famille. Les travaux de Fady (1991) sur le sapin de Céphalonie indiquent que la variabilité génétique est plus affirmée entre les familles d'une même provenance qu'entre différentes provenances, et que la variabilité individuelle (*ie*, en partie environnementale) est très importante. Lacaze et Arbez (1971) remarquent aussi que, pour le débourrement de l'épicéa commun, l'amplitude de la variabilité semble plus forte au niveau individuel qu'au niveau provenance.

Pour le sapin pectine, Arbez (1969) a noté, au stade juvénile, une instabilité du classement de précocité entre provenances, qui peut avoir plusieurs causes (lenteur des processus d'organisation par exemple). On peut cependant remarquer que Debazac (1967) avait déjà signalé une instabilité du classement de précocité de diverses espèces de sapins, suivant les conditions de l'année d'observation.

La valeur absolue de l'écart entre la provenance la plus tardive et la plus précoce ne peut être dissociée des conditions climatiques du printemps, et en particulier du régime thermique. White *et al.* (1979) remarquent que des provenances de douglas répondent différemment chaque année : les dates de débourrement tendent à se regrouper les années où le débourrement est précoce, et s'écartent quand il devient tardif.

Il est difficile de dégager une corrélation entre la précocité du débourrement et l'écologie des lieux de provenances (Galoux 1966). Krahl-Urban (1958, cité dans Galoux 1966) a néanmoins constaté que des provenances issues d'un même territoire écologique se comportaient de manière assez semblable.

#### 4.13.2. Héritabilité de la précocité/tardiveté du débournement

Divers auteurs ont montré que le caractère de précocité du débournement végétatif était héréditaire.

Concernant l'épicéa commun, Hölzer (1963, cité dans Galoux 1966) remarque que le débournement de descendances se produit dans un ordre conforme à celui des arbres parents. Langner et Stern (1964, cités dans Galoux 1966) notent que la précocité/tardiveté du débournement résulte de l'effet additif de gènes et constitue un caractère porteur d'une héritabilité élevée. Lacaze et Arbez (1971) obtiennent des valeurs d'héritabilité de 0,28 à 0,51. Ce sont des valeurs modérées, pour un caractère stable et déterminé génétiquement, comme le suppose Lacaze (1970), probablement à cause d'une variance environnementale élevée (Thielges et Beck 1976), et de la précision des estimations, sans doute biaisée par la méthode d'appréciation du caractère. Les résultats de Lacaze et Arbez (1971) tendent à prouver que l'héritabilité est un paramètre caractéristique des populations et non pas de l'espèce.

Pour le hêtre, Teissier du Cros (1981, 1989) a remarqué que la liaison mères-descendants était excellente. Galoux (1966) note que des provenances d'érable sycomore débourrent dans un ordre strictement conforme à celui des peuplements parentaux. Jensen (1993) a obtenu une très haute valeur d'héritabilité ( $h^2=0,87$ ) pour le chêne pédoncule. De bons niveaux d'héritabilité ont aussi été calculés pour des provenances de douglas (Christophe et Birot 1979). Fady (1991) a calculé, chez le sapin de Céphalonie, une héritabilité assez moyenne, comprise entre 0,19 et 0,31, constante d'une provenance à l'autre, et sans doute extrapolable à l'ensemble de l'espèce. Notons enfin que les valeurs calculées en plantation sont nettement inférieures à celles obtenues en milieu contrôlé (Nienstaedt 1972, cité dans Fady 1991).

#### 4.14. Conclusion

Le contrôle de la réalisation des événements phénologiques apparaît complexe. Les divers facteurs écologiques jouent un rôle très variable selon les espèces, mais dans la majorité des cas ils ne sont pas indépendants. En ce qui concerne le débournement, on peut retenir que le principal facteur déterminant est la température de l'air. La photopériode n'a qu'une faible influence, sauf pour le hêtre. Même si, en conditions expérimentales, les jours longs hâtent le débournement, en conditions naturelles les photopériodes ayant un effet important sur le débournement se rencontrent rarement avant que celui-ci ne se réalise. De plus, les besoins en froid sont généralement satisfaits, ce qui rend négligeable l'influence de ce facteur. Si la date de débournement dépend des conditions environnementales, elle est aussi conditionnée génétiquement, et il est fréquent que différentes provenances d'une même espèce montrent, pour ce caractère, des différences significatives. Le déterminisme des phases de sénescence a été peu étudié, mais il semble que la photopériode joue ici un rôle important. Enfin, on peut noter que, pour le hêtre, certains auteurs n'ont pas remarqué de corrélation, au niveau individuel, entre la précocité de défoliation et celle du débournement. En revanche, Galoux (1966) trouve, en dispositif expérimental, que les sous-populations à débournement hâtif accusent des colorations automnales plus précoces que celles à débournement plus tardif. Pour le chêne pédoncule, Crawley et Akhteruzzaman (1988) ont remarqué, au niveau individuel, une corrélation entre la précocité de chute des feuilles et celle du débournement la même année.

## 5. MODELES PHENOLOGIQUES DE PREDICTION DES DATES DE DEBOURREMENT

Cette partie constitue une synthèse des différents modèles de prédiction du débournement trouvés dans la littérature. Les modèles présentés ont été initialement développés pour décrire l'évolution de bourgeons végétatifs ou floraux, mais peuvent être utilisés, ou du moins testés pour les 2 types de bourgeons. Il existe trois grands types de modèles pour prédire le débournement :

- ceux qui ne prennent en compte que la réponse des plantes au réchauffement printanier ;
- ceux qui intègrent en plus l'action des températures froides et donc le phénomène de dormance ;
- ceux qui intègrent la photopériode seule ou en combinaison avec la température.

### 5.1. Modèles considérant uniquement la réponse au réchauffement printanier

#### 5.1.1. *Modèles des sommes de températures et des coefficients de température $Q_{10}$*

La température étant un facteur déterminant pour la phénologie et le développement des végétaux, l'idée a été émise très tôt (depuis Réaumur en 1735) qu'on pouvait additionner les températures moyennes de chaque jour, jour après jour, et calculer des « sommes de températures », afin d'aboutir à une constante caractéristique, propre à chaque phase du développement. Cependant, pour chaque jour il ne faut considérer que la différence entre la température réelle observée et le zéro de développement de la plante, au-dessous duquel l'action de la température n'est pas apparente (Geslin 1952). La température est donc diminuée d'un seuil apparent de développement, appelé "seuil de développement" ou "seuil de végétation". On obtient alors la somme des températures effectives (Geslin 1952). De plus, il est nécessaire de déterminer, quand on ne connaît pas le début de la phase de développement considérée, une date initiale de sommation. Dans le cas du débournement, le début du calcul des sommes devrait correspondre à la date à laquelle la dormance est levée. Les sommes de températures correspondent à un ajustement linéaire de la loi d'action de la température sur le développement. L'unité servant à prévoir la somme de températures au cours d'une phase de développement est le degré-jour (le degré-heure est aussi utilisé plus rarement).

*Dans la mesure où l'approximation linéaire est justifiée, la somme de températures moyennes effectives journalières (températures moyennes diminuées d'un seuil apparent de développement) au cours d'une même phase de développement est constante pour un génotype donné (Durand 1967, 1969).*

Au cours du siècle dernier, de nombreuses formules ont été proposées, utilisant non plus la température moyenne de l'air, mais le minimum ou le maximum journalier ou encore les deux. Plus tard, outre le seuil pour les basses températures, un seuil pour les températures élevées a été proposé (Durand 1969).

Lorsque les basses températures sont prédominantes, en particulier en hiver et au printemps, l'ajustement linéaire n'est plus satisfaisant (la courbe d'action de la température sur la vitesse d'évolution des plantes tendant progressivement vers zéro pour les températures basses). Vers la fin du siècle dernier est apparue la méthode du  $Q_{10}$ , qui consiste à remplacer la somme de températures journalières diminuées d'un seuil par celle d'un coefficient ( $Q_{10}$ ) fonction exponentielle de la température. Cet ajustement exponentiel se justifie par le fait que le développement du végétal résulte de réactions chimiques dont la vitesse croît exponentiellement avec la température. Cette méthode ne convient pas pour les températures élevées, mais est surtout utilisée en hiver et au début du printemps, tandis que celle des sommes de températures a la préférence à la fin du printemps et au début de l'été (Durand 1967, 1969).

*Dans la mesure où l'hypothèse d'un ajustement exponentiel est acceptable, le cumul des indices de développement quotidiens ( $Q_{10}^{t_j}$ , où  $t_j$  désigne la température journalière moyenne) peut être assimilé à une constante pour une phase phénologique déterminée et un génotype donné (Brochet et al. 1971).*

D'après les divers travaux relatifs à ce sujet, la courbe représentative de la vitesse de développement d'une plante ou d'un organe végétal en fonction de la température est de forme sigmoïde (Sarvas 1972 ; Kramer 1994b). Les ajustements proposés pour traduire de façon mathématique la loi d'action de la température sur le développement

ne nécessitent pas la connaissance de cette loi d'action. Ils sont utilisés par de très nombreux auteurs et ont été analysées en détail par Durand (1967, 1969) et Brochet *et al.* (1971).

Si l'on désigne par :

- $a(t)$ , l'action thermique au temps  $t$  (souvent calculée avec un laps de temps de un jour) ;
- $T$ , la température au temps  $t$  (on considère souvent la température moyenne journalière) ;
- $S$ , le seuil thermique apparent de la végétation.

La formule générale pour le calcul des sommes thermiques est la suivante :

$$a(t) = T - S$$

avec  $a(t) = 0$  si  $T \leq S$  (équation 1)

On utilise souvent les températures maximales et minimales journalières pour calculer les sommes des températures effectives ou des indices de développement.

Si l'on désigne par :

- $a$ , l'action thermique journalière ;
- $M$ , la température maximale journalière ;
- $m$ , la température minimale journalière ;
- $S$ , le seuil thermique apparent de la végétation.

Les actions thermiques journalières peuvent se formaliser de la façon suivante :

- ACTION LINEAIRE (méthode des sommes de températures)

$$a = (M - S) + (m - S)$$

avec  $(M - S)$  ou  $(m - S) = 0$  si  $M$  ou  $m \leq S$  (équation 2)

$$a = [(M - m) / 2] - S$$

si  $[(M + m) / 2] < S$  alors  $[(M - m) / 2] = S$  ( $a = 0$ ) (interprétation 1)  
 si  $M < S$  alors  $M = S$ , et si  $m < S$  alors  $m = S$  (interprétation 2)

McMaster et Wilhelm (1997) notent qu'on trouve dans la littérature deux interprétations différentes de l'équation 3. Pour la modélisation du débourrement des arbres, dans la plupart des travaux utilisant des degrés-jours, c'est l'équation 3 qui est employée, en comparant le seuil à la moyenne des températures journalières extrêmes (Cannell et Smith 1983 ; Kramer 1994b ; Chuine *etal.* 1999).

- ACTION EXPONENTIELLE (méthode des sommes de Q10)

$$a = Q_{10}^{M/10} + Q_{10}^{m/10}$$

(équation 4)

Des modifications ont été suggérées afin d'améliorer les équations pour le calcul des degrés-jours comme :

- 1) *Incorporer un seuil de température supérieur* (Gilmore et Rogers 1958 ; McMaster et Smika 1988 ; Wang 1960 ; Richardson *et al.* 1975). Pour la floraison des pêchers, Richardson *et al.* (1975) calculent les sommes thermiques en utilisant une température de base de 4,5°C et un seuil supérieur de 25°C. Ils se basent sur des

études ayant montré qu'à 26°C environ, les bourgeons de pêcher avaient un taux maximum de développement. Les températures supérieures à 25°C sont supposées égales à 25°C ;

- 2) **Convertir en unités photothermiques** en ajoutant une variable photopériodique (Nuttonson 1948 ; Masle *et al.* 1989 ; Oger et Glibert 1989) ;
- 3) **Utiliser seulement les températures maximales et minimales d'une portion du jour** (Cross et Zuber 1972 ; Mastle *et al.* 1989) ;
- 4) **Incorporer des fonctions pour d'autres facteurs environnementaux** qui affectent la phénologie (disponibilité en eau, nutrition, qualité et quantité de lumière, CO<sub>2</sub>) (McMaster *et al.* 1992 ; Wilhelm et McMaster 1995).

### 5.1.2. Utilisation pratique et limites de ces modèles

Ces méthodes sont très utilisées pour la prédiction des événements phénologiques, particulièrement en agriculture. Elles permettent une planification des travaux agricoles, la prédiction des dates optimales des semis et des récoltes d'espèces cultivées (Niqueux et Arnaud 1967 ; Bloc et Gouet 1977 ; French *et al.* 1979). Elles ont été appliquées au débourrement du pommier par Bidabe (1967). Elles peuvent aussi être utilisées pour la reconstitution de données absentes lorsqu'il manque certaines dates d'apparition de stades phénologiques. Inversement, elles servent pour la déduction de certains aspects du climat à partir d'observations phénologiques. Ainsi Angot, en 1883, tenta de reconstituer le climat moyen de la Bourgogne depuis le XIV<sup>ème</sup> siècle en utilisant les dates des vendanges à Dijon.

Les limites de ces méthodes ont été présentées par Brochet *et al.* (1971) :

- 1) Les ajustements adoptés ne sont que des approximations valables dans une gamme de températures limitée ;
- 2) La température n'est pas le seul facteur climatique agissant sur le développement. Le rayonnement, la sécheresse, la durée du jour peuvent prendre, suivant les plantes, une influence prépondérante ;
- 3) La réponse d'une plante ne dépend pas seulement des conditions thermiques durant sa croissance mais aussi des circonstances antérieures (dormance, printanisation), de son âge... ;
- 4) L'action des températures moyennes peut se superposer celle de l'amplitude thermique quotidienne ;
- 5) Les températures prises en considération (températures moyennes sous abri météorologique) ne sont pas exactement celles que subissent les plantes.

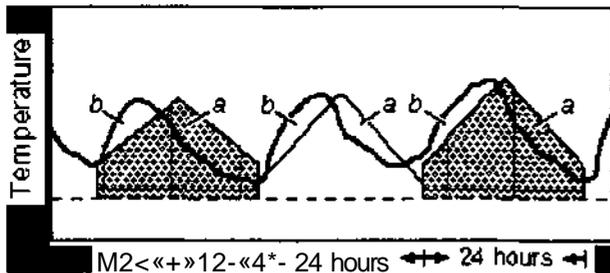
Toutefois, les auteurs indiquent que les différences climatiques en un lieu donné sont - à moins d'un changement climatique important - relativement faibles d'une année à l'autre, pour une même époque: la durée du jour est identique, l'alternance des saisons persiste, les amplitudes thermiques sont du même ordre de grandeur, les relations entre la température sous abri et la température à laquelle sont soumises les plantes sont semblables. De nombreuses études prouvent la validité des sommes de températures, cependant leur généralisation dans l'espace ne peut être envisagée sans précaution: à des complexes climatiques différents peuvent correspondre des ajustements différents.

### 5.7.3. Présentation d'autres méthodes pour le calcul des degrés-jours

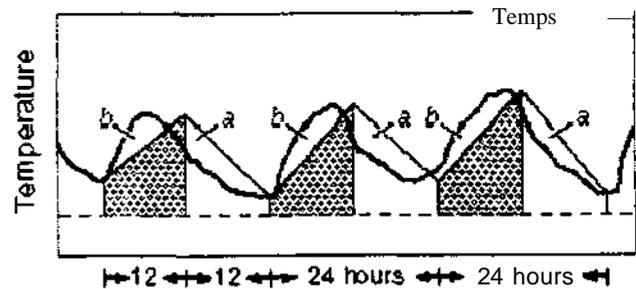
Les degrés-jours peuvent aussi être calculés grâce à une courbe de température, représentant la température en fonction du temps. On mesure, chaque jour, l'aire comprise sous la courbe et au-dessus du seuil de température choisi (ou entre les seuils, si on utilise aussi un seuil supérieur). Plusieurs études ont tenté d'améliorer les procédures pour calculer l'intégrale de la courbe de température (Baskerville and Emin 1969 ; Allen 1976 ; De Gaetano et Knapp 1993 ; Spano *et al.* 1999). Les méthodes utilisées sont les suivantes :

- 1) **La méthode des triangles** (« *single triangle method* », **figure 10a**) consiste à tracer une ligne droite entre la température minimale journalière (heure 0) et la température maximale (12<sup>ème</sup> heure) puis à prolonger cette ligne jusqu'à la valeur de la température minimale (24<sup>ème</sup> heure), ce qui forme les deux cotés d'un triangle. Cette méthode présume que la courbe de température est symétrique de part et d'autre de la température maximale. Il existe une modification de cette méthode (« *double triangle method* », **figure 10b**), qui utilise

pour tracer le deuxième côté du triangle la température minimale du jour suivant : on calcule alors les degrés-jours pour une journée en additionnant les degrés-jours de chaque demi-journée.

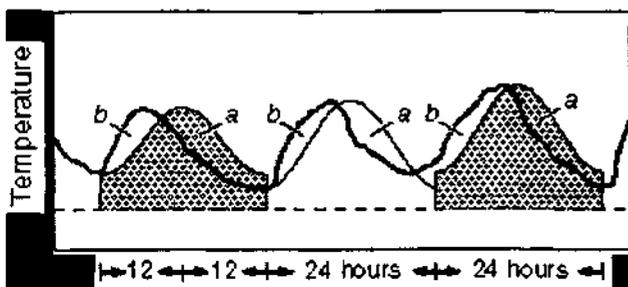


**Figure 10a.** La méthode des triangles simple pour le calcul de degrés-jours (d'après UC - IPM 2001)

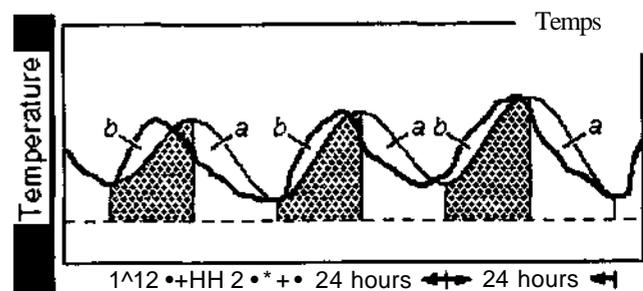


**Figure 10b.** La méthode des triangles modifiée pour le calcul de degrés-jours (d'après UC - IPM 2001)

- 2) La méthode des sinusoides (« single sine method », **figure 11a**), proposée par Arnold (1960), utilise les températures journalières maximale et minimale afin de représenter une courbe de température sinusoidale pour une journée. Cette méthode présume aussi que la courbe de température est symétrique de part et d'autre de la température maximale. Arnold (1960) a montré que, pour chaque jour, l'aire située sous une telle sinusoidale était une bonne approximation de l'aire sous la véritable courbe de température. Dans cette méthode (et dans la méthode des triangles), deux situations peuvent être rencontrées : soit la température minimale journalière est supérieure au seuil, soit elle est inférieure au seuil. Baskerville et Emin (1969) ont proposé un programme permettant de calculer les degrés-jours grâce à cette méthode en considérant ces deux cas, et en considérant deux autres cas incluant un seuil supérieur de température. Il existe une modification de cette méthode (« double sine method », **figure 11b**), utilisant pour tracer la deuxième partie de la courbe la température minimale du jour suivant.



**Figure 11a.** La méthode des sinusoides simple pour le calcul de degrés-jours (d'après UC - IPM 2001)



**Figure 11b.** La méthode des sinusoides modifiée pour le calcul de degrés-jours (d'après UC - IPM 2001)

Ces méthodes sont aussi des ajustements linéaires de la loi d'action de la température sur le développement. Il existe des méthodes non linéaires (Yin *et al.* 1995).

#### 5.1.4. Estimation des paramètres

A chaque combinaison des paramètres - date d'initialisation et valeur du seuil apparent de développement ou du  $Q_{10}$  - correspond une somme d'actions thermiques, l'ensemble constituant un système. La valeur unitaire de chaque système, exprimée en jours moyens, correspond au quotient de la moyenne des sommes d'actions

thermiques par la « durée » moyenne de la phase de développement considérée (c'est-à-dire le nombre de jours compris entre la date d'initialisation et la date de réalisation du stade phénologique étudié).

Les paramètres sont généralement déterminés par des méthodes statistiques. Il est en effet difficile de déterminer les températures physiologiques de base pour une phase de développement donnée. Durand (1969) et Brochet *et al.* (1971) indiquent la méthode utilisée par la majorité des auteurs pour déterminer le meilleur système: elle repose sur l'analyse de la variabilité inter-annuelle des sommes d'actions journalières calculées à partir de combinaisons de différentes valeurs des paramètres, la meilleure combinaison étant celle qui conduit à la variabilité la plus faible, c'est-à-dire au plus petit écart-type, exprimé en unité du système considéré.

- 1) On collecte les observations phénologiques sur une phase de développement donnée plusieurs années de suite (ou éventuellement une même année, dans plusieurs sites ayant des conditions climatiques différentes) ;
- 2) On effectue ensuite, pour chaque année, la somme des actions thermiques journalières, avec différentes valeurs de seuils ou de  $Q_{jo}$ , et différentes dates d'initialisation ;
- 3) Pour chaque combinaison, la valeur moyenne et l'écart-type des sommes obtenues pour l'ensemble des années sont évalués (une dizaine d'années semble un minimum pour une telle étude) ;
- 4) Le choix du meilleur système se fait soit :
  - en prenant celui pour lequel l'écart-type, exprimé en degrés-jours, ou le coefficient de variation (rapport écart-type/moyenne) est le plus faible ;
  - en prenant celui pour lequel l'écart-type, exprimé en jours moyens, est le plus faible. Pour exprimer l'écart-type en jours moyens, on divise l'écart-type en degrés-jours par la valeur unitaire du système. Une autre technique consiste à déterminer la température moyenne au cours de la phase considérée (Durand 1969) - ou à la fin de cette phase (Brochet *et al.*, 1971) - pour l'ensemble des années ; puis on calcule alors la contribution apportée par cette journée (jour moyen), et on divise l'écart-type par cette valeur. Dans la méthode sommes de températures, l'écart-type est ainsi divisé par la différence entre la température moyenne et le seuil choisi ; dans la méthode des sommes de  $Q_{jo}$ , il est divisé par l'indice de développement calculé pour la température moyenne.

Thomson et Moncrieff (1982) déterminent aussi la meilleure combinaison à partir d'observations phénologiques. Pour chaque combinaison de date d'initialisation et de seuil, ils calculent le nombre de degrés-jours jusqu'à la date de débourrement observée, pour chaque année, grâce à la méthode des sinusoides (Baskerville et Emin 1969). Puis, ils calculent le nombre moyen de degrés-jours pour la période d'observation : le système date d'initialisation, seuil, nombre de degrés-jours ainsi constitué est alors utilisé pour déterminer une date de débourrement prédite, chaque année, à partir de données climatiques. Ils calculent ensuite la différence (date observée - date prédite) pour chaque année, puis la moyenne de ces différences, soit le nombre moyen de jours d'erreur pour chaque système. Le meilleur système est celui pour lequel le nombre moyen de jours d'erreur est minimal.

Kramer (1994b) détermine le meilleur système en comparant les sommes  $X$  (dates observées - dates prédites)<sup>7</sup>. Le meilleur système est celui pour lequel cette somme est minimale.

La date d'initialisation est parfois choisie en prenant le premier jour du printemps après 3 jours consécutifs dont la température moyenne est supérieure à la température de base (Prescher 1982 ; Hannerz 1994).

La température de base peut être déterminée en étudiant le taux de développement en fonction de la température, et en déterminant la valeur de l'intersection avec l'axe des abscisses (Arnold 1959 ; Yang 1995). Étant donnée la formule :

$$1/N = A + BT$$

- où N est la durée d'une phase de développement donnée ;
- $1/N$  le taux de développement ;
- A l'ordonnée à l'origine ;
- B le coefficient de régression ;
- T la température moyenne.

Lorsque  $1/N = 0$ , on peut déterminer la température de base, égale à  $-A/B$ .

C'est une méthode similaire qu'utilisent Campbell et Sugano (1975) pour trouver, en milieu contrôlé, le seuil thermique, pour chaque traitement. Afin de caractériser la réponse à la température d'une provenance, ils utilisent un taux moyen de développement journalier (DARD : « daily average rate of development »). Ainsi, si des bourgeons mettent 25 jours pour débourrer, le  $DARD = 100/25 = 4\%$  par jour = 4 **DARD**. Le **DARD** est d'autant plus grand que le débourrement est précoce. La provenance est soumise à des régimes de températures constantes différents, jusqu'au débourrement. Le DARD est calculé pour chaque régime thermique. Ensuite, on effectue la représentation graphique du DARD en fonction des régimes thermiques. Soient :

- **DD** le nombre de degrés-jours nécessaires pour la réalisation du débourrement ;
- S le seuil thermique ;
- N le nombre de jours nécessaires pour débourrer ;
- T la température à laquelle est soumise la provenance (régime thermique) ;

Dans le modèle de sommes de températures, on a théoriquement la relation :

$$N = DD / (T - S) \quad \text{d'où } DARD = 100/N = 100T/DD - 100S/DD$$

La représentation graphique  $DARD = f(T)$  permet de déterminer le seuil thermique : c'est la température à laquelle  $DARD = 0$  ( $100T/DD = 100S/DD$ , d'où  $T=S$ ). Une fois le seuil déterminé, il est facile de calculer la somme de températures nécessaire au débourrement ( $DD = (T-S) \times N$ ).

Worrall (1983) a décrit une autre méthode pour déterminer la somme de degrés-jours nécessaire pour le débourrement et le seuil de température. Dans deux plantations, les dates de débourrement de diverses provenances ont été déterminées. Des « accumulateurs de degrés-jours » enregistrent les sommes de températures, dans chacune des plantations, cumulées au-dessus de 5 seuils choisis : 3, 4, 5, 6 et 7°C dans ce cas. Ainsi, à chaque date de débourrement correspondent 5 valeurs de « sommes apparentes de températures », et ceci pour chaque régime thermique (deux plantations). Ces « sommes apparentes de températures » ont été converties en sommes réelles grâce à une méthode similaire à celle décrite par Arnold (1959).

Prenons un exemple : considérons une plante nécessitant 100 degrés-jours pour débourrer, avec un seuil de température de 5°C.

- 1) si la plante croît à 8°C, il lui faut  $100 / (8-5) = 33,3$  jours pour débourrer ;
- 2) si la plante croît à 10°C, il lui faut  $100 / (10-5) = 20$  jours pour débourrer.

Si le seuil de température réel n'est pas connu et que la somme de température est calculée avec des seuils de 3, 4, 6 et 7°C, les sommes apparentes de température seront :

- 1) si la plante croît à 8°C :
  - (8-3) x 33,3 = 167 degrés-jours ;
  - (8-4) x 33,3 = 133 degrés-jours ;
  - (8-6) x 33,3 = 67 degrés-jours ;
  - (8-7) x 33,3 = 33 degrés-jours ;

2) *si la plante croît à 10°C :*

$$(10-3) \times 20 = 140 \text{ degrés-jours ;}$$

$$(10-4) \times 20 = 120 \text{ degrés-jours ;}$$

$$(10-6) \times 20 = 80 \text{ degrés-jours ;}$$

$$(10-7) \times 20 = 60 \text{ degrés-jours.}$$

Mais la somme de température doit être la même dans les deux environnements. Pour chaque température de base choisie, on peut calculer la différence entre les sommes de températures apparentes à 8 et à 10°C :

- 1) *pour 3°C* : la différence est de  $167 - 140 = 27$  degrés-jours ;
- 2) *pour 4°C* : la différence est de 13 degrés-jours ;
- 3) *pour 6°C* : la différence est de -13 degrés-jours ;
- 4) *pour 7°C* : la différence est de -27 degrés-jours.

En représentant graphiquement les différences calculées en fonction des seuils testés, on peut déterminer, par interpolation - ou éventuellement par extrapolation, les résultats étant alors moins fiables - à partir de la droite de régression linéaire, le seuil correct (5°C dans notre exemple) : c'est celui pour lequel la différence entre les sommes de températures apparentes est de zéro. Une fois ce seuil de 5°C déterminé, on peut calculer la somme de températures réelle nécessaire pour le débourrement :  $33,3 \times (8-5) = 20 \times (10-5) = 100$  degrés-jours.

Très théoriquement, dans l'hypothèse d'un ajustement linéaire de la loi d'action de la température, on peut déterminer, en milieu contrôlé, la somme de températures nécessaire pour le débourrement et le seuil thermique. Il suffit de placer une plante à deux régimes de température constantes. Les deux dates de débourrement permettent le calcul des paramètres. En effet, on a la relation :  $DD = N \times (T-S)$ . C'est une équation à 2 inconnues (DD et S), que l'on peut facilement résoudre. Par exemple, si pour la plante le seuil de température est de 5°C et la somme de températures nécessaire pour débourrer est de 100 degrés-jours : à 10°C, cette plante mettra 20 jours pour débourrer et à 8°C, elle mettra 33,3 jours. On a donc les deux relations suivantes : 1)  $DD = 20 \times (10-S)$  et 2)  $DD = 33,3 \times (8-S)$ , qui permettent de déterminer rapidement les deux inconnues.

Yang *et al.* (1995) ont détaillé plusieurs méthodes statistiques trouvées dans la littérature pour déterminer la température de base : 1) détermination de l'écart-type minimal en degrés-jours, ou en jours ; 2) détermination du coefficient de variation en jours ; 3) détermination du coefficient de régression. Ces auteurs proposent quatre formules pour la calculer.

### 5.1.5. *Quelques remarques concernant les paramètres et leur variation*

Il faut garder à l'esprit que les paramètres déterminés statistiquement ne sont que des outils mathématiques pour l'utilisation des modèles, et ne permettent pas d'interpréter la réponse des organismes à la température. Un seuil de température permettant une prédiction phénologique précise peut ne pas être lié au seuil physiologique (Wang 1960 ; Thomson et Moncrieff 1982 ; Spano *et al.* 1999). La date d'initialisation est souvent choisie arbitrairement, et n'a pas de signification biologique, d'autant plus que plusieurs dates peuvent conduire aux mêmes résultats (Thomson et Moncrieff 1982 ; Castonguay *et al.* 1984 ; Hunter et Lechowicz 1992 ; Kramer 1994b). Ceci résulterait du fait qu'aux alentours de la date d'initialisation, peu d'unités thermiques s'accumulent quotidiennement, tandis lorsqu'on approche de la date de débourrement, l'apport thermique journalier est important.

Spano *et al.* (1999) ont remarqué que des seuils entre 0 et 5°C pouvaient être utilisés pour le débourrement et la floraison de diverses espèces avec peu de perte de précision. Thomson et Moncrieff (1982), qui ont appliqué la méthode des sinusoides au débourrement du douglas (**annexe 2**), ont aussi trouvé que le seuil et la date d'initialisation pouvaient varier sans que la justesse des prédictions ne soit affectée. De plus, ils remarquent que la même date d'initialisation est associée à une erreur de prédiction minimale pour une large gamme de seuils. Hannerz (1999) a étudié le débourrement d'épicéas, et a aussi noté que le choix arbitraire d'une date

d'initialisation entre janvier et mars affectait peu la précision de la méthode, principalement parce que cette période ne contribue que très peu à l'apport thermique.

Les paramètres peuvent varier suivant la provenance, la famille, le clone (Campbell et Sugano 1975 ; Beuker 1994), mais aussi suivant l'environnement. Les expériences de Campbell et Sugano (1975) sur déjeunes douglas en milieu contrôlé, avec différentes associations de températures (constantes ou fluctuantes) et de photopériodes, mettent en évidence une variation du seuil de température pour des régimes photopériodiques différents, et de la somme de températures nécessaire au débourrement, suivant le traitement.

Worrall (1983) a montré que les seuils de température de différentes provenances de sapin subalpin et de sapin gracieux en plantation différaient suivant l'altitude d'origine des provenances (**annexe 2**). Par régression linéaire, il a déterminé les relations suivantes :

- *pour le sapin gracieux* : Seuil (°C) = 5,38 - 0,00122 ait. d'origine (m) ;
- *pour le sapin subalpin* : Seuil (°C) = 3,56 - 0,00122 ait. d'origine (m).

Le seuil de température diminue donc ici de 1,22°C pour une élévation de 1000 mètres de l'aire d'origine des provenances. Cet auteur a aussi suggéré que les provenances nordiques d'épicéa commun avaient un seuil de température faible (Worrall 1975).

#### 5.7.6. *Systèmes de prédiction du débourrement végétatif et de la floraison de diverses espèces*

L'**annexe 2** présente, sous forme de tableaux, une synthèse de quelques travaux de la littérature, dans lesquels ont été utilisés des calculs de degrés-jours ou de  $Q_{10}$ . Les espèces étudiées sont les suivantes :

Sapin pectine	<i>Abies alba</i> Mill.
Sapin gracieux	<i>Abies alba</i> Mill.
Sapin subalpin	<i>Abies lasiocarpa</i> (Hook.) Nutt.
Gainier siliquastr	<i>Abies siliquastrum</i> L.
Hêtre commun	<i>Fagus sylvatica</i> L.
Olivier sauvage	<i>Olea europaea</i> L.
Epicéa commun	<i>Picea abies</i> (L.) Karst.
Epinette blanche	<i>Picea glauca</i> (Moench.) Voss.
Epinette noire	<i>Picea mariana</i> (Mill.) B.S.P.
Pin sylvestre	<i>Pinus sylvestris</i> L.
Pistachier lentisque	<i>Pistacia lentiscus</i> L.
Douglas	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco
Chêne vert	<i>Quercus ilex</i> L.
Chêne pédoncule	<i>Quercus robur</i> L.
Robinier faux-acacia	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.
Saule	<i>Salix chrysocoma</i> L.
Tilleul à petites feuilles	<i>Tilia cordata</i> Mill.
Erable rouge	<i>Acer rubrum</i> L.
Erable à fruits cotonneux	<i>Acer saccharum</i> Marsh.
Bouleau jaune	<i>Betula alleghaniensis</i> Britton
Bouleau merisier	<i>Betula lenta</i> L.
Hêtre d'Amérique	<i>Fagus grandifolia</i>
Chêne blanc	<i>Quercus alba</i> L.
Chêne rouge	<i>Quercus rubra</i> L.
Chêne des teinturiers	<i>Quercus velutina</i> Lam.

Pour les observations concernant des provenances en plantation sont indiquées non seulement la localisation de la plantation, mais aussi, chaque fois que possible, celle de l'origine des provenances. Les numéros des équations et des interprétations sont ceux de la partie 5.1.1. Dans certains cas, les paramètres sont fixés arbitrairement, et les sommes thermiques indiquées ne sont que de simples observations. Dans d'autres, les paramètres définissant un système ont été testés, afin de déterminer le meilleur système. La méthode utilisée par les différents auteurs afin de déterminer le meilleur système, ainsi que la précision du système, sont alors indiqués.

*On peut noter qu'un seuil de 5°C et le 1 janvier sont très souvent utilisés pour le calcul des degrés-jours.* D'après Courbet (1981), pour l'orme de montagne, le chêne pubescent, l'érable sycomore, le cornouiller mâle, le sorbier des oiseleurs, le stade d'individualisation des feuilles est bien lié aux sommes de températures cumulées depuis le 1 janvier, avec un seuil de 5°C. Pour des plants d'un écotype norvégien de bouleau pubescent, Myking (1997) a testé, en conditions expérimentales, plusieurs températures de base, de - 5 à + 5°C, et a déterminé la température de 1°C comme seuil optimal (variation minimale des sommes thermiques). Aussenac et Pardé (1985) indiquent que la foliation des arbres ne peut se réaliser tant que la température n'atteint pas des seuils limites, par exemple : 4,1°C chez l'épicéa commun, 5,2°C chez le sapin pectine, 5,8°C chez le douglas, 6,2°C chez le sapin de Nordmann et 6,6°C chez le cèdre de l'Atlas.

Le calcul de degrés-jours a souvent permis une prédiction précise des dates de débourrement ou de floraison, ce qui justifie son utilisation fréquente. Toutefois, certains résultats, tels que ceux Spano *et al.* (1999) montrent une grande variabilité, pour une espèce et un stade phénologique donnés (**annexe 2**), ce qui signifie que d'autres facteurs que la température affectent le développement.

### 5.7.7. Le modèle des unités de forçage

Un autre modèle, parfois appelé modèle des unités de forçage («*forcing unit model*»), ne prend en compte que la réponse des bourgeons aux températures de forçage. Il est basé sur les travaux de Sarvas (1972), auxquels font référence de nombreux auteurs. La réponse à la température est, dans ce cas, une fonction logistique, dont la représentation graphique est une courbe sigmoïde. Il est souvent utilisé pour décrire le taux de développement ontogénique en fonction de la température, parfois seul, mais le plus souvent associé à des modèles prenant aussi en considération les besoins en froid (Hänninen 1990a, 1996 ; Hari et Häkkinen 1991 ; Kramer 1994b ; Häkkinen *et al.* 1998 ; Chuine et Cour 1999 ; Chuine *et al.* 1999 ; Häkkinen 1999 ; Linkosalo *et al.* 2000).

Pour une bonne compréhension de la présentation de ce modèle, il est préférable de lire d'abord la partie 5.2.2. Comme dans les modèles précédents, on considère que le débourrement se produit lorsque qu'un certain besoin en températures de forçage  $F_{crit}$  est atteint, l'état de forçage  $S_{frc}$  étant la somme des taux de forçage journaliers  $R_{frc}$ , fonctions uniquement de la température. Aucun développement ontogénique ne se produit si la température est inférieure à un seuil  $S$ . Si la température est supérieure à  $S$ , la fonction décrivant le taux de forçage  $R_{frc}$  en fonction de la température est une courbe sigmoïde. Ce modèle diffère donc des modèles précédents par le fait que l'action de la température sur le développement n'est pas sujette à une approximation linéaire ou exponentielle.

$Si T \leq S$	$R_{frc} = 0$
$Si T > S$	$R_{frc} = a/[1 + exp(-b(T - c))]$

Les paramètres  $a$ ,  $b$ ,  $c$  doivent être déterminés pour une situation précise.  $S$  est fréquemment choisi égal à 0°C.

## 5.2. Modèles considérant le besoin en froid et la réponse au réchauffement printanier

On sait que le débourrement se réalise généralement lorsque les bourgeons sont d'abord exposés à des températures froides, de -5 à -10°C, puis à des températures de forçage, supérieures à 0°C (Coville 1920 ; Smith et Kefford 1964 ; Perry 1971 ; Flint 1974 ; Fuchigami *et al.* 1982). Il existe plusieurs modèles qui prennent en compte la dépendance au froid. Les notations utilisées pour décrire facilement les différents modèles sont présentées ci-dessous :

### Unités arbitraires

CU Unités de froid (chilling units)  
FU Unités de forçage (« forcing units »)

### Variables

<i>Rchl</i>	Taux de froid (« rate of chilling »)	CU.jour <sup>1</sup> / CU.heure <sup>1</sup>
<i>Rfrc</i>	Taux de forçage (« rate of forcing »)	FU. jour <sup>1</sup> /FU.heure <sup>1</sup>
<i>Rfrc pot</i>	Taux de forçage potentiel	FU. jour <sup>1</sup> /FU.heure <sup>1</sup>
<i>Schl</i>	Etat de satisfaction des besoins en froid (« state of chilling »)	CU
<i>Sfrc</i>	Etat de forçage (« state of forcing »)	FU
K	Fonction de compétence : potentiel des bourgeons à répondre aux températures de forçage [0-1]	
T	Température	°C
Tmoy	Température journalière moyenne	°C
M	Température maximale journalière	°C
m	Température minimale journalière	°C
L	Durée du jour en heures	h. jour <sup>1</sup>
Lmn	Durée du jour en minutes	min.jour <sup>1</sup>
J	Date	jour
t	Temps	jour

### Paramètres

<i>Ccrit</i>	Valeur critique de l'état de satisfaction des besoins en froid pour la transition du repos à la quiescence	CU
<i>Fcrit</i>	Valeur critique de l'état de forçage pour la réalisation du débourrement	FU
<i>Cd</i>	Nombre de jours de froid au moment du débourrement	jour
<i>DDcrit</i>	Nombre de degrés-jours nécessaires au débourrement	° C-jour
<i>Kmin</i>	Valeur minimale de la fonction de compétence	
<i>Cdr</i>	Valeur critique de <i>Schl</i> pour la transition entre l'approfondissement et la diminution du repos	CU
<i>Ctr</i>	Valeur critique de <i>Schl</i> pour la transition entre pré-repos et vrai repos	CU
<i>Cpr</i>	Valeur critique de <i>Schl</i> pour la transition entre vrai repos et post-repos	CU
<i>Cabs</i>	Besoin en froid absolu de la capacité de croissance	CU
<i>Tmin</i>	Seuil de température minimal pour <i>Rchl</i>	°C
<i>Topt</i>	Seuil de température optimal pour <i>Rchl</i>	°C
<i>Tmax</i>	Seuil de température maximal pour <i>Rchl</i>	°C
<i>S</i>	Température de base	°C
<i>T1</i>	Limite inférieure de la gamme de température pour laquelle le développement est possible pendant le pré-repos et le post-repos	°C
<i>T2</i>	Limite supérieure de la gamme de température pour laquelle le développement est possible pendant le pré-repos et le post-repos	°C
<i>T3</i>	Limite inférieure de la gamme de température pour laquelle la capacité de croissance augmente lorsque la température augmente	°C
<i>T4</i>	Limite sup. de la gamme de temp, pour laquelle la capacité de croissance augmente lorsque la température augmente	°C
<i>Ttrh</i>	Seuil de température au-dessus duquel le développement est possible et au-dessous duquel le développement est impossible	°C
<i>Jcrit</i>	Date seuil à partir de laquelle le développement ontogénique peut débiter	jour
<i>to</i>	Date de début du repos	jour
a, b, c, a, β, γ, δ		Constantes

### 5.2.1. Le modèle alternatif

- *Présentation du modèle alternatif*

Ce modèle a été initialement décrit par Cannell et Smith (1983) et souvent utilisé par la suite (Cannell et Smith 1984 ; Cannell et Smith 1986 ; Murray *et al.* 1989 ; Hunter et Lechowicz 1992 ; Kramer 1994b ; Murray *et al.* 1994). Cannell et Smith (1983) ont remarqué, pour des provenances d'épicéa de Sitka, que la date de débourrement dépendait d'une relation non linéaire entre le nombre de jours de froids  $Cd$  et le nombre de degrés-jours nécessaires au débourrement  $DDcrit$  (**figure 14**). Ils ont montré que  $DDcrit$  n'était pas constant, mais décroissait exponentiellement lorsque  $Cd$  augmentait, avant de se stabiliser à une valeur minimale correspondant à la satisfaction du besoin en froid.

Le nombre de jours de froid est comptabilisé à partir d'une date fixe, jusqu'au débourrement : sont comptés les jours dont la température moyenne est inférieure ou égale une température de base. Les degrés-jours sont aussi comptés à partir d'une date fixe, avec la même température de base que pour le calcul du nombre de jours de froid.

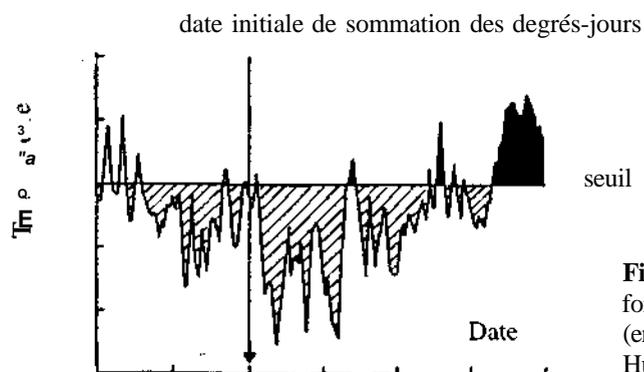
La date initiale de sommation de l'action du froid choisie par Cannell et Smith (1983) répond à deux critères :

- 1) Avant cette date, les bourgeons peuvent être non dormants ;
- 2) La plupart des années, relativement peu de jours froids sont observés avant cette date.

La date initiale de sommation des degrés-jours choisie par ces auteurs répond, elle aussi, à deux critères :

- 1) A cette date (éventuellement avant), les jours chauds ont un effet non négligeable sur la croissance des bourgeons ;
- 2) Avant cette date, on rencontre peu de jours dont la température moyenne est supérieure à la température de base.

Ce modèle est qualifié d'alternatif car, dès la date initiale de sommation des degrés-jours, soit le nombre de jours de froid augmente, lorsque la température est inférieure ou égale à la température de base, soit le nombre de degrés-jours augmente, lorsque la température est supérieure à la température de base (**figure 12**).



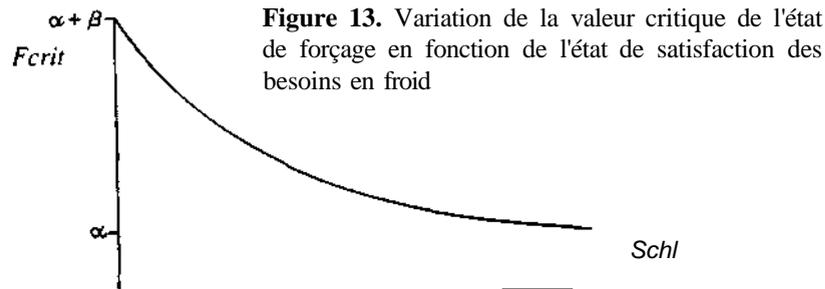
**Figure 12.** Action des températures de forçage (en noir) et des températures froides (en rayé), pour le modèle alternatif (d'après Hunter et Lechowicz 1992)

Afin d'utiliser ce modèle empirique, il faut déterminer la relation entre  $Cd$  et  $DDcrit$ . Cette relation est du type :

$$DDcrit = a + b \exp(-y \times Cd)$$

$$\begin{aligned} \text{Si } T_{\text{moy}} \leq S & \quad R_{\text{chl}} = 1 \\ \text{Si } T_{\text{moy}} > S & \quad R_{\text{chl}} = 0 \\ F_{\text{crit}} = a + \beta \exp(-\gamma \text{Schl}) & \quad \text{(Figure 13)} \end{aligned}$$

Les paramètres  $a$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  de la fonction ajustée précisent le modèle.



On peut remarquer que si  $\text{Schl} = 0$ ,  $F_{\text{crit}} = a + \beta$ , et si  $\text{Schl}$  devient très grand,  $F_{\text{crit}}$  tend vers  $a$ .  $a$  correspond à la valeur de  $F_{\text{crit}}$  lorsque le besoin en froid est satisfait. La valeur  $\exp(-\gamma)$  détermine la sensibilité de  $F_{\text{crit}}$  à  $\text{Schl}$  : cette sensibilité est inversement liée à  $\exp(-\gamma)$ . Si  $\exp(-\gamma) = 1$ , alors  $F_{\text{crit}}$  est indépendant de  $\text{Schl}$ .

Le modèle alternatif diffère des autres modèles prenant en compte la réponse au besoin en froid et au réchauffement printanier car ce n'est pas  $R_{\text{frc}}$  qui augmente quand  $\text{Schl}$  augmente, mais  $F_{\text{crit}}$  qui diminue.

Ce modèle a souvent été repris par d'autres auteurs, en calculant de diverses manières l'action des températures froides et des températures de forçage.

- Description détaillée de l'établissement du modèle alternatif par Cannell et Smith (1983)

Cannell et Smith (1983) ont initialement utilisé ce modèle empirique pour le débourrement végétatif de provenances de jeunes épicéas de Sitka. Ils l'ont établi à partir de 14 observations de la date de débourrement effectuées à des localisations différentes en Grande-Bretagne. La date de débourrement est définie comme la date à laquelle la moitié des bourgeons des rameaux latéraux de 50% des arbres atteignent le stade auquel les aiguilles ont déchiré la coiffe.

Pour chaque observation, le nombre de degrés-jours à la date du débourrement a été calculé à partir du 1 février :

$$DD_{\text{crit}} = L (T_{\text{moy}} - S) \quad \text{avec} \quad T_{\text{moy}} = (M+m) / 2 \quad \text{et} \quad T_{\text{moy}} - S = 0 \quad \text{si} \quad T_{\text{moy}} \leq S$$

Les jours de froids représentent le nombre de jours dont  $T_{\text{moy}} < S$ , comptés à partir du 1 novembre, jusqu'au débourrement.

Les auteurs ont trouvé (par la méthode des moindres carrés) que le meilleur ajustement pour décrire la relation existant entre  $DD_{\text{crit}}$  et  $Cd$  au moment du débourrement était une exponentielle décroissante. Plusieurs températures de base ont été testées ( $5^{\circ}\text{C}$ ,  $3^{\circ}\text{C}$ ,  $7^{\circ}\text{C}$ ), ainsi que des méthodes utilisant des degrés-heures.

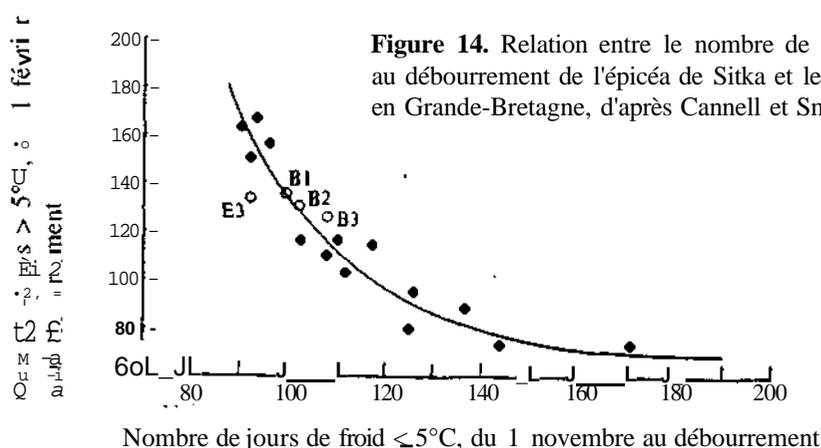
La meilleure méthode consiste à utiliser des degrés-jours avec un seuil de  $5^{\circ}\text{C}$ . La relation suivante leur a permis d'expliquer 92% de la variance de la date de débourrement :

$$DD_{\text{crit}} > 5^{\circ}\text{C} = 67,4 + 4401,8 \exp(-0,042 \times Cd \leq 5^{\circ}\text{C}) \quad \text{(figure 14)}$$

L'écart moyen entre les 14 dates prédites et observées est de  $\pm 2,6$  jours.

Pour prédire la date de débournement à partir des données de température, il faut calculer le nombre de jours de froid à partir du 1 novembre et, séparément, le nombre de degrés-jours à partir du 1 février. La date prédite est celle à laquelle la relation est vérifiée (Cannell et Smith 1984).

Une telle relation doit être utilisée dans une certaine gamme de valeurs (ici  $85 < Cd < 180$ ) et ne peut être extrapolée. Cannell et Smith (1984) ont montré qu'elle conduisait à une surestimation de  $DD_{crit}$  quand le nombre de jours de froid était inférieur à 85. On peut remarquer que, jusqu'à environ 110 jours de froid, la relation entre ces paramètres est pratiquement linéaire. La forme de la courbe est liée au fait que l'épicéa de Sitka a un besoin en froid important, de plus de 140 jours dont  $T_{moy} \leq 5^\circ C$  ; la saturation en froid n'est atteinte avant le débournement que pendant les hivers froids.



Les auteurs ont vérifié plusieurs hypothèses inhérentes à l'utilisation d'un tel modèle :

- 1) La variabilité due à l'effet provenance est faible ;
- 2) La relation entre le taux de croissance des bourgeons d'épicéa de Sitka et la température est approximativement linéaire ;
- 3) Le froid a une influence importante sur la somme thermique nécessaire au débournement ;
- 4) Dans les conditions britanniques, la photopériode joue un rôle mineur dans la régulation du débournement par rapport à la température ;
- 5) La prise en compte de la température du sol n'améliore que peu le modèle ;
- 6) L'utilisation d'une température de base fixe convient.

Q Estimation des paramètres du modèle **alternatif pour diverses espèces et remarques** concernant **la relation** entre le nombre de jours de **froid** et la somme **thermique**

A partir de longues séries d'observations de débournement en Allemagne et aux Pays-Bas, Kramer (1994a) a estimé les valeurs des paramètres du modèle alternatif pour 11 espèces. Cet auteur a choisi, à l'instar de Murray *et al.* (1989), le 1 novembre et le 1 janvier comme dates initiales de sommation des jours de froid et des degrés-jours et une température de base de  $5^\circ C$ . Les paramètres  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  sont estimés en minimisant la somme 2 (dates observées - dates prédites)<sup>2</sup>. Les résultats sont présentés dans le **tableau 2**. Pour le frêne et le tilleul à grandes feuilles, les valeurs de l'asymptote  $\alpha$  estimées sont négatives, ce qui est normalement impossible. Cependant, étant donnée la haute valeur de  $\exp(-\gamma)$ , ces espèces sont peu sensibles à *Schl*. Pour le chêne sessile et le chêne rouge, les valeurs de  $\beta$  sont élevées, ce qui signifie qu'une valeur de  $F_{crit}$  élevée est nécessaire quand *Schl* a des valeurs faibles. Etant donnée la faible valeur de  $\exp(-\gamma)$ , ces espèces sont assez sensibles à *Schl*, ainsi une faible modification de *Schl* entraîne une réduction considérable de  $F_{crit}$ .

Nous avons déjà indiqué que la relation entre le nombre de jours de froid et le nombre de degrés-jours nécessaires pour débourrer tendait souvent à être exponentiellement décroissante. Toutefois, ce n'est pas toujours le cas : la plupart des études ayant mis en évidence une telle relation ont été réalisées en condition contrôlées,

alors qu'en conditions naturelles, le besoin en froid est généralement satisfait. Hunter et Lechowicz (1982) pensent que la corrélation négative entre  $Cd$  et  $DDcrit$  peut provenir du fait que ce qui n'est pas compté comme un jour de froid participe à la somme thermique. En conditions naturelles, il se peut qu'une telle corrélation ne soit significative que lorsque le froid est de courte durée, ou quand les populations ne sont pas dans leur environnement naturel. Hannerz (1999), qui a étudié le débourrement de clones d'épicéa commun en Suède, n'a pas trouvé de relation inverse entre le froid reçu et la somme thermique. Il attribue ce résultat au fait qu'en Suède, le froid est rarement un facteur limitant. Ce modèle semble donc plutôt destiné, en conditions naturelles, à des espèces ayant un besoin en froid important, ou à des arbres ne recevant pas assez de froid pour lever complètement leur dormance.

Espèce	Localisation des observations	$\alpha$	$\beta$	exp (-y)	Référence
<i>Betula pubescens</i>	Allemagne	89	591	0,98	Kramer 1994a
<i>Fagus sylvatica</i>	Allemagne	12	763	0,99	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Allemagne	-582	1208	1	
<i>Larix decidua</i>	Allemagne	72	644	0,98	
<i>Picea abies</i>	Allemagne	162	978	0,98	
<i>Pinus sylvestris</i>	Allemagne	164	1218	0,98	
<i>Quercus robur</i>	Allemagne	92	785	0,99	
<i>Tilia cordata</i>	Allemagne	99	659	0,99	
<i>Tilia platyphylla</i>	Allemagne	-58	619	0,99	
<i>Betula pubescens</i>	Pays-Bas	129	860	0,97	Kramer 1994a
<i>Fagus sylvatica</i>	Pays-Bas	121	731	0,98	
<i>Quercus petraea</i>	Pays-Bas	278	161 083	0,9	
<i>Quercus robur</i>	Pays-Bas	191	704	0,98	
<i>Quercus rubra</i>	Pays-Bas	264	1 355 373	0,88	
Groupe 1: <i>Fagus sylvatica</i>	Grande-Bretagne	-147	1084	0,99	Murray <i>et al.</i> 1989, cités dans Kramer 1994a
Groupe 2	Grande-Bretagne	-56	602	0,99	
Groupe 3	Grande-Bretagne	36	514	0,98	
Groupe 4	Grande-Bretagne	39	468	0,97	
Groupe 5	Grande-Bretagne	46	961	0,95	

Tableau 2. Valeurs des paramètres du modèle alternatif pour diverses espèces

Date initiale de sommation des jours de froid: 1 novembre

Date initiale de sommation des degrés-jours: 1 janvier

Température de base: 5°C

Les paramètres  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  sont ceux de l'équation  
 $DDcrit = \alpha + \beta \exp(-\gamma Cd)$

Groupe 2: *Robinia pseudoacacia*, *Tsuga heterophylla*, *Picea sitchensis*

Groupe 3: *liubus idaeus*, *Sorbus aucuparia*, *Behulapendilla*, *Corylus avelana*

Groupe 4: *Sambucus nigra*, *Rosa rugosa*, *Salix viminalis*, *Larix decidua*, *Prunus avium*

Groupe 5: *Populus trichocarpa*, *Crataegus monogyna*

### 5.2.2. Principe des autres modèles

La description des quatre modèles suivants est principalement fondée sur les articles de Hänninen (1990a, 1995) et de Kramer (1994b). Les noms des modèles sont ceux utilisés par Kramer (1994b).

*Remarque : Les noms des modèles varient selon les auteurs. Ainsi, le modèle de Cannell et Smith (1983), appelé ici modèle alternatif, est appelé « parallel chilling model » par Hunter et Lechowicz (1992)*

- *Concept de capacité de croissance et redéfinition des termes de repos et de quiescence*

Hänninen (1990a) a introduit le concept de **capacité de croissance** afin de décrire le potentiel de réponse des bourgeons aux températures de forçage. Cette réponse est caractérisée par le développement ontogénique, c'est-à-dire par des changements morphologiques du bourgeon dormant qui conduisent au débourrement. Les températures de forçage représentent des températures assez chaudes pour que les bourgeons se développent.

Afin de faciliter la modélisation quantitative de la levée de dormance, cet auteur a redéfini les termes de repos et de quiescence en tenant compte de la capacité de croissance des bourgeons. Le **repos** est redéfini comme étant l'état du bourgeon dormant quand :

- 1) il a une capacité de croissance nulle ou réduite ou ;
- 2) quand sa capacité de croissance est nulle à des températures de forçage basses, et maximale à des températures de forçage hautes ( $> 15^{\circ}\text{C}$  par exemple).

Le développement ontogénique est alors nul ou assez peu probable. Dans certains modèles (parallèle, d'approfondissement du repos, à 4 phases), le développement ontogénique peut débiter même si le repos n'est pas levé. Cette définition diffère donc de la définition classique.

La **quiescence** est redéfinie comme l'état du bourgeon dormant quand il possède sa capacité de croissance maximale, quelles que soient les températures de forçage. Le développement ontogénique se réalise principalement pendant cette phase.

### Q Modélisation de la levée du repos et du développement ontogénique

La modélisation de la levée de dormance décrit simultanément la levée du repos et le développement ontogénique. Elle implique donc la prise en compte de plusieurs variables, à savoir :

- 1) le taux de froid **Rchl** (« rate of chilling »), et l'état de satisfaction des besoins en froid **Schl** (« state of chilling ») pour la **levée du repos** ;
- 2) le taux de forçage **Rfrc** (« rate of forcing »), et l'état de forçage **Sfrc** (« state of forcing ») pour le **développement ontogénique**.

**Rchl** est la dérivée par rapport au temps de **Schl** :  $Rchl(t) = dSchl(t) / dt$ . **Schl** au temps  $t$  est donc calculé en intégrant **Rchl** entre le début du repos  $t_0$  et le temps  $t$  :

$$Schl(t) = \int_{t_0}^t Rchl(t) dt$$

Si l'on suppose que le déroulement du repos ne dépend que de la température :

$$Schl(t) = \int_{J_{t_0}}^t Rchl_{CT}(t) dt$$

En pratique, **Schl** constitue la somme des **Rchl**, calculés en utilisant généralement un laps de temps de 1 heure ou de 1 jour maximum.

$$Schl(t) = \sum_{t_0}^t Rchl$$

Par définition,  $Schl = 0$  au début de la dormance. Le repos est levé lorsque  $Schl$  atteint une valeur critique  $Ccrit$  (le besoin en froid), dépendante du génotype.

Le taux de forçage  $Rfrc$  au temps  $t$  dépend de la température de l'air au temps  $t$  et de la capacité de croissance des bourgeons au temps  $t$ . Hänninen (1990a) a modélisé l'effet de la température sur  $Rfrc$  en considérant le taux de forçage potentiel  $Rfrc\ pot$ , uniquement dépendant de la température. L'effet de la capacité de croissance sur  $Rfrc$  est modélisé à l'aide d'une **fonction de compétence**  $K$ . La détermination de  $K$  diffère selon les modèles.  $K$  varie de 0 (capacité de croissance nulle, donc aucun effet des températures de forçage) à 1 (capacité de croissance maximale). Dans les 4 modèles ci-après,  $Schl$  et  $Ccrit$  conditionnent la valeur de  $K$ . Dans le modèle à quatre phases, la valeur de  $K$  dépend aussi des températures de forçage (**figure 15**). Le taux de forçage  $Rfrc$  à un moment donné est obtenu en multipliant la valeur du taux de forçage potentiel  $Rfrc\ pot$  (dépendant uniquement de la température) par la valeur de  $K$  (dépendant de la capacité de croissance) à ce moment :

$$Rfrc(t) = K(t) \times Rfrc\ pot(t)$$

$Rfrc$  est la dérivée par rapport au temps de  $Sfrc$  :  $Rfrc(t) = dSfrc(t) / dt$ .  $Sfrc$  au temps  $t$  est calculé en intégrant  $Rfrc$  entre le début du repos  $t_0$  et le temps  $t$  :

$$Sfrc(t) = \int_{t_0}^t Rfrc(t) dt$$

En pratique,  $Sfrc$  constitue la somme des  $Rfrc$ , calculés en utilisant généralement un laps de temps de 1 heure ou de 1 jour maximum.

$$Sfrc(t) = \sum_{t_0}^t Rfrc$$

Par définition,  $Sfrc = 0$  au début de la dormance. Le débourrement se produit quand  $Sfrc$  atteint une valeur critique  $Fcrit$ , dépendante du génotype.

On peut noter que dans les modèles fondés uniquement sur la réponse au réchauffement printanier, et dans le modèle alternatif, à partir de la date de sommation des  $Rfrc$ , on a  $Rfrc = Rfrc\ pot$  car dans ces modèles, la capacité de croissance est implicitement maximale ( $K = 1$ ) à partir de cette date.

Dans un article ultérieur, Hänninen (1995) a utilisé une autre terminologie pour décrire la levée de la dormance. Les termes « état de satisfaction des besoins en froid » et « état de forçage » sont remplacés par les termes « état de repos », et « état de développement ontogénique », respectivement. Cette terminologie, plus proche de celle utilisée par d'autres auteurs (Hari et Häkkinen 1991 ; Häkkinen *et al.* 1998 ; Linkosalo *et al.* 2000), met en avant les processus biologiques impliqués dans la levée de dormance, plutôt que leur dépendance aux conditions thermiques. De plus, elle permet d'introduire, pour la modélisation, des paramètres dépendant d'autres facteurs que la température.

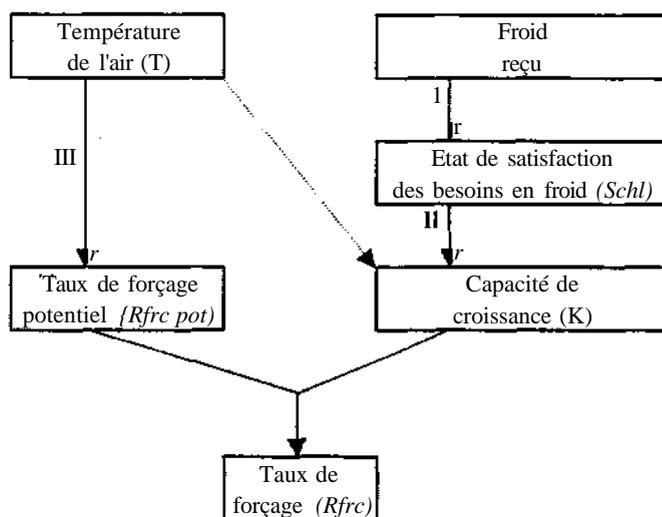


Figure 15. Facteurs influençant le taux de forçage dans les modèles de levée de dormance des arbres décrits par Hänninen (1990a), d'après Hänninen (1990a, 1995)

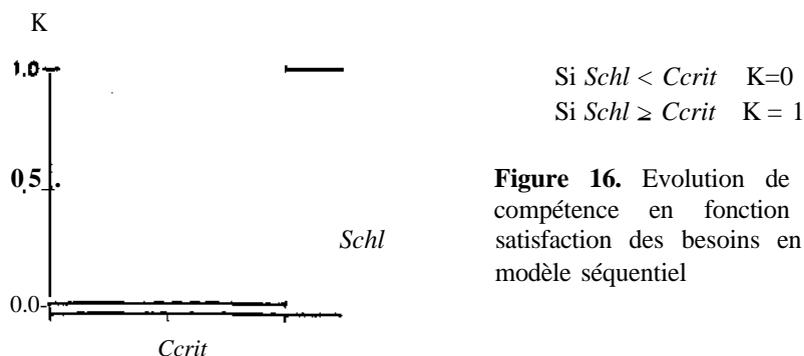
- I I: variation selon les différentes modélisations de l'action de la température sur la levée du repos (voir 6.4.1)
- II: variation selon les différentes modélisations de l'évolution de la fonction de compétence (voir 6.2.3 à 6.2.7)
- III: variation selon les différentes modélisations de l'action de la température sur le taux de forçage potentiel (voir 6.4.2)

Les 4 modèles suivants décrivent différentes évolutions possibles de la capacité de croissance au cours du repos. Dans ces modèles, le besoin en froid est considéré comme le seul mécanisme maintenant le repos, et se développe de manière cumulative, en fonction de la température.

### 5.2.3. Le modèle séquentiel

C'est le modèle I décrit par Hänninen (1990a). Il se réfère aux travaux de Sarvas (1972, 1974) et Richardson *et al.* (1974). Dans ce modèle, le repos et la quiescence, sont considérés comme deux phases strictement séparées. Il ne peut y avoir de transition entre ces phases avant que *Ccrit* ne soit atteint, et les bourgeons ont une capacité de croissance nulle jusqu'à *Ccrit*. Cette capacité de croissance devient brusquement maximale lorsque *Schl* atteint la valeur *Ccrit* (Figure 16). En d'autres termes, l'ontogenèse des bourgeons ne débute que lorsque le besoin en froid est satisfait. Une fois ce besoin en froid satisfait,  $Rfrc = Rfrc\ pot$ .

*Ccrit*, *Fait*, et les seuils de température pour l'action du froid et des températures chaudes sont supposés fixes, et doivent être déterminés. La satisfaction du besoin en froid détermine la date de sommation des *Rfrc*, qui est donc variable (contrairement à celle des modèles basés uniquement sur la réponse au réchauffement printanier). Il n'y a donc pas de réponse aux températures de forçage avant la fin du repos, et pas d'effet de froid additionnel sur *Fcrit* après la fin du repos, c'est-à-dire que les températures froides et chaudes agissent séquentiellement (Hunter et Lechowicz 1992).



Les paramètres testés pour déterminer la meilleure combinaison sont généralement la date de début du repos et  $Ccrit$ . Par exemple, Hunter et Lechowicz (1992) choisissent une date de début du repos (1 novembre), et testent plusieurs  $Ccrit$  ;  $Sfrc$  étant calculé en degrés-jours, avec un seuil de 5°C, le meilleur système est celui pour lequel l'écart-type de  $DDcrit$  est minimal. Kramer (1994a) a estimé les valeurs des paramètres du modèles séquentiel pour 1 ] espèces, à partir de longues séries d'observations effectuées en Allemagne et au Pays-Bas.

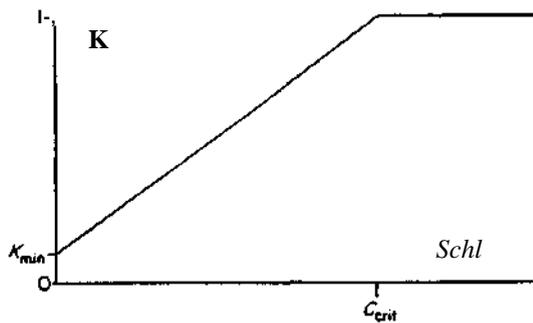
Ce modèle a été développé pour des espèces ayant un besoin en froid important, et est d'une faible utilité si le besoin en froid est régulièrement satisfait avant le réchauffement, car il devient alors difficile de déterminer précisément ce besoin (Hunter et Lechowicz 1992).

#### 5.2.4. Le modèle parallèle

C'est le modèle II décrit par Hänninen (1990a). Il se réfère principalement aux travaux de Landsberg (1974). Ce dernier a proposé un modèle empirique pour le développement des bourgeons floraux du pommier. Dans des conditions convenables, pendant la dormance, ces bourgeons peuvent commencer à croître, lentement, même quand ils n'ont subi qu'une courte période de froid. Une fois les besoins en froid satisfaits, le taux de croissance n'est plus limité que par les conditions environnementales. Des expériences ont montré que le temps mis par les bourgeons pour atteindre la pleine floraison après le transfert en conditions favorables de croissance dépendait de la longueur de la période de froid subie depuis le début de la dormance (Landsberg 1974).

Dans ce modèle, les calculs démarrent à partir du début de la dormance, et la réponse aux températures de forçage (le développement ontogénique) est possible même quand  $Ccrit$  n'a pas été atteint, contrairement au modèle séquentiel. Les bourgeons n'ayant pas subi de froid ont une capacité de croissance réduite. Leur potentiel de réponse aux températures de forçage augmente avec la durée d'exposition au froid, jusqu'à la valeur optimale, quand  $Schl = Ccrit$  (**figure 17**). Une fois les besoins en froid satisfaits, le taux de développement est lié à la température. Ce modèle est qualifié de parallèle car  $Schl$  et  $Sfrc$  augmentent ensemble dans le temps.

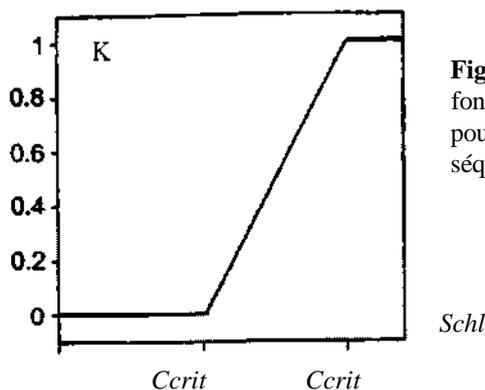
$$\begin{aligned} \text{Si } Schl < Ccrit & \quad K = Kmin + [(1 - Kmin) \times Schl] / Ccrit \\ \text{Si } Schl \geq Ccrit & \quad K = 1 \end{aligned}$$



**Figure 17.** Evolution de la fonction de compétence en fonction de l'état de satisfaction des besoins en froid, pour le modèle parallèle

Häkkinen *et al.* (1998) ont utilisé un modèle intermédiaire entre le modèle séquentiel et le modèle parallèle.  $K=0$  pendant la première phase du repos. Puis, une fois que  $Schl$  a atteint une valeur critique, la capacité de croissance des bourgeons commence à augmenter avec  $Schl$ . Ces auteurs utilisent comme valeur critique  $0,5 Schl$  (**figure 18**).

$$\begin{array}{ll} \text{Si } Schl \leq 0,5 C_{crit} & K = 0 \\ \text{Si } 0,5 C_{crit} < Schl < C_{crit} & K = (Schl - 0,5 C_{crit}) / 0,5 C_{crit} \\ \text{Si } Schl \geq C_{crit} & K = 1 \end{array}$$

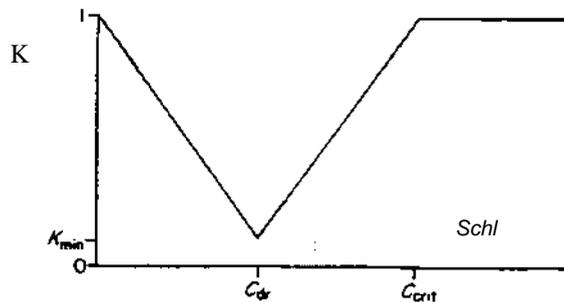


**Figure 18.** Evolution de la fonction de compétence en fonction de l'état de satisfaction des besoins en froid, pour un modèle intermédiaire entre le modèle séquentiel et le modèle parallèle

### 5.2.5. Le modèle d'approfondissement du repos

C'est le modèle III décrit par Häkkinen (1990a). Il se réfère aux travaux de Fuchigami *et al.* (1982), Kobayashi *et al.* (1982), Kobayashi et Fuchigami (1983 a, b). Kobayashi *et al.* (1982) ont proposé un modèle décrivant le déroulement du repos de *Cornus sericea*, basé sur les travaux de Fuchigami *et al.* (1982). Pendant le repos, ils distinguent une phase d'approfondissement, puis une phase de diminution du repos. On peut rappeler que Mauget et Germain (1980) ont aussi mis en évidence, chez le noyer, une augmentation du niveau de dormance (au sens dormance / post-dormance), jusqu'à un maximum, suivie d'une diminution brutale (levée de dormance).

Dans ce modèle, les bourgeons n'ayant pas reçu de froid ont leur capacité de croissance maximale ( $K = 1$ ). Pendant la phase d'approfondissement du repos, tandis que  $Schl$  augmente,  $K$  décroît jusqu'à une valeur minimale (atteinte quand  $Schl = C_{dr}$ ) ; pendant la phase de diminution du repos, tandis que  $Schl$  augmente,  $K$  augmente aussi, jusqu'à l'acquisition de la capacité de croissance maximale, dès que  $Schl = C_{crit}$  (**figure 19**). A la fin du repos, une phase de quiescence est définie (Kobayashi et Fuchigami 1983). Pendant la quiescence, le taux de développement croît avec la température. Le nom de ce modèle est dû au fait que les autres modèles ne considèrent que la diminution du repos.



**Figure 19.** Evolution de la fonction de compétence en fonction de l'état de satisfaction des besoins en froid, pour le modèle d'approfondissement du repos

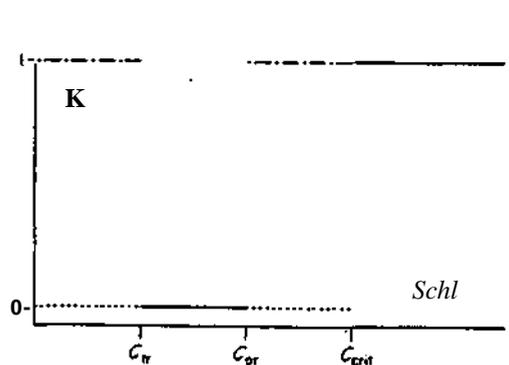
Si $Schl < Cdr$	$K = 1 - [(1 - Kmin) / Cdr] \times Schl$
Si $Cdr \leq Schl < Ccrit$	$K = Kmin + [(1 - Kmin) (Schl - Cdr)] / (Ccrit - Cdr)$
Si $Schl \geq Ccrit$	$K = 1$

### 5.2.6. Le modèle à quatre phases

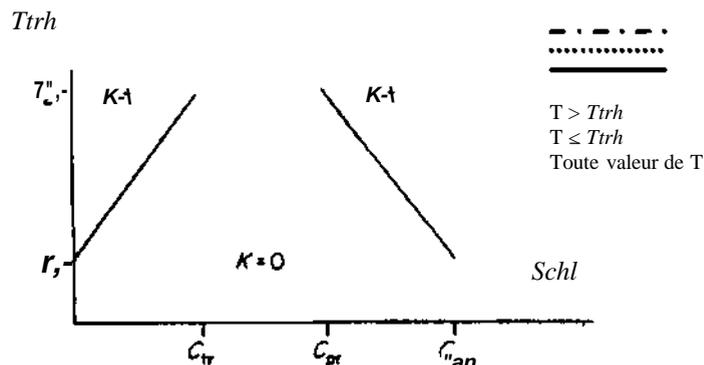
C'est le modèle IV décrit par Hänninen (1990a). Il se réfère aux travaux de Vegis (1964). Ce dernier a présenté, entre autres, un modèle conceptuel pour les plantes croissant dans des conditions environnementales avec une saison froide débutant régulièrement. Selon cet auteur, l'étendue des conditions de températures capables de promouvoir la croissance s'élargit, puis se rétrécit au cours du cycle annuel. Vegis (1964) a défini trois phases pendant la période de repos (reformulées avec la terminologie d'Hänninen) :

- 1) Le pré-repos, pendant lequel le développement est toujours possible, mais de plus en plus limité ;
- 2) Le vrai repos, pendant lequel le développement a cessé et ne peut reprendre, quelles que soient les conditions externes ;
- 3) Le post-repos, pendant lequel la croissance redevient possible.

Le post-repos est suivi par la quiescence, pendant laquelle les bourgeons répondent de façon optimale aux températures de forçage. Hänninen (1990a) a formalisé ce mécanisme en proposant un seuil de température ( $T_{trh}$ ) croissant au cours du pré-repos, et un seuil décroissant au cours du post-repos (**figure 20b**). Pendant le pré-repos et le post-repos, les bourgeons ont leur capacité maximale de croissance ( $K = 1$ ) si la température dépasse le seuil, et ne peuvent croître ( $K = 0$ ) si la température est inférieure au seuil. Au cours du pré-repos, une telle réponse est de plus en plus improbable, car le seuil de température croît tandis que les températures diminuent ; en revanche pendant le post-repos, beaucoup plus d'unités de forçage s'accumulent, car le seuil de température décroît tandis que la température augmente, en général. Pendant le vrai repos les bourgeons ne peuvent croître ( $K = 0$ ), quelle que soit la température. La transition entre les différentes phases se produit quand  $Schl$  atteint des valeurs critiques. Une fois que  $Schl = Ccrit$ , le bourgeon a une capacité maximale de croissance ( $K = 1$ ), quelle que soit la température (**figure 20a**). Comme dans le modèle séquentiel, les changements de valeurs de  $K$  sont brusques, mais ici  $K$  dépend de  $Schl$  et de la température.



**Figure 20a.** Evolution de la fonction de compétence en fonction de la satisfaction des besoins en froid, pour le modèle à quatre phases



**Figure 20b.** Evolution du seuil de température au cours du repos, pour le modèle à quatre phases

Si $Schl < Ctr$ , $T > Ttrh$	$K = 1$
Si $Schl < Ctr$ , $T \leq Ttrh$	$K = 0$
Si $Ctr \leq Schl < Cpr$	$K = 0$
Si $Cpr \leq Schl < Ccrit$ , $T \leq Ttrh$	$K = 0$
Si $Cpr \leq Schl < Ccrit$ , $T > Ttrh$	$K = 1$
Si $Schl \geq Ccrit$	$K = 1$

$$\text{Si } Schl < Ctr \quad Ttrh = T1 + [(T2 - T1) \times Schl] / Ctr$$

$$\text{Si } Cpr \leq Schl < Ccrit \quad Ttrh = T1 + [(T1 - T2) (Schl - Ccrit)] / (Ccrit - Cpr)$$

Hänninen (1990a) n'a pas trouvé de résultats expérimentaux qui confirmaient sa modélisation des travaux de Vegis et note que ce modèle peut être interprété différemment (Campbell 1978, Cannell 1989, 1990), en se référant au modèle parallèle. On peut considérer que le froid élargit aussi l'étendue des températures capables de promouvoir la croissance, cette hypothèse étant suggérée par plusieurs résultats expérimentaux (Campbell et Sugano 1975 ; van den Driessche 1975). Ainsi, en se référant au modèle parallèle, les résultats expérimentaux sont en accord avec le concept de post-repos : lorsque le froid augmente, le taux de développement ontogénique devient moins dépendant de la température de forçage.

### 5.2.7. Le modèle de synthèse d'Hänninen (1990a)

Hänninen (1990a) a simulé, pour les quatre modèles précédents, les dates de débournement obtenues pour des traitements en froid, suivis par des températures de forçage. Il a représenté, en fonction la durée d'exposition au froid : 1) la proportion de plants dont la valeur de K à la fin de la période de froid était supérieure à 0, et 2) le nombre de jours nécessaires au débournement (à partir du début du traitement en températures de forçage). Les courbes obtenues diffèrent beaucoup suivant le modèle utilisé, ce qui devrait permettre de tester expérimentalement les modèles. L'auteur a réalisé diverses expériences avec des plants d'épicéa commun et de pin sylvestre. La proportion de plants qui débourrent et le nombre de jours nécessaires au débournement sont représentés en fonction de la durée d'exposition au froid, et une analyse très détaillée des résultats est présentée. Notons que les courbes décrivant la proportion de plants qui débourrent en fonction des conditions thermiques sont rarement figurées dans la littérature, alors qu'elles apportent une précision supplémentaire sur les mécanismes impliqués dans la levée de dormance.

Hänninen a examiné de nombreux résultats expérimentaux de la littérature sur la levée de dormance, et a trouvé que la plupart des résultats étaient intermédiaires entre les prédictions des modèles séquentiel et parallèle. Il a donc établi un modèle synthétique, basé sur les postulats suivants :

- 1) Il existe un besoin en froid absolu  $Cabs$ , avant lequel les bourgeons ont une capacité de croissance nulle, c'est-à-dire que la valeur de la fonction de compétence  $K=0$  si  $Schl < Cabs$  ;
- 2) Une fois que  $Schl$  est supérieur à  $Cabs$ , la capacité de croissance augmente progressivement avec  $Schl$ , jusqu'à son maximum, au moment de la levée du repos, quand  $Schl = Ccrit$  ;
- 3) Avant la levée du repos, la capacité de croissance des bourgeons croît avec la température de forçage, c'est-à-dire que quand  $Cabs < Schl < Ccrit$ , la valeur de la fonction de compétence  $K$  augmente quand la température de forçage augmente.

La **figure 21** représente graphiquement ce modèle. Les trois postulats sont satisfaits en calculant la valeur de la fonction de compétence  $K$  ainsi :

$$\begin{aligned} \text{Si } Schl < Cabs & \quad K = 0 \\ \text{Si } Cabs \leq Schl < (Ccrit - A Schl) & \quad K = [(1 - Kmin - AK) \times (Schl - Cabs) / (Ccrit - A Schl - Cabs)] + Kmin + AK \\ \text{Si } Schl \geq (Ccrit - A Schl) & \quad K = 1 \end{aligned}$$

$Kmin$  : valeur minimale de la fonction de compétence;

$AK$  : augmentation de  $Kmin$  causée par la température de forçage;

$ASchl$  : diminution du besoin en froid nécessaire pour atteindre la capacité de croissance maximale, causée par la température de forçage;

$Cabs$  : besoin en froid absolu de la capacité de croissance.

$AK$  est calculé ainsi :

$$\begin{aligned} \text{Si } T < T3 & \quad AK = 0 \\ \text{Si } T3 \leq T < T4 & \quad AK = (AKmax / (T4 - T3)) \times (T - T3) \\ \text{Si } T \geq T4 & \quad AK = AKmax \end{aligned}$$

$AKmax$  : augmentation maximale de  $Kmin$ , causée par la température de forçage  $T$ .

$T3$  et  $T4$  sont les limites inférieure et supérieure, respectivement, de la gamme de température pour laquelle la capacité de croissance augmente lorsque la température augmente.

$ASchl$  est calculé ainsi :

$$\begin{aligned} \text{Si } T < T3 & \quad ASchl = 0 \\ \text{Si } T3 \leq T < T4 & \quad ASchl = (ASchlmax / (T4 - T3)) \times (T - T3) \\ \text{Si } T \geq T4 & \quad ASchl = ASchlmax \end{aligned}$$

$ASchlmax$  : diminution maximale du besoin en froid nécessaire pour atteindre la capacité de croissance maximale, causée par la température de forçage  $T$ .

Dans ce cadre, les modèles parallèle et séquentiel apparaissent comme des cas particuliers de ce modèle de synthèse. Le modèle parallèle correspond au cas où  $Cabs = 0$ ,  $A Kmax = 0$  et  $A Schlmax = 0$ , et le modèle séquentiel correspondant au cas où  $Cabs = Ccrit$ . Ce modèle de synthèse permet de modéliser l'interaction entre l'effet du froid reçu et les températures de forçage sur la capacité de croissance. Il ne représente encore qu'un cadre de travail, les postulats sur lesquels il se base restant encore à vérifier expérimentalement.

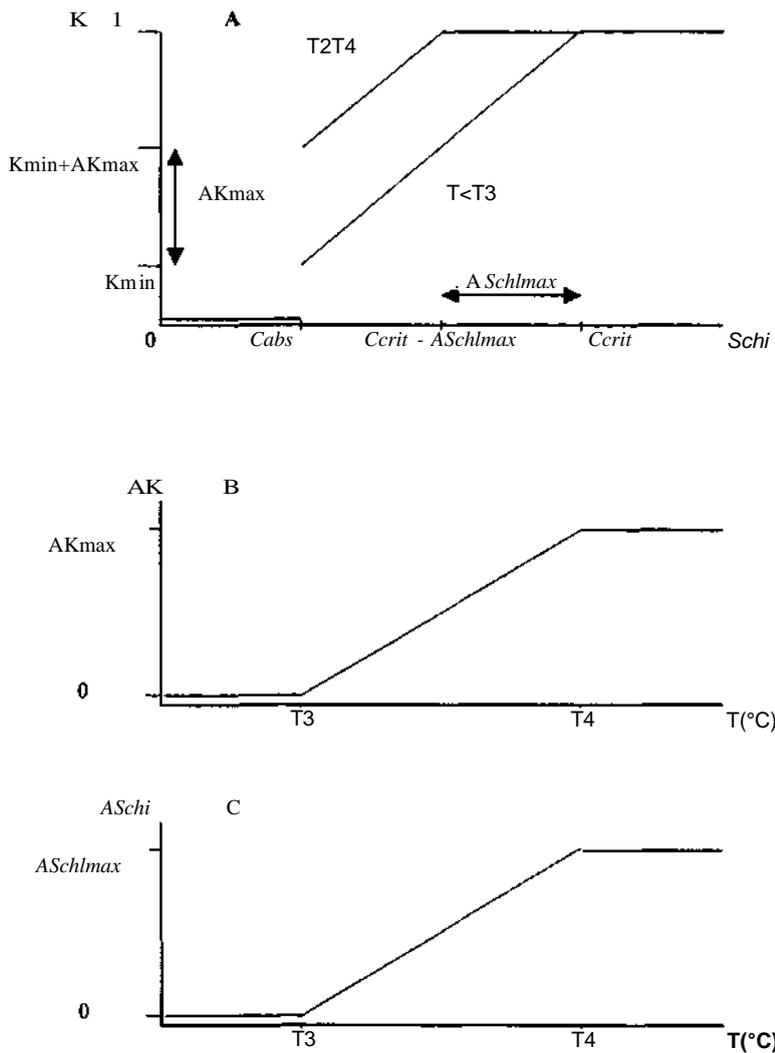


Figure 21. Le modèle de synthèse des effets de la température de l'air sur la levée de dormance des bourgeons

A: variation de la valeur de la fonction de compétence en fonction de l'état de satisfaction des besoins en froid et de la température de forçage

B: variation de l'augmentation de la capacité de croissance minimale, en fonction de la température

C: variation de la diminution du besoin en froid nécessaire pour atteindre la capacité de croissance maximale, en fonction de la température

En A, deux cas extrêmes sont présentés:  $T \geq T4$  ( $AK = AKmax$ ,  $ASchl = ASchlmax$ ), et  $T < T3$  ( $AK = 0$ ,  $ASchl = 0$ ).

Lorsque  $T = T3$ , l'ordonnée du point ( $Cabs$ ,  $Kmin$ ) augmente de  $AK$  (obtenu à partir de la figure B), et l'abscisse du point ( $Ccrit$ , 1) diminue de  $ASchl$  (obtenu à partir de la figure C).

La **figure 22** récapitule les périodes d'action des températures froides et des températures de forçage, suivant les différents modèles.

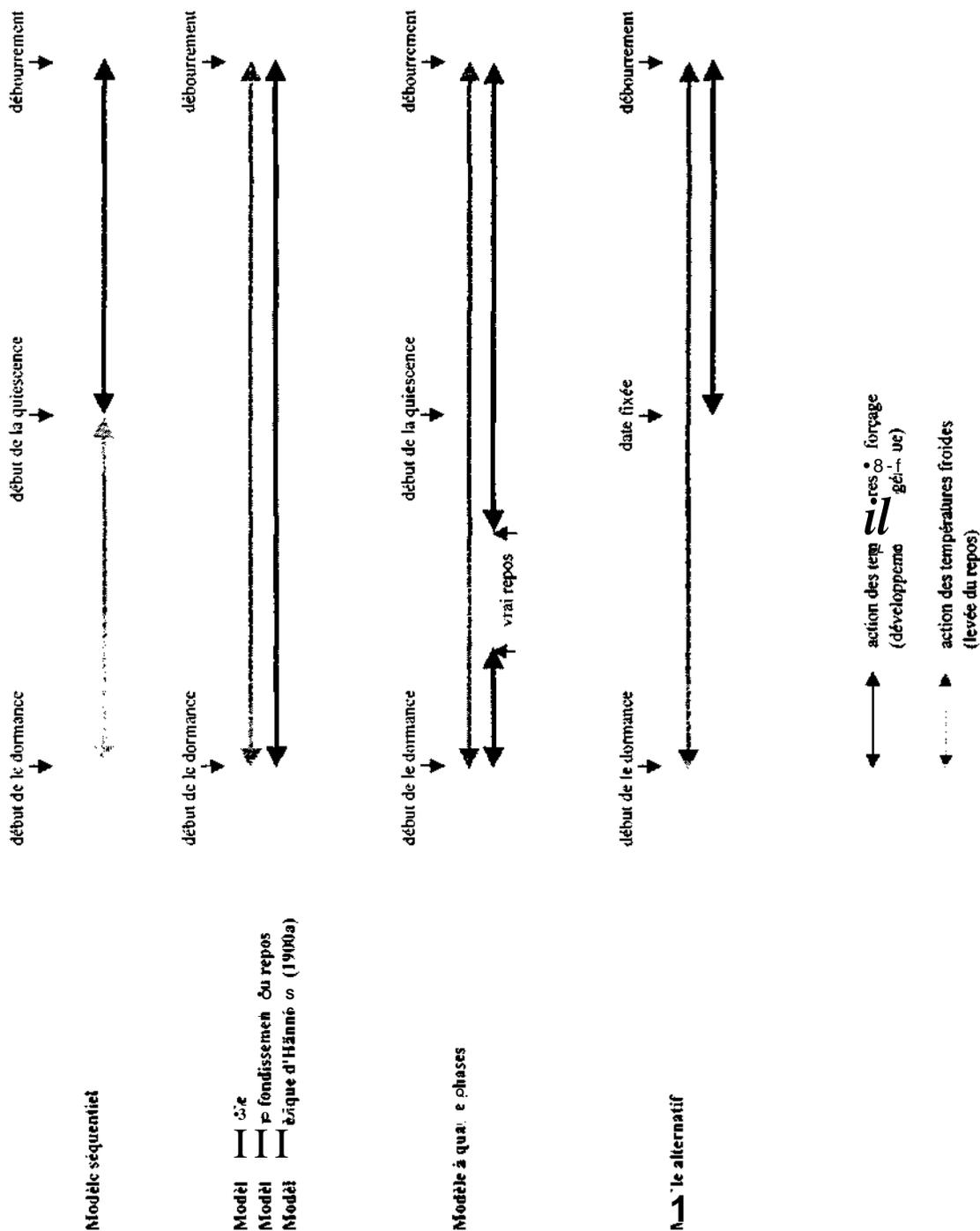


FIG. 22. Période d'action des températures "froides" et "chaudes" au cours de la dormance, suivant les modèles

### 5.3. Modèles prenant en compte la photopériode

#### 5.3.1. Prise en compte de la photopériode seule

La méthode la plus simple pour prédire la date de débourrement consiste à utiliser la date moyenne observée sur plusieurs années. Un modèle purement photopériodique est donc un modèle de dates calendaires à un site précis (Hunter et Lechowicz 1992). Ce modèle est appelé le modèle « nul » (« null model »). Dans ce cas, on suppose que le débourrement est déclenché soit par des conditions lumineuses précises, soit par une horloge interne (Biinning 1964). Cependant, les variations inter-annuelles à un site indiquent que la photopériode seule ne peut contrôler la phénologie des arbres. Notons qu'un modèle phénologique utile doit prédire plus précisément la date de débourrement que cette méthode.

#### 5.3.2. Le modèle photothermique de Nizinski et Saugier (1988)

Nizinski et Saugier (1988) ont observé, pendant 8 ans, le débourrement d'un peuplement de chêne sessile de 120 ans, en forêt de Fontainebleau (**annexe 1**). Ils ont développé un modèle pour prédire la date de débourrement.

Ces auteurs ont trouvé que la date de débourrement (date à laquelle 50% des bourgeons latéraux font apparaître les jeunes feuilles) pouvait être prédite, à 2 jours près, grâce à une relation entre les températures cumulées 10 jours avant le débourrement et la photopériode le jour du débourrement. Le débourrement se produit lorsque la somme de température des 10 jours précédents dépasse un certain seuil, fonction décroissante de la longueur du jour. Les tests de ce modèle empirique se sont avérés concluants. On peut remarquer que ce modèle ressemble à celui de Cannell et Smith (1983) ; la photopériode remplaçant le nombre de jours froids. Ici aussi, une courbe doit être ajustée à la relation observée entre température et photopériode, et les paramètres déterminés pour un génotype donné, dans une situation donnée. Dans ce cas précis, les auteurs ont trouvé la relation suivante :

$$DD_{10} = (2,42 \times 10^{-2} L_{mn}) / [(1,41 \times 10^{L_{mn}} - 1)]$$

$DD_{10}$  : somme de température cumulée pendant les 10 jours précédant le débourrement, avec une température de base de 0°C. Chaque jour, c'est la température moyenne  $(M+m)/2$  qui est comparée à la température de base.

Pour établir ce modèle, Nizinski et Saugier ont examiné les relations existant entre la longueur du jour au moment du débourrement et les températures moyennes journalières cumulées à partir d'une date fixe, jusqu'au débourrement, ou cumulées pendant une certaine durée précédant le débourrement. Pour les 2 relations, la température de base variait de - 5 à 10°C. La meilleure prédiction a été obtenue avec une période de 10 jours précédant le débourrement, et une température de base de 0°C, en ajustant une ligne de régression grâce à l'analyse des moindres carrés ( $r = 0,99$ ).

La procédure utilisée pour prédire le débourrement rappelle celle employée pour le modèle alternatif : pour chaque jour  $j$  de longueur  $L_{mj}$ ,  $DD_{10j}$  est calculé sur la période  $(j - 10)$  à  $j$ . Si  $DD_{10j}$  est  $>$  à  $DD_{10}$  déterminé par la relation, alors le débourrement se produit le jour  $j$ , autrement on recommence pour le jour suivant  $(j+1)$ , de longueur  $L_{mj+1}$  ; les calculs sont répétés jusqu'à ce que l'inégalité soit satisfaite.

Les asymptotes de l'équation de prédiction de la date de débourrement ont une signification biologique. Le débourrement ne peut se produire si le dénominateur est négatif, c'est-à-dire si  $L_{mn} \leq 711$  minutes (16 mars). Lorsque la longueur du jour tend vers l'infini,  $DD_{10}$  tend vers 17,2 °C-jours, c'est-à-dire que le débourrement ne peut se produire si les températures moyennes de l'air pendant les 10 jours précédents sont inférieures à +1,7°C. De plus, la signification de la période de 10 jours avant le débourrement pourrait être l'existence d'un rythme saisonnier interne qui doit dépendre du génotype, et de l'environnement qui l'a sélectionné.

### 5.3.3. Modèle considérant la photopériode en tant que déclencheur du développement ontogénique

Dans les modèles ne prenant en compte que la température de l'air, le développement ontogénique peut débiter avant le solstice d'hiver, en particulier lorsque les hivers sont doux. Cependant, les expériences de Partanen *et al.* (1998) indiquent que le débourrement est retardé lorsque la photopériode diminue. Ce facteur doit donc être pris en compte, en particulier lorsqu'on s'intéresse aux effets du réchauffement climatique, le débourrement réel pouvant être alors plus tardif que le débourrement prédit (Hänninen 1995).

Häkkinen *et al.* (1998) utilisent un modèle dans lequel les bourgeons ont besoin, pour démarrer leur ontogenèse, que le besoin en froid soit satisfait (comme dans les modèles séquentiel). Cependant, une fois ce besoin satisfait, les bourgeons n'acquièrent pas immédiatement l'aptitude au développement ontogénique. Celui-ci ne démarre qu'à partir d'une date fixe  $J_{crit}$ , supposée postérieure à la levée du repos.  $R_{frc}$  est ensuite dépendant de la température, et le débourrement se produit lorsque  $S_{frc} = F_{crit}$ .

$$\begin{aligned} \text{Si } Schl < C_{crit} & \quad K = 0 \\ \text{Si } Schl \geq C_{crit} & \quad K = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Si } J < J_{crit} & \quad K_p = 0 \\ \text{Si } J \geq J_{crit} & \quad K_p = 1 \end{aligned}$$

$K_p$  : capacité de croissance des bourgeons dépendant de la photopériode

### 5.3.4. Prise en compte de la photopériode en tant que substitut du froid

Plusieurs expériences ont mis en évidence que de longues photopériodes pouvaient se substituer, plus ou moins complètement, à un manque de froid. Dans sa comparaison de différents modèles prédictifs, Kramer (1994b) a inclus la photopériode à  $R_{chl}$ , dans les modèles prenant en compte le besoin en froid :  $R_{chl} = R_{chl} + \delta L$ . Il note qu'avec cette formulation, la photosensibilité garantit que le besoin en froid est atteint, même quand peu de froid s'accumule en raison de hautes températures hivernales.

Dans tous les modèles précédents, la date de début du repos est généralement considérée comme fixe, et le froid a un effet maximal sur la levée du repos dès cette date. Elle est souvent choisie arbitrairement (Landsberg 1974 ; Richardson *et al.* 1974 ; Hänninen 1990a ; Cannell et Smith 1983), et parfois à l'aide de critères physiologiques (Walser *et al.* 1981, Fuchigami *et al.* 1982, Kobayashi *et al.* 1982). Hänninen (1990a) a émis l'hypothèse que l'effet maximal du froid sur la levée du repos pourrait être atteint graduellement. Cette hypothèse est basée sur des résultats expérimentaux qui ont montré que le besoin en froid pouvait varier suivant les conditions environnementales précédant la période froide (Nienstaedt 1966 ; Nelson et Lavender 1979 ; Lavender et Stafford 1985).

## 5.4. Quelques modèles décrivant la levée du repos et le développement ontogénique

### 5.4.1. Prise en compte de la température de l'air ou de la photopériode

Afin de faciliter la présentation et la compréhension, les paramètres utilisés par les différents auteurs ont été convertis suivant les notations utilisées au point 5.2.

Plusieurs modèles de réponses du taux de froid  $R_{chl}$  à la température ont été présentés. Pour calculer l'état de satisfaction des besoins en froid  $Schl$ , des unités de froid arbitraires (CU, « chilling units ») sont souvent employées. Les taux de froid sont exprimés en unités de froid par unité de temps (heure ou jour). Ci-dessous sont présentés les principaux modèles de levée du repos. Cette liste n'est pas exhaustive, et d'autres modèles ont été développés (Gilreath et Buchanan 1981 ; Fishman *et al.* 1987a, b).

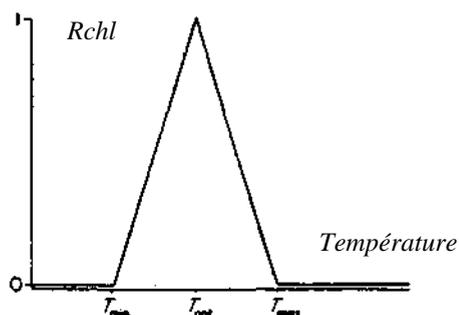
- 1) Nous avons déjà vu, pour le modèle alternatif, que  $Rchl$  peut être considéré comme le nombre de jours de froid. On compte alors, à partir d'une date fixe (le 1 novembre par exemple), le nombre de jours dont la température moyenne est inférieure à un seuil ( $5^{\circ}\text{C}$  par exemple) (Cannell et Smith 1983).

$$\begin{array}{ll} \text{Si } T \leq S & Rchl = 1 \\ \text{Si } T > S & Rchl = 0 \end{array}$$

Cette méthode n'indique pas la contribution variable de différentes températures pour lever le repos.

- 2) Certains auteurs ont montré que la durée de froid nécessaire à la levée du repos était plus courte pour des températures proches d'un optimum (généralement proche de  $5^{\circ}\text{C}$ ), et augmentait pour des températures inférieures ou supérieures à cet optimum. Pour modéliser ce phénomène, les auteurs considèrent que  $Rchl$  est maximum pour une température optimale. De part et d'autre de l'optimum,  $Rchl$  décroît, jusqu'à un seuil minimal et un seuil maximal de température. En-dehors des valeurs comprises entre les seuils,  $Rchl = 0$  (figure 23). D'après Kramer (1994b) :

$$\begin{array}{ll} \text{Si } T \leq T_{\min} & Rchl = 0 \\ \text{Si } T_{\min} < T \leq T_{\text{opt}} & Rchl = (T - T_{\min}) / (T_{\text{opt}} - T_{\min}) \\ \text{Si } T_{\text{opt}} < T < T_{\max} & Rchl = (T - T_{\max}) / (T_{\text{opt}} - T_{\max}) \\ \text{Si } T \geq T_{\max} & Rchl = 0 \end{array}$$

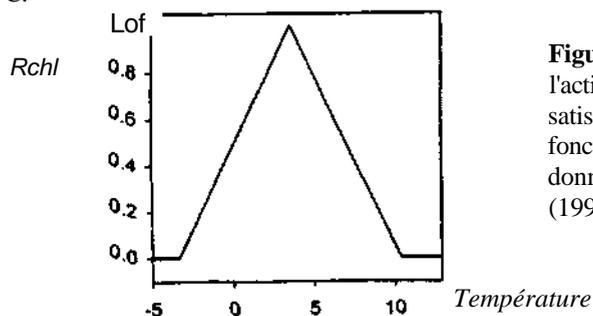


**Figure 23.** Modélisation de l'action de la température sur le taux de satisfaction des besoins en froid par une fonction triangulaire

Hänninen (1990a) considère une température optimale de  $3,5^{\circ}\text{C}$ . Le seuil minimal est  $-3,4^{\circ}\text{C}$  et le seuil maximal  $10,4^{\circ}\text{C}$  (figure 24). Il utilise une équation qui a été développée pour les arbres des forêts finlandaises par Sarvas (1974) :

$$\begin{array}{ll} \text{Si } T \leq -3,4^{\circ}\text{C} & Rchl = 0 \\ \text{Si } -3,4^{\circ}\text{C} < T \leq 3,5^{\circ}\text{C} & Rchl = 0,159 T + 0,506 \\ \text{Si } 3,5^{\circ}\text{C} < T \leq 10,4^{\circ}\text{C} & Rchl = -0,159 T + 1,621 \\ \text{Si } T > 10,4^{\circ}\text{C} & Rchl = 0 \end{array}$$

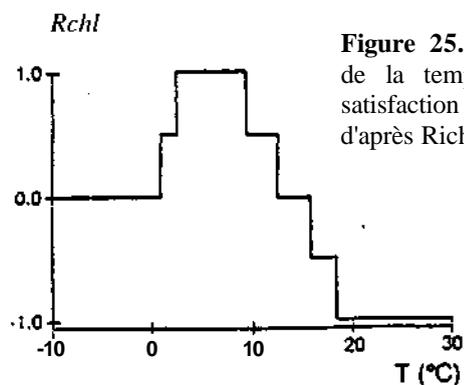
Ses expériences sur l'épicéa commun et le pin sylvestre suggèrent toutefois que  $T_{\max}$  serait plus proche de  $12^{\circ}\text{C}$  que de  $10^{\circ}\text{C}$ .



**Figure 24.** Cas particulier de modélisation de l'action de la température sur le taux de satisfaction des besoins en froid par une fonction triangulaire: courbe ajustée aux données de Sarvas (1974) par Hänninen (1990b)

- 3) Richardson et al. (1974) calculent, pour les pêchers, les unités de froid d'une autre manière. Ce sont des intervalles de températures qui sont utilisés (figure 25).

Si $T < 1,4^{\circ}\text{C}$	$Rchl = 0$
Si $1,4^{\circ}\text{C} < T < 2,4^{\circ}\text{C}$	$Rchl = 0,5$
Si $2,4^{\circ}\text{C} < T < 9,1^{\circ}\text{C}$	$Rchl = 1$
Si $9,1^{\circ}\text{C} < T < 12,4^{\circ}\text{C}$	$Rchl = 0,5$
Si $12,4^{\circ}\text{C} < T < 15,9^{\circ}\text{C}$	$Rchl = 0$
Si $15,9^{\circ}\text{C} < T < 18^{\circ}\text{C}$	$Rchl = -0,5$
Si $T > 18^{\circ}\text{C}$	$Rchl = -1$

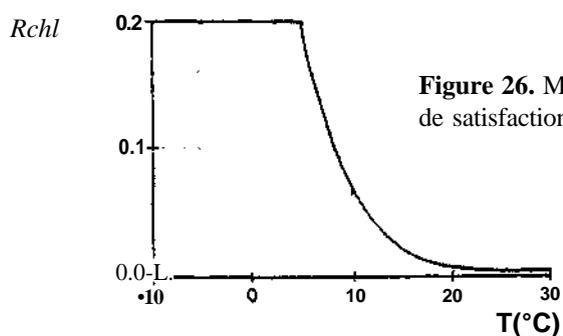


**Figure 25.** Modélisation de l'action de la température sur le taux de satisfaction des besoins en froid, d'après Richardson *et al.* (1974)

Dans ce cas, il faut noter que pour les températures supérieures une température donnée, ici  $15,9^{\circ}\text{C}$ ,  $Rchl$  est négatif. Pendant le repos, les hautes températures neutralisent l'effet induit par le froid sur la levée du repos, en diminuant la valeur de  $Schl$ . Richardson *et al.* (1974) considèrent donc que la levée du repos n'est pas irréversible.

- 4) Landsberg (1974) a utilisé, pour les bourgeons floraux de pommier, un indice de dormance  $I$ , équivalent à  $Rchl$ .  $Rchl$  est ici maximal pour toutes les températures inférieures ou égales à un seuil, et décroît à mesure que la température augmente. Landsberg a utilisé un seuil de  $5^{\circ}\text{C}$ .

Si $T < 5^{\circ}\text{C}$	$Rchl = 0,2$
Si $T \geq 5^{\circ}\text{C}$	$Rchl = 1 / T$



**Figure 26.** Modélisation de l'action de la température sur le taux de satisfaction des besoins en froid, d'après Landsberg (1974)

- 5) Hänninen (1995) utilise un modèle dans lequel intervient la photopériode. L'état de levée du repos  $Srbr$  (et non plus  $Schl$ , car ici ce n'est pas le froid qui intervient) reste nul jusqu'au solstice d'hiver puis, après le 21 décembre, augmente de façon linéaire avec la photopériode, jusqu'à une photopériode critique, à partir de laquelle il atteint une valeur critique  $Crbr$ .

$Srbr = 0$	avant le 21 décembre
$Srbr = Crbr \times (P - Pmin) / (Pcrit - Pmin)$	après le 21 décembre

$Srbr$  : état de levée du repos;

$Crbr$  : valeur critique de l'état de levée du repos lors de la transition du repos à la quiescence;

$P$  : photopériode;

$Pmin$  : photopériode minimale, le 21 décembre;

$Pcrit$  : photopériode à partir de laquelle le repos est levé.

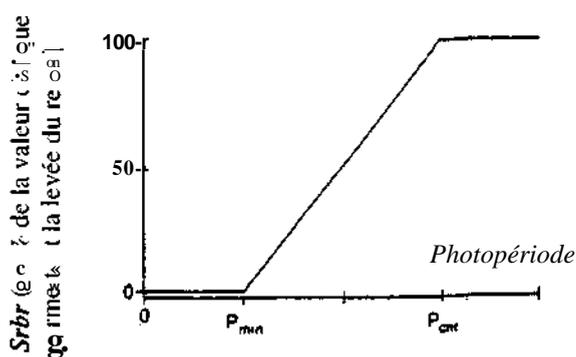


Figure 27. Modélisation de l'action de la photopériode sur l'état de levée du repos, d'après Hänninen (1995)

5.4.2. Rappel : développement ontogénique et température de l'air

Nous avons déjà vu, dans la partie traitant des modèles basés uniquement sur la réponse au réchauffement printanier, qu'il existe plusieurs courbes de réponse du taux potentiel de forçage en fonction de la température de l'air. Cette réponse est décrite de façon linéaire ou logistique.

La réponse linéaire (figure 28) correspond au calcul de *Rfrc pot* en degrés-jours, ou en degrés-heures. Dans ce cas, *Rfrc pot* représente l'apport thermique par unité de temps, la somme thermique est égale à *Sfrc*, et *DDcrit* correspond à *Fcrit*. Aucun développement ontogénique ne se produit au-dessous du seuil de température. Lorsque la température est supérieure au seuil, le taux de développement ontogénique augmente linéairement avec la température.

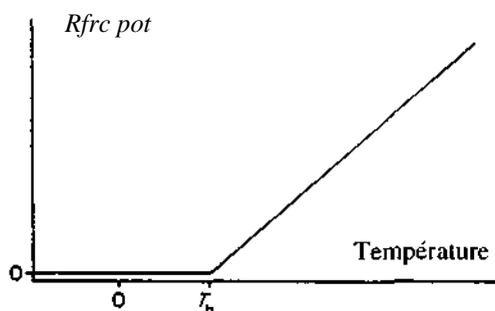


Figure 28. Modélisation de l'action de la température sur le taux de forçage potentiel par une fonction linéaire  
 $T_b$ : seuil de température (S)

$$\begin{aligned} \text{Si } T \leq S & \quad Rfrc \text{ pot} = 0 \\ \text{Si } T > S & \quad Rfrc \text{ pot} = T - S \end{aligned}$$

*Rfrc pot* peut aussi être représenté en fonction de la température par une courbe sigmoïde (figure 29). *Rfrc pot* est alors calculé en unités de forçage arbitraires (FU, « forcing units »). En général, le seuil de température est égal à 0°C.

$$\begin{aligned} \text{Si } T \leq S & \quad Rfrc \text{ pot} = 0 \\ \text{Si } T > S & \quad Rfrc \text{ pot} = -a / [ 1 + \exp (- b (T - c)) ] \end{aligned}$$

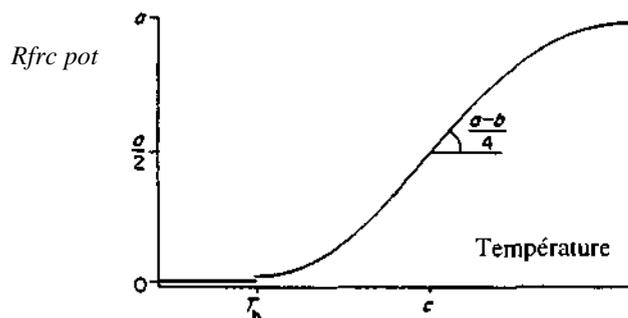
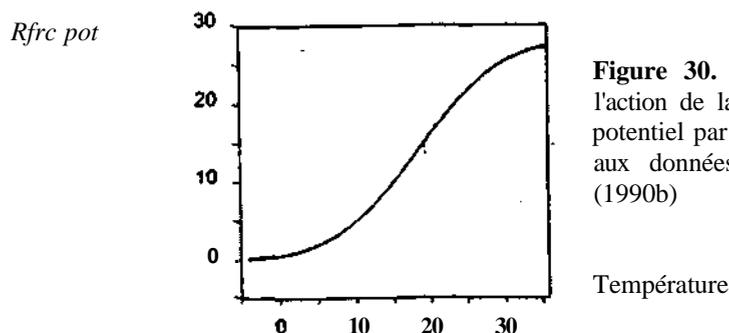


Figure 29. Modélisation de l'action de la température sur le taux de forçage potentiel par une courbe sigmoïde  
 $T_b$ : seuil de température (S)

Hänninen (1990a) utilise pour représenter  $R_{frc\ pot}$  en fonction de la température une courbe sigmoïde, avec des paramètres basés sur les travaux de Sarvas (1972, cité dans Hänninen 1990a) :

$$\begin{aligned} \text{Si } T \leq 0^{\circ}\text{C} & \quad R_{frc\ pot} = 0 \\ \text{Si } T > 0^{\circ}\text{C} & \quad R_{frc\ pot} = 28,361 / [1 + \exp(-0,185 \times (T - 18,431))] \end{aligned}$$

Cette relation (représentée **figure 30**) a été développée pour les espèces arborées des forêts finlandaises.



L'emploi d'unités arbitraires reflète le fait que les processus impliqués dans la levée de dormance sont encore insuffisamment compris. Il faut garder à l'esprit que les courbes de réponse à la température, ainsi que les valeurs critiques permettant la transition entre les phases de la dormance, dépendent du génotype étudié, et de son adaptation à l'environnement dans lequel il se développe.

Les auteurs considèrent souvent que les courbes de réponse à la température des taux de forçage et de satisfaction des besoins en froid demeurent statiques au cours du développement, c'est-à-dire que leurs valeurs ne changent pas. Certaines études ont, cependant, suggéré qu'au cours de la période de repos, la courbe de réponse à la température était dynamique (Kobayashi *et al.* 1982, Kobayashi et Fuchigami 1983a, Hänninen et Pelkonen 1988). Hänninen et Backman (1994) ont trouvé que la limite supérieure de l'étendue des températures capables de lever le repos  $T_{max}$  variait dans une population. Leurs expériences montrent que, pour de jeunes épicéas communs, lorsque la durée de froid subie augmente, la proportion de plants qui débourrent décroît dans un premier temps, puis croît. De plus, pour des plants ayant reçu peu de froid, cette proportion est plus faible à des températures de forçage de 17°C qu'à 12°C. N'ayant pu expliquer ces résultats par des théories conventionnelles (Vegis 1964, Cannell 1989, 1990, Hänninen 1990a), ces auteurs emploient un modèle de levée du repos dynamique, dans lequel  $T_{max}$  se déplace vers des températures plus basses, au fur et à mesure que la durée d'exposition au froid augmente. Ainsi, lorsque la durée de froid augmente,  $T_{max}$  diminue et la température de forçage (appliquée après le traitement en froid) ne peut plus participer à la levée du repos car elle est trop haute : la proportion de plants qui débourrent diminue. Puis, après une certaine durée d'exposition au froid, le nombre de plants pour lesquels le repos est levé augmente. Cette hypothèse d'une réponse dynamique de la levée du repos à la température reste cependant à tester dans d'autres expériences.

L'effet continu de la température sur le taux de développement est généralement calculé en sommant les températures moyennes sur un intervalle de temps déterminé. Cette méthode peut conduire à des imprécisions ; de plus, les résultats peuvent être divergents suivant l'intervalle de temps utilisé. On peut remarquer que dans certains intervalles, la température peut avoir un effet simultané sur la levée du repos et sur le développement ontogénique. Dans les modèles phénologiques, l'effet de la température de l'air sur la levée du repos et sur le développement ontogénique est, en général, calculé de façon cumulative. Certaines études ont pourtant montré que les hautes températures au cours de la dormance pouvaient annihiler les effets du froid reçu, ou rendre ces effets moins efficaces (Timmis et Worrall 1974, Campbell 1978 ; Overcash et Campbell 1955, Erez et Lavéé 1971 ; Erez *et al.* 1979a, b ; Couvillon et Erez 1985 ; Hänninen et Pelkonen 1989).

### 5.5. Comparaison des différents modèles phénologiques de prédiction du débourrement

En combinant les modélisations de l'influence des températures froides, de l'influence des températures de forçage, et de l'évolution de la fonction de compétence décrite dans les modèles ci-dessus, les possibilités de modèles synthétiques sont très nombreuses.

*Hunter et Lechowicz (1992) ont utilisé des données de débourrement de 26 espèces arborées afin de comparer 5 modèles :*

- 1) Un modèle fondé uniquement sur la réponse au réchauffement printanier, en utilisant le calcul de degrés-jours ;
- 2) Le modèle séquentiel ;
- 3) Le modèle alternatif ;
- 4) Le modèle photothermique de Nizinski et Saugier (1988), ajusté aux valeurs de la série phénologique ;
- 5) Le modèle « nul », consistant à utiliser la date moyenne de débourrement.

Les pouvoirs de prédiction des différents modèles sont comparés grâce à la différence entre dates observées et prédites (erreur standard de prédiction en jours, Hickin et Vittum 1976). Il faut remarquer qu'avec cette méthode, on peut obtenir une faible erreur standard avec des dates prédites éloignées des dates observées, mais variant peu. Les auteurs ont donc aussi testé l'exactitude des modèles en calculant la valeur du 7<sup>e</sup> entre dates prédites et observées, et ont trouvé que les modèles ayant la plus petite erreur standard sont aussi les plus exacts. Tous les modèles sont plus efficaces que le modèle « nul ». Le modèle basé uniquement sur le calcul de degrés-jours fournit les prédictions les plus précises pour 13 des 26 espèces. Le modèle séquentiel fournit les meilleures prédictions pour 11 des espèces. Le modèle alternatif est imprécis, en particulier pour les espèces qui ont de faibles besoins en froid. Ce dernier résultat n'est pas étonnant car l'épicéa de Sitka, pour lequel Cannell et Smith (1983) ont développé ce modèle, a des besoins en froid importants. Enfin, le modèle photothermique ne diffère presque pas du modèle « nul ». Les espèces qui débourrent tôt ne montrent pas de corrélation significative entre les températures précédant le débourrement et la photopériode.

Pour le chêne pédoncule, Comps *et al.* (1987) ont trouvé que les méthodes des sommes de températures ou de coefficients de température estiment plus efficacement la date de débourrement du chêne pédoncule que la «durée du débourrement» (le nombre de jours compris entre la date d'initialisation et le débourrement). Le débourrement de cette espèce semble donc mieux réagir aux actions de la température qu'à la photopériode.

Pour le hêtre, Comps *et al.* (1987) ont trouvé que le modèle «nul» estimait plus précisément la date de débourrement que les modèles de sommes de températures et de coefficients de températures, lorsque la date d'initialisation est comprise entre le 20 décembre et le 30 mars. La foliation du hêtre semble donc plus sensible à la photopériode jusqu'à la fin mars, et devient ensuite plus sensible à la température à partir du 1 avril.

Pour le hêtre, Kramer (1994b) a utilisé des observations phénologiques recueillies aux Pays-Bas, pour comparer les 4 modèles décrits par Hänninen (1990a), le modèle alternatif, le modèle des sommes de températures, et le modèle « nul ». *Schl* est modélisé en considérant un optimum entre un seuil minimal et un seuil maximal de température (**figure 23**). *Rfrc* est modélisé par une courbe sigmoïde (**figure 29**). L'auteur a aussi testé ces mêmes modèles auxquels était ajoutée une variable photopériodique à *Rchl*. L'ajustement optimal des paramètres étant celui qui conduit à la plus petite somme des carrés des différences (dates prédites - dates observées), il trouve que le modèle « nul » est le plus précis. La prise en compte de la photopériode diminue la précision des modèles. L'auteur a modifié le modèle séquentiel, afin d'améliorer la prédiction.

Les paramètres du modèle séquentiel amélioré sont :

to : 1 novembre

*Ccrit*: 117,83 CU.jour<sup>1</sup>

*Fcrit*: 9,66 FU.jour<sup>1</sup>

*Tmin*: -17,02 °C

*Topt*: -1,34 °C

*Tmax*: 92,15 °C

*S* : 0 °C

*a*: 1

*b*: 0,12

*c* : 20,54

*a*, *b*, *c* sont les paramètres décrivant la courbe sigmoïde. Donc, dès que *Schl* atteint la valeur 117,83, on a :

$$Rfrc = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{1}{a} \cdot \frac{1}{12} \cdot (T - 20,54)\right)}$$

Cette version du modèle séquentiel est nettement meilleure que tous les autres modèles testés, y compris le modèle « nul ». Il faut remarquer que les valeurs des paramètres de ce modèle n'ont aucune réalité biologique. *Rchl* est ici virtuellement indépendant de la température, étant donné l'intervalle dans lequel les températures « froides » peuvent agir. Pour les valeurs des températures hivernales, on obtient *Rchl* proche de l'unité. Par conséquent, le début de la quiescence varie peu, et ce modèle se réduit presque au modèle des unités de forçage.

*Pour l'épicéa commun, Hannen (1999) a étudié le débourrement de clones, dans 2 sites suédois. Il a comparé :*

- 1) Le modèle linéaire des sommes de températures (**annexe 2**) ;
- 2) Le modèle des unités de forçage, calculées à partir d'une date fixe, avec la formule utilisée par Hänninen (1990a);
- 3) Le modèle séquentiel, en modélisant l'action des températures de forçage par des unités de forçage, toujours avec la formule utilisée par Hänninen (1990a) ;
- 4) Le modèle alternatif, en modélisant l'action du froid par le nombre de jours de froid ou par **une** fonction triangulaire identique à celle utilisée par Hänninen (1990a) ; et en modélisant l'action des températures de forçage par une somme de températures ou par des unités de forçage.

Il considère que le modèle le plus précis est celui qui conduit au plus petit écart entre dates observées et dates prédites de débourrement. Tous les modèles basés sur la température ont permis d'obtenir de meilleures prédictions que le modèle basé sur le nombre de jours. Les 2 modèles basés uniquement sur l'action des températures de forçage sont les plus précis. Parmi ces 2 types de modèles, c'est le modèle des sommes de températures qui est le plus précis, avec un seuil de 5°C, et les dates entre le 1 janvier, et le 1 mars conduisant à la même précision. L'écart entre les dates observées et prédites est alors de 2,1 jours. Le modèle des unités de forçage avec comme date d'initialisation le 1 avril permet une prédiction à 2,5 jours près. Le modèle séquentiel est moins précis que les modèles précédents. Enfin, dans ce cas, aucune relation inverse entre le froid reçu et la somme de température ou les unités de forçage n'a été observée. L'auteur attribue ce résultat au fait que dans le sud de la Suède, le froid est rarement un facteur limitant.

***Pour le bouleau verruqueux, Hari et Häkkinen (1991) ont utilisé des séries phénologiques de débournement finlandaises (figure 3b), afin de comparer 5 modèles :***

- 1) Le modèle « nul » ;
- 2) Le modèle des sommes de températures, avec un seuil de 5°C ;
- 3) Le modèle des unités de forçage avec les valeurs de Sarvas (1972) (**figure 30**) ;
- 4) Un modèle basé sur la respiration en tant qu'indicateur du développement, avec des paramètres fixés (Hari *étal.* 1970);
- 5) Un modèle de développement en feedback, le taux de développement dépendant de la température et de l'état de développement déjà atteint, avec des paramètres fixés (Pelkonen et Hari 1980).

La valeur de *Fcrit* employée pour chaque modèle a été estimée en utilisant la moyenne des valeurs annuelles de *Sfrc* à la date observée du débournement. Les dates prédites sont ensuite comparées aux dates observées. Les résultats indiquent que le modèle « nul » ne permet pas de prédire le débournement. En revanche, les autres modèles donnent des résultats satisfaisants, et diffèrent peu pour la précision des prédictions (coefficients de corrélation entre dates observées et prédites variant de 0,78 à 0,87), ce qui n'est pas étonnant, car les fonctions à intégrer sont assez similaires.

***Toujours pour le bouleau verruqueux, Häkkinen et al. (1998) ont comparé 3 modèles. Ils ont utilisé des séries phénologiques combinées de débournement en Finlande (figure 3a), construites par Häkkinen et al. (1995) et Linkosalo et al. (1996). Ils comparent :***

- 1) Le modèle séquentiel ;
- 2) Un modèle intermédiaire entre le modèle séquentiel et le modèle parallèle
- 3) Un modèle intégrant la photopériode (l'ontogénèse débutant alors lorsque  $Schl \geq Ccrit$  et  $J \geq Jcrit$ )

Dans les trois modèles, les 2 courbes *Rchl* et *Rfrc* en fonction de la température sont basées sur les travaux de Sarvas (1972, 1974). Plusieurs valeurs des paramètres *to*, *Ccrit*, et *Jcrit* sont testées. La valeur de *Fcrit* est déterminée, pour chaque combinaison des paramètres, en faisant la moyenne des valeurs annuelles de *Sfrc* au moment observé du débournement. La procédure utilisée pour déterminer la meilleure combinaison est une procédure itérative : pour chaque combinaison, on calcule la moyenne de la somme des carrés des différences entre les dates observées et les dates prédites («mean square error», MSE) :  $MSE = 1/n \sum (date\ observée\ l'année\ i - date\ prédite\ l'année\ i)^2$ . La meilleure combinaison est celle qui conduit au plus petit MSE. Le modèle intégrant la photopériode conduit à des prédictions les plus précises de la date de débournement que les modèles basés uniquement sur le déroulement de la dormance. Ce modèle explique 92% de la variation de la date de débournement, et l'écart de l'erreur de prédiction est de 2,5 jours. La date seuil estimée est le 21 mars. *Fcrit* = 2610 FU. Les auteurs attribuent ce résultat au fait qu'en zone boréale, le laps de temps entre le début de la dormance et le débournement est important, et l'hypothèse d'une initiation du développement ontogénique au printemps, plutôt qu'à la fin de l'automne, conduit à des prédictions plus précises.

Häkkinen (1999) a effectué une comparaison statistique de ces 3 modèles, à partir des mêmes données phénologiques et climatiques. Il a montré que les MSE des 2 premiers modèles ne différaient pas significativement, et que les prédictions des dates de débournement par ces modèles étaient très similaires. En revanche, les prédictions fournies par le modèle considérant la photopériode diffèrent de celles des 2 autres modèles. L'auteur remarque que la comparaison des modèles, généralement basée sur la comparaison des différences entre les observations et les prédictions, est problématique du point de vue de la déduction scientifique, car le risque de faire une fausse déduction est inconnu. Par exemple, la sensibilité des modèles aux différentes bases de données n'est pas déterminée. De plus, on sait rarement si les différences observées sont significatives.

Enfin, Hunter et Lechowicz (1992) ont construit, à partir des hypothèses biologiques de base de 4 modèles conceptuels et de données climatiques, une base de données artificielle. Us ont analysé la capacité d'un modèle à prédire les dates de débournement générées par ce même modèle, et par les autres. La **plupart des** modèles

---

donnent de faibles erreurs standard de prédiction, même quand les dates de débourrement ont été générées à partir des hypothèses d'un autre modèle : ceci signifie que même des modèles biologiquement incorrects peuvent fournir de bonnes prédictions du débourrement. Ce n'est donc pas parce qu'un modèle peut prédire correctement le débourrement que ses hypothèses biologiques sont exactes. Inversement, ce n'est pas parce qu'un modèle ne permet pas de prédire exactement les dates de débourrement que ses hypothèses de base sont inappropriées (Kramer 1994b). Hänninen (1995) a aussi montré qu'un modèle irréaliste pouvait prédire précisément le débourrement. De plus, plusieurs modèles différents possèdent une précision de prédiction similaire, alors que les arbres d'une même population ne peuvent obéir à des systèmes de régulation différents. Cet auteur pense qu'il ne s'agit pas seulement de tester des modèles sur de longues séries d'observations. Si l'on veut trouver des modèles réalistes tenant compte des paramètres écophysologiques essentiels impliqués dans la régulation du débourrement, il faut aussi développer les expérimentations, étudier les phénomènes physiologiques influençant le moment du débourrement, synthétiser des modèles hypothétiques et les tester, non seulement en conditions naturelles, mais aussi en conditions contrôlées. Ces études sont nécessaires car des modèles précis mais non réalistes risquent de conduire à de fausses prédictions, lorsqu'on modifie les conditions environnementales. Ainsi, plusieurs modèles qui permettent de prédire correctement la date de débourrement en conditions naturelles prévoient un débourrement trop hâtif pour des conditions de températures élevées (Hänninen *et al.* 1993 ; Hänninen 1995).

## 6. CONCLUSION GENERALE

La première partie de ce travail a été axée sur le recueil d'observations phénologiques des dates de debourrement et de sénescence d'espèces arborées (feuillus et résineux), principalement en France. Les études réalisées se sont avérées assez rares et ne dépassent pas une période de 10 ans. L'une des principales difficultés rencontrées a été l'homogénéisation de données provenant de sources variées ; les phénophases étant souvent définies différemment selon les auteurs. Même après homogénéisation des données, la comparaison des résultats n'est pas évidente car les seuils considérés pour caractériser un stade différent selon les sources. En France, le développement de réseaux au sein desquels les observations des événements phénologiques sont standardisées, tels que le réseau RENECOFOR, et effectuées sur une période assez longue pour pouvoir analyser les résultats apparaît donc nécessaire. A partir de la base de données élaborée, il est assez difficile de faire ressortir de grands traits de variabilité phénologique.

L'action des différents facteurs sur la date de réalisation des phénophases apparaît complexe. Si la température et la photopériode sont généralement les principaux facteurs déterminant, d'autres paramètres interviennent aussi pour réguler la phénologie qui est, de plus, contrôlée génétiquement. L'influence des divers facteurs est variable suivant les espèces et les phénophases considérées. Ainsi, pour le debourrement du hêtre, la photopériode joue un rôle important, ce qui ne semble pas être le cas pour d'autres espèces telles que les chênes. Les expériences et les études phénologiques ont surtout porté sur le debourrement végétatif et la floraison, et très peu de travaux ont été réalisés pour la sénescence.

En Europe, la collection d'observations phénologiques a connu une attention croissante pendant le XIX<sup>ème</sup> siècle et de longues séries de debourrement et de floraison sont disponibles. Dans un même temps, l'enregistrement systématique du climat s'est mis en place. Il est intéressant de lier ces deux sources, afin de comprendre les liens entre le climat et le cycle annuel des plantes. Ce type d'étude s'est beaucoup développé récemment, l'intérêt étant surtout porté sur les conséquences des changements climatiques (en particulier le réchauffement) sur le début de la période active, au printemps. Certaines espèces répondent au réchauffement en feuillant plus tard, d'autres en feuillant plus tôt (Sparks et Carey 1995 ; Défila et Clot 2000). L'analyse des relations entre phénologie et climat a permis de construire des modèles phénologiques permettant de prévoir les dates de réalisation des phénophases. Les modèles de prédiction du debourrement sont souvent employés afin d'estimer les risques de dégâts causés par les gelées tardives. La plupart de ces modèles ne prennent en compte que l'influence de la température. En général, le critère utilisé pour choisir un modèle n'est pas la justesse de ses bases biologiques, mais la précision de ses prédictions. Selon le modèle utilisé, les estimations du debourrement et des risques de dégâts dus aux gelées en réponse au réchauffement divergent. De plus, les prédictions de certains modèles se sont avérées très imprécises lorsque les conditions environnementales sont modifiées (Hänninen 1995). Ceci démontre que la connaissance actuelle de la phénologie n'est pas une base suffisante pour des prévisions fiables. Il semble qu'il faille encore développer les expériences afin de construire des modèles plus justes biologiquement. De plus, il faut prendre en compte les phénomènes d'acclimatation et d'adaptation des plantes. La plupart des modèles qui existent actuellement ont été développés pour une espèce donnée, dans un contexte climatique particulier, et leur utilisation ne peut être généralisée. En France, c'est surtout le modèle des sommes de températures qui est utilisé pour prédire le debourrement des arbres, et les autres modèles existant ont rarement été testés et ajustés sur des séries de données françaises.

## 7. BIBLIOGRAPHIE PRINCIPALE

- Abgrall, J.F., Soutrenon, A.**, 1991. La forêt et ses ennemis. Editeur: CEMAGREF, 399 pages.
- Allen, J.C.**, 1976. A modified sine wave method for calculating degree days. *Environmental Entomology*, 5, 388-396.
- Arbez, M.**, 1969. Etude comparative en pépinière de quelques provenances françaises de sapin pectiné (*Abies alba* Mill.). Premier aperçu de la variabilité infraspécifique et mise au point sur le « sapin de l'Aude ». *Annales des Sciences Forestières*, 26 (4), 475-509.
- Arnold, C.Y.**, 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 1A, 430-445.
- Arnold, C.Y.**, 1960. Maximum and minimum temperatures as a basis for computing heat units. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 76, 682-692.
- Aussenac, G.**, 1973. Etude des gelées tardives en relation avec les problèmes de reboisement. *Annales des Sciences Forestières*, 30 (2), 141-155.
- Aussenac, G., Pardé, J.**, 1985. Forêts, climat et météores. *Revue Forestière Française*, XXXVII (n° sp.), 83-104.
- Balling Jr, R.C., Vose, R.S., Weber, G.R.**, 1998. Analysis of long-term European temperature records: 1751-1995. *Climate Research*, 10, 193-200.
- Baskerville, G.L., Emin, P.**, 1969. Rapid estimation of heat unit accumulation from maximum and minimum temperatures. *Ecology*, 50 (3), 514-517.
- Baumgartner, A., Kleinlein, G., Waldmann, G.**, 1956. Forstlichphänologische Beobachtungen und Experimente am Grossen Falkenstein (Bayerischer Wald). *Forstwissenschaftliches Centralblatt.*, 75, 290-303.
- Becker, M.**, 1977. Contribution à l'étude de la transpiration et de l'adaptation à la sécheresse des jeunes plants résineux. Exemple de 3 sapins du pourtour méditerranéen (*Abies alba*, *A. Nordmanniana*, *A. numidica*). *Annales des Sciences Forestières*, 34 (2), 137-158.
- Becker, M.**, 1981. La phénologie des hêtraies. *Le hêtre*, INRA Ed., 108-117.
- Benzian, B., Brown, R.M., Freeman, S.C.R.**, 1974. Effect of late-season top-dressings of N (and K) applied to conifer transplants in the nursery on their survival and growth on British forest sites. *Forestry*, 47, 153-184.
- Beuker, E.**, 1994. Adaptation to climatic changes of the timing of bud burst in populations of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst. *Tree Physiology*, 14 (7-9), 961-970.
- Bey, C.F.**, 1973. Growth of black walnut trees in eight mid western states. A provenance test. USDA Forest Serv., Res. Pap. 99, 1-7.
- Bey, C.F.**, 1979. Geographic variation in *Juglans nigra* in the mid western United States. *Silvae Genetica*, 28, 132-135.
- Bidabe, B.**, 1967. Action de la température sur l'évolution des bourgeons de pommier et comparaison de méthodes de contrôle de l'époque de floraison. *Annales de Physiologie Végétale*, 9 (1), 65-86.
- Bigras, F.J., Gonzalez, A., d'Aoust, A.L., Hébert, C.**, 1996. Frost hardiness, bud phenology and growth of containerized *Picea mariana* seedlings grown at three nitrogen levels and three temperatures regimes. *New Forests*, 12, 243-259.
- Birot, Y., Ferrandes, P.**, 1972. Quelques aspects de la variabilité infraspécifique du douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) introduit en zone méditerranéenne subhumide. *Annales des Sciences Forestières*, 29 (3), 335-351.
- Bloc, D., Gouet, J.P.**, 1977. Influence des sommes de températures sur la floraison et la maturité du Maïs. *Annales de l'Amélioration des Plantes*, 28 (1), 89-111.
- Borghetti, M., Leonardi, S., Raschi, A., Snyderman, D., Tognetti, R.**, 1993. Ecotypic variation of xylem embolism, phenological traits, growth parameters and allozyme characteristics in *Fagus sylvatica*. *Functional Ecology*, 7, 713-720.
- Bottlikova, A.**, 1974. Quelques notions du rythme phénologique des végétaux. *Biologia*, 29 (1), 79-85.
- Bouvarrel, P.**, 1961. Observations sur la date de l'aouïement de quelques provenances françaises d'épicéa. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts*, 18 (1), 97-129.
- Brazdil, H.R., Budikova, M., Auer, L., Böhm, R., Cegnar, T., Fasko, P., Lapin, M., Gajic-Capka, M., Zaninovic, K., Koleva, E., Niedzwiedz, T., Ustrnul, Z., Szalai, S., Weber, R.O.**, 1996. Trends of maximum and minimum daily temperatures in Central and Southeastern Europe. *International journal of Climatology*, 16, 765-782.
- Breckle, S.W., Kahle, H.**, 1992. Effects of toxic heavy metals (Cd, Pb) on growth and mineral nutrition of beech (*Fagus sylvatica* L.). *Vegetatio*, 101, 43-53.

- Bréda, N.**, 1994. Analyse du fonctionnement hydrique des chênes sessile (*Quercus petraea*) et pédoncule (*Quercus robur*) en conditions naturelles ; effets des facteurs du milieu et de l'éclaircie. *Thèse de l'Université Henry Poincaré - Nancy I*.
- Bréda, N., Granier, A.**, 1996. Intra- and Inter-annual variations of transpiration, leaf area index and radial growth of a sessile oak stand (*Quercus petraea*). *Annales des Sciences Forestières*, 53, 521-536.
- Brochet, P., Durand, R., Gerbier, N.**, 1971. Recueil de données agroclimatologiques. Sommes de températures. *Monographie de la Météorologie Nationale*, n°83, 144 p.
- Btinning, E.**, 1964. The physiological clock. Springer-Verlag, Berlin, 145 pages.
- Burger, H.**, 1935. Einfluss der Herkunft des Samens auf Eigenschaften forstlicher Holzgewächse. IV Mitteilung die Lärche. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen*, 19(1), 103-136.
- Burger, H.**, 1948. Einfluss der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften forstlicher Holzgewächse. VI Mitteilung die Buche. *Mitteilung der Schweizer. Anstalt für das forstliche Versuchswesen*, XXV Bd., 2 Heft, 286-326.
- Büsgen, M., Münch, E.**, 1929. The structure and life of forest trees. John Wiley and Sons, New York.
- Campbell, R.K.**, 1978. Regulation of budburst timing by temperature and photoregime during dormancy. *Proceedings 5<sup>th</sup> North American Forest Biology Workshop* (Ed. CA. Hollis et A.E. Squillace). Forestry Department, University of Florida, Gainesville, U.S.A, 19-33.
- Campbell, R.K., Sugano, A.I.**, 1975. Phenology of bud burst in Douglas-fir related to provenance, photoperiod, chilling, and flushing temperature. *Botanical Gazette*, 136 (3), 290-298.
- Campbell, R.K., Sugano, A.I.**, 1979. Genecology of bud burst phenology in Douglas-fir : response to flushing temperature and chilling. *Botanical Gazette*, 140, 223-231.
- Cannell, M.G.R.**, 1984. Analysis of risk of frost damage to forest trees in Britain. In : *Crop Physiology of Forest Trees* (eds P.M.A. Tigerstedt, P. Puttonen, V. Koski), 153-166. Proceedings of an International Conference on Managing Forest Trees as Cultivated Plants, Finlande, 23-28 juillet 1985. Helsinki University Press, Helsinki.
- Cannell, M.G.R.**, 1989. Chilling, thermal time and the date of flowering of trees. In: Wright, C.J. (ed) *Manipulation of fruiting*. Butterworths, London, 99-113.
- Cannell, M.G.R.**, 1990. Modelling the phenology of trees. In : *Modelling to understand forest functions*. Ed. : H. Josefek. University of Joensuu, Joensuu, Finland. *Silva Carelica.*, 15, 11-27.
- Cannell, M.G.R., Grace, J., Booth, A.**, 1989. Possible impacts of climatic warming on trees and forests of the United Kingdom : a review. *Forestry*, 62 (4), 337-364.
- Cannell, M.G.R., Murray, M.B., Sheppard, L.J.**, 1985. Frost avoidance by selection for late budburst in *Picea sitchensis*. *Journal of Applied Ecology*, 22, 931-941.
- Cannell, M.G.R., Smith, R.I.**, 1983. Thermal time, chill days and prediction of budburst in *Picea sitchensis*. *Journal of Applied Ecology*, 20, 951-963.
- Cannell, M.G.R., Smith, R.I.**, 1984. Spring frost damage on young *Picea sitchensis*. 2. Predicted dates of budburst and probability of frost damage. *Forestry*, 57 (2), 177-197.
- Cannell, M.G.R., Smith, R.I.**, 1986. Climatic warming, spring budburst and frost damage on trees. *Journal of Applied Ecology*, 23, 177-191.
- Castonguay, Y., Boisvert, J., Dube, P.A.**, 1984. Comparaison de techniques statistiques utilisées dans l'élaboration de modèles prévisionnels phéno-climatiques. *Agricultural and Forest Meteorology*, 31, 273-288.
- Champagnat, P.**, 1983. Bud dormancy, correlation between organs and morphogenesis in woody plants. *Sov. Plant Physiology*, 30 (3), 458-471.
- Champagnat, P., Ozenda, P., Baillaud, L.**, 1969. Biologie végétale - croissance morphologie reproduction. *Précis de Sciences biologiques*. Masson et Cie., 510 pages.
- Chmielewski, F.M.**, 1997. The international phenological gardens across Europe. Present state and perspectives. *Phenology and Seasonally*, I (1), 19-23.
- Christophe, C., Birot, Y.**, 1979. Genetic variation within and between populations of Douglas fir. *Silvae Genetica*, 28, (5-6), 197-206.
- Chouard, P.**, 1956. Dormance et inhibition des graines et de bourgeons des végétaux ligneux. *Physiologie Végétale*, 21 (3), 607-618.
- Chuine, I., Cour, P.**, 1999. Climatic determinants of budburst seasonality in four temperate-zone tree species. *NewPhytoi*, 143, 339-349.
- Chuine, I., Cour, P., Rousseau, D.D.**, 1999. Selecting models to predict the timing of flowering of temperate trees : implications for tree phenology modelling. *Plant, Cell and Environment*, 22, 1-13.
- Chylarecki, H., Straus, H.**, 1968. Results of phenological observations in the years 1953-1962 on trees and shrubs of foreign origin cultivated in the Komik Arboretum. *Arboretum Kornikie*, 13, 30-142.

- Cointat, M.**, 1959. Observations sur la foliaison du hêtre. *Revue Forestière Française*, 3, 214-217.
- Colombo, S.J.**, 1998. Climatic warming and its effect on bud burst and risk of frost damage to white spruce in Canada. *The Forestry Chronicle*, 74 (4), 567-577.
- Comps, B., Letouzey, J., Savoie, J.-M.**, 1987. Phénologie du couvert arborescent dans une chênaie-hêtraie d'Aquitaine. *Annales des Sciences Forestières*, 44, 153-170.
- Courbet, F.**, 1981. Contribution à la phénologie des espèces forestières. Influence des sommes de températures. *D.E.A. Sciences Forestières- Université Nancy I*.
- Couvillon, G.A., Erez, A.**, 1985. Effect of level and duration of high temperatures on rest in the peach. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 110 (4), 579-581.
- Coville, F.V.**, 1920. The influence of cold in stimulating the growth of plants. *Journal of Agricultural Research*, 20, 151-160.
- Crabbé, J., Barnola, P.**, 1994. A new conceptual approach toward bud dormancy in woody plants. *First International Symposium on Plant Dormancy. Corvallis, Oregon (USA)*, p 20.
- Crawley, M.J., Akhteruzzaman, M.**, 1988. Individual variation in the phenology of oak trees and its consequences for herbivorous insects. *Functional Ecology*, 2, 409-415.
- Cross, H.Z., Zuber, M.S.**, 1972. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. *Agron. J.*, 64, 351-355.
- Debazac, E.-F., Claude, M.-E.**, 1967. Nouvelles observations sur le débournement et la croissance en longueur de quelques espèces de sapins. *Revue Forestière Française*, 3, 183-190.
- Défila, C., Clot, B.**, 2000. Tendances révélées par l'étude phénologique des arbres en Suisse. Quelle sylviculture pour les climats à venir ? *Actes de la Journée thématique de L'Antenne romande du WSL du 28 novembre 2000 à VEPF-Lausanne. Martine Rebetz et Jean Combe (éds)*.
- DeGaetano, A., Knapp, W.W.**, 1993. Standardization of weekly growing degree day accumulations based on differences in temperature observation and method. *Agricultural and Forest Meteorology*, 66, 1-19.
- Delpech, R., Dumé, G., Galmiche, P.**, 1985. Typologie des stations forestières. Vocabulaire. *Ministère de l'Agriculture. Direction des Forêts. Institut pour le Développement Forestier*, 243 pages.
- De Moutard, F.X., 1987. Calcul simplifié du potentiel de production et des exportations d'a.oie dans des prairies. In « Agrométéorologie des régions de moyenne montagne ». Toulouse, 16-17 avril 1986 ; *Ed. INRA*, Paris. Les colloques de l'INRA. 39. 367-389.
- De Monza, JP**, 1989 (ed). Le Grand Atlas de la France Rurale, 494 pages.
- Dessens, J., Barés, A.**, 1996. Evolution of the maximum and minimum temperatures in France from 1891-1992. *Journal of Meteorology*, 21, 41-48.
- Duchemin, B.**, 1998. Apport des capteurs satellitaires à large champ pour l'estimation de variables de fonctionnement des écosystèmes forestiers tempérés. *Thèse de l'Université Paul Sabatier- Toulouse III*.
- Ducouso, A., Guyon, J.-P., Krémer, A.**, 1996. Latitudinal and altitudinal variation of bud burst in western populations of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt) Liebl). *Annales des Sciences Forestières*, 53, 775-782.
- Ducrey, M.**, 1998. Aspects écophysiologiques de la réponse et de l'adaptation des sapins méditerranéens aux extrêmes climatiques : gelées printanières et sécheresse estivale. *Forêt méditerranéenne t.XIX, n° 2*
- Du Merle, P.**, 1983. Phénologies comparées du chêne pubescent, du chêne vert et de *Tortrix viridina* L. (Lep., Tortricidae). Mise en évidence chez l'insecte de deux populations sympatriques adaptées chacune à l'un des chênes. *Acta Oecologica. Oecologia Applicata*, 4(1), 55-74.
- Durand, R.**, 1967. Action de la température et du rayonnement sur la croissance. *Annales de Physiologie Végétale*, 9, 5-27.
- Durand, R.**, 1969. Signification et portée des sommes de températures. *Bulletin Technique Informatif. Météorologie et Agriculture*, 238, 185-190.
- Easterling, D.R., Horton, B., Jones, P.D., Peterson, T.C., Karl, T.R., Parker, D.E., Salinger, M.J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P., Folland, C.K.**, 1997. Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science*, 211, 364-367.
- Engler, A.**, 1905. Einfluss der Proveniens des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. *Mitteilungen der schweizerischen Centralanstalt für das Forstliche Versuchswesen, Zürich*, 8, 81-236.
- Engler, A.**, 1911. Untersuchungen über den Blattaussbruch und das sonstige Verhalten von Schatten- und Lichtpflanzen der Buche und einiger anderer Laubhölzer. *Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das Forstliche Versuchswesen*, 10, 105-188.
- Erez, A., Couvillon, G.A., Hendershott, C.H.**, 1979a. Quantitative chilling enhancement and negation in peach buds by high temperatures in a daily cycle. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104 (4), 536-540.
- Erez, A., Couvillon, G.A., Hendershott, C.H.**, 1979b. The effect of cycle length on chilling negation by high temperatures in dormant peach leaf buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104 (4), 573-576.

- Erez, A., Lavée, S.**, 1971. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. I. Temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 96 (6), 711-714.
- Escudero, A., del Arco, J.M.**, 1987. Ecological significance of the phenology of leaf abscission. *Oikos*, 49, 11-14.
- Evenari, M., Lange, O.L., Schulze, E.-D., Kappen, L., Buschbom, U.**, 1977. Net photosynthesis, dry matter production, and phenological development of apricot trees (*Prunus anneniaca* L.) cultivated in the Negev Highlands (Israël). *Flora*, 166, 383-414.
- Fady, B.**, 1991. Variabilité du débournement végétatif du sapin de Céphalonie (*Abies cephalonica* Loudon) en plantation. *Annales des Sciences Forestières*, 48, 73-85.
- Falkenhagen, E.R.**, 1977. Genetic variation in 38 provenances of Sitka spruce. *Silvae Genetica*, 26, 67-75.
- Farmer, R.E. Jr.**, 1968. Sweetgum dormancy release : effects of chilling, photoperiod, and genotype. *Physiologia Plantarum*, 21, 1241-1248.
- Favre, J.M.**, 1998. Caractérisation écologique, morphologique et génétique de l'écotype vosgien de l'épicéa vosgien commun (*Picea abies* L. Karst.). *Rapport final E.N.G.R.E.F. Nancy - Université Henry Poincaré- Nancy I*.
- Finkelstein, D.**, 1981. Influence des conditions d'alimentation hydrique sur le débournement et la croissance de jeunes plants de cèdres (*Cedrus atlantica* Manetti). *Annales des Sciences Forestières*, 38, 513-530.
- Fishman, S., Erez, A., Couvillon, G.A.**, 1987a. The temperature dependence of dormancy breaking in plants : mathematical analysis of a two-step model involving a cooperative transition. *Journal of Theoretical Biology*, 124 (4), 473-483.
- Fishman, S., Erez, A., Couvillon, G.A.**, 1987b. The temperature dependence of dormancy breaking in plants : computer simulation of processes studied under controlled temperatures. *Journal of Theoretical Biology*, 126(3), 309-321.
- Flint, H.L.**, 1974. Phenology and genecology of woody plants. In : *Phenology and seasonally modeling* (H. Lieth, ed), 83-97. Springer-Verlag, Berlin, 444 pages.
- Fontanel, J.L.**, 1979. Etude des influences climatiques sur les potentialités de la production forestière. *Mémoire - INRA de Champenoux- Centre National de Recherches Forestières*.
- French, R.J., Schultz, J.E., Rudd, C.L.**, 1979. Effect of time of sowing on wheat phenology in South Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 19, 89-96.
- Fuchigami, L.H., Weiser, C.J., Kobayashi, K., Timmis, R., Gusta, L.V.**, 1982. A degree growth stage (GS) model and cold acclimation in temperate woody plants. In : Li P.H., Sakai A. (eds) *Plant cold hardiness and freezing stress*, vol. 2. Academic Press, New York, 93-116.
- Galoux, A.**, 1966. La variabilité génécologique du hêtre commun (*Fagus silvatica* L.) en Belgique. *Station de Recherches des Eaux et Forêts Groenendaal - Hoeilaart. Travaux Série A*, 11, 123 pages.
- Galoux, A., Schnock, G., Grulois, J.**, 1967. La variabilité phénologique et les conditions climatiques. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique*, 100, 309-314.
- Garber, M.P.**, 1983. Effects of chilling and photoperiod on dormancy release of container-grown loblolly pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 13, 1265-1270.
- Gamier, M.**, 1955. Contribution de la phénologie à l'étude des variations climatiques. *La Météorologie*, 4 (40), 291-300.
- Geiger, R.**, 1957. The climate near the ground. Translated from German by N. Stewart. *Harvard University Press*, 143 pages.
- Germain, E.**, 1992. Le noyer. In : *Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection* (A. Gallais, H. Bannerot, eds), INRA Editions, Paris, 620-632.
- Geslin, H.**, 1952. Le milieu agricole : le climat. *Nouveau Larousse Agricole*, annexe, 1-34.
- Gilmore, E.C. Jr., Rogers, J.S.**, 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agron. J.*, 50, 611-615.
- Gilreath, P.R., Buchanan, D.W.**, 1981. Rest prediction model for low-chilling 'Sungold' nectarine. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 106(4), 426-429.
- Gouët, M.**, 1875. Observations météorologiques faites pendant l'année 1873 (janvier - décembre). Domaine des Barres - Vilmorin. Commune de Nogent-sur-Vernisson (Loiret). *E. Aubert, imprimeur de la Société Météorologique de France. Versailles*. 30 pages.
- Gradwell, G.**, 1974. The effect of defoliators on tree growth. In *The British Oak* (ed. M.G. Morris et F.H. Perring), 182-193. Claxsey, Farringdon.
- Guak, S., Olszyk, D.M., Fuchigami, L.H., Tingey, D.T.**, 1998. Effects of elevated CO<sub>2</sub> and temperature on cold hardiness and spring bud burst and growth in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). *Tree Physiology*, 18, 671-679.
- Häkkinen, R.**, 1999. Statistical evaluation of bud development theories : application to bud burst of *Betula pendula* leaves. *Tree Physiology*, 19, 613-618.

- Häkkinen, R., Linkosalo, T., Hari, P.,** 1995. Methods for combining phenological time series : application to bud burst in birch (*Betula pendula*) in Central Finland for the period 1896-1955. *Tree Physiology*, 15, 721-726.
- Häkkinen, R., Linkosalo, T., Hari, P.,** 1998. Effects of dormancy and environmental factors on timing of bud burst in *Betula pendula*. *Tree Physiology*, 18, 707-712.
- Hannerz, M.,** 1994. Predicting the risk of frost occurrence after budburst of Norway spruce in Sweden. *Silva Fennica*, 28 (4), 243-249.
- Hannerz, M.,** 1999. Evaluation of temperature models for predicting bud burst in Norway spruce. *Canadian Journal of Forest Research*, 29, 9-19.
- Hänninen, H.,** 1990a. Modelling bud dormancy release in trees from cool and temperate regions. *Ada Forestalia Fennica*, 213, 1-47.
- Hänninen, H.,** 1990b. Modelling dormancy release in trees from cool and temperate regions. In: Dixon, R.K., Meldahl, R.S., Ruark, G.A., Warren, W.G. (eds.). *Process modeling of forest growth responses to environmental stress*. Timber Press, Portland, 159-165.
- Hänninen, H.,** 1991. Does climatic warming increase the risk of frost damage in northern trees ? *Plant, Cell and Environment*, 14, 449-454.
- Hänninen, H.,** 1995. Effects of climatic change on trees from cool and temperate regions : an ecophysiological approach to modelling of bud burst phenology. *Canadian Journal of Botany*, 73, 183-199.
- Hänninen, H.,** 1996. Effects of climatic warming on northern trees : testing the frost damage hypothesis with meteorological data from provenance transfer experiments. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, 17-25.
- Hänninen, H., Backman, R.,** 1994. Rest break in Norway spruce seedlings : test of a dynamic temperature response hypothesis. *Canadian Journal of Forest Research*, 24, 558-563.
- Hänninen, H., Kellomäki, S., Laitinen, K., Pajari, B., Repo, T.,** 1993. Effect of increased winter temperature on the onset of height growth of Scots pine: a field test of a phenological model. *Silva Fennica*, 27 (4), 251-257.
- Hänninen, H., Pelkonen, P.,** 1988. Does the temperature response of rest break of woody plants change during the development ? *Canadian Journal of Forest Research*, 18, 269-271.
- Hänninen, H., Pelkonen, P.,** 1989. Dormancy release in *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst. seedlings: effects of intermittent warm periods during chilling. *Trees*, 3, 179-184.
- Hari, P., Häkkinen, R.,** 1991. The utilization of old phenological time series of budburst to compare models describing annual cycles of plants. *Tree Physiology*, 8, 281-287.
- Hari, P., Leikola, M., Räsänen, P.,** 1970. A dynamic model of daily growth of plants. *Ann. Bot. Fenn.*, 7, 275-378.
- Hasenauer, H., Nemani, R.R., Schadauer, K., Running, S.W.,** 1999. Forest growth response to changing climate between 1961 and 1990 in Austria. *Forest Ecology and Management*, 122, 209-219.
- Heichel, G.H., Turner, N.C.,** 1976. Phenology and leaf growth of defoliated hardwood trees. In *Perspectives in Forest Entomology* (ed. J.F. Anderson et H.K. Kaya), 31-40. Academic Press, New-York.
- Heide, O.M.,** 1993. Daylength and thermal time responses of budburst during dormancy release in some northern deciduous trees. *Physiologia Plantarum*, 88, 531-540.
- Hermann, R.K., Lavender, D.P.,** 1968. Early growth of Douglas Fir from various altitudes and aspects in Southern Oregon. *Silvae Genetica*, 17(4), 143-151.
- Hickin, R.P., Vittum, M.T.,** 1976. The importance of soil and air temperature in spring phenoclimatic modelling. *International Journal of Biometeorology*, 20, 200-206.
- Hinesley, L.E.,** 1982. Dormancy in *Abies fraseri* seedlings at the end of the first growth cycle. *Canadian Journal of Forest Research*, 12, 374-383.
- Hölzer, K.,** 1963. Physiological investigations on *Picea abies* (L.) Karst, in view of genetics. *Proceedings of the world consultation on Forest genetics and tree improvement*, vol. II, n°5-3.
- Huikari, O., Paarlahti, K.,** 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce, and birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 64 (1) 135 pages.
- Hunter, A.F., Lechowicz, M.J.,** 1992. Predicting the timing of budburst in temperate trees. *Journal of Applied Ecology*, 29, 597-604.
- Irgens-Moller, H.,** 1957. Ecotypic response to temperature and photoperiod in douglas-fir. *Forest Science*, 3 (1), 79-83.
- Jensen, J.S.,** 1993. Variation of growth in Danish provenance trials with oak (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Mattuschka Liebl). *Annales des Sciences Forestières*, 50, 203-207.
- Jensen, K.F., Gatherum, G.E.,** 1965. Effects of temperature, photoperiod, and provenance on growth and development of Scots pine seedlings. *Forest Science*, 11 (2), 189-199.

- Kobayashi, K.D., Fuchigami, L.H.**, 1983a. Modelling temperature effects in breaking rest in red-osier dogwood (*Cornus sericea* L.). *Annals of Botany*, 52, 205-215.
- Kobayashi, K.D., Fuchigami, L.H.**, 1983b. Modeling bud development during the quiescent phase in red-osier dogwood (*Cornus sericea* L.). *Agricultural Meteorology*, 28, 75-84.
- Kobayashi, K.D., Fuchigami, L.H., English, M.J.**, 1982. Modeling temperature requirements for rest development in *Cornus sericea*. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 107 (5), 914-918.
- Krahl-Urban, J.**, 1958. Vorläufige Ergebnisse von Buchen-Provenienzversuchen. *Allg. Forst- und Jagdzeitung*, 129 Jhrg., 242-243.
- Kramer, K.**, 1994a. A modelling analysis of the effects of climatic warming on the probability of spring frost damage to tree species in the Netherlands and Germany. *Plant, Cell and Environment*, 17, 367-377.
- Kramer, K.**, 1994b. Selecting a model to predict the onset of growth of *Fagus sylvatica*. *Journal of Applied Ecology*, 31, 172-181.
- Kramer, K.**, 1995. Phenotypic plasticity of the phenology of seven European tree species in relation to climatic warming. *Plant, Cell and Environment*, 18, 93-104.
- Kramer, K.**, 1997. Phenology and growth of European trees in relation to climate change. In : *Phenology in Seasonal Climates I* (eds.: H. Lieth et M.D. Schwartz), 12, 39-50.
- Kramer, K., Leinonen, I., Loustau, D.**, 2000. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems : an overview. *International Journal of Biometeorology*, 44, 67-75.
- Kramer, P.J.**, 1936. The effect of variation in length of day on the growth and dormancy of trees. *Plantarum Physiology*, 11, 127-137.
- Kremer, A.**, 1994. Programme d'amélioration génétique du chêne rouge en France. In : *Le chêne rouge d'Amérique* (J. Timbal, A. Kremer, N. Le Goff ; G. Nepveu, eds), INRA Editions, Paris, 425-446.
- Kriebel, H.B.**, 1957. Patterns of genetic variation in sugar maple. *Ohio Agric. Exp. Sta., Res. Bull.*, 791, 88 pages.
- Kriebel, H.B., Wang, C.W.**, 1962. The interaction between provenance and degree of chilling in bud break of Sugar maple. *Silvae Genetica*, II, 125-130.
- Kriebel, H.B., Bagley, W.T., Deneke, F.J., Funsch, R.W., Roth, P., Jokela, J.J., Merritt, C, Wright, J.W., Williams, R.D.**, 1976. Geographic variation in *Quercus rubra* in north central United States plantations. *Silvae Genetica*, 25, 118-122.
- Kurteva, M.K.**, 1980. Pohlynannja floru roslynamy poblyzu zadovu chudozhnoho skla. *Ukr. Bot. Zh.*, 37, 53-56.
- Lacaze, J.F.**, 1970. Analyse d'une expérience multi-stationnelle de provenances d'épicéa (*Picea abies* Karst.). *Annales des Sciences Forestières*, 27 (1), 5-37.
- Lacaze, J.F., Arbez, M.**, 1971. Variabilité infraspécifique de l'épicéa (*Picea abies* Karst., partie septentrionale de l'aire française). Héritabilité et corrélations génétiques de quelques caractères au stade juvénile. *Annales des Sciences Forestières*, 28 (2), 141-183.
- Lacaze, J.F., Tomassone, R.**, 1967. Contribution à l'étude de la variabilité infraspécifique d'*Abies grandis* Lindl. Caractéristiques juvéniles. *Annales des Sciences Forestières*, 24, 277-325.
- Landsberg, J.J.**, 1974. Apple fruit bud development and growth ; analysis and an empirical model. *Annals of Botany*, 38, 1013-1023.
- Langner, W., Stern, K.**, 1964. Untersuchungen über den Austriebstermin von Fichten und dessen Beziehungen zu anderen Merkmalen. *Allg. Forst- und Jagdzeitung*, 135 Jhrg., 53-60.
- Lausi D., Pignatti S.**, 1973. Die Phänologie der europäischen Buchenwälder auf Pflanzensoziologischer Grundlage. *Phytocoenologia*, 1 (1), 1-63.
- Lavarenne-Allary, S.**, 1965. Recherches sur la croissance des bourgeons de chêne et de quelques autres espèces ligneuses. *Annales des Sciences Forestières*, 22, 1-203.
- Lavender, D.P.**, 1981. Environment and shoot growth of woody plants. *Research paper 45*, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, USA.
- Lavender, D.P., Stafford, S.G.**, 1985. Douglas-fir seedlings : some factors affecting chilling requirement, bud activity, and new foliage production. *Canadian Journal of Forest Research*, 15, 309-312.
- Lavender, D.P., Sweet, G.B., Zaerr, J.B., Hermann, R.K.**, 1973. Spring shoot growth in Douglas-fir may be initiated by gibberellins exported from the roots. *Science*, 182, 838-839.
- Lebourgeois F.**, 1999. Analyse du bilan hydrique et de la croissance des arbres dans le RENECOFOR, Rapport scientifique final, Union Européenne, DG VI, projet n° 9760FR0030, INRA -CEE - Unité d'Ecophysiologie Forestière, 1999, 72 pages.
- Lebourgeois F., Granier A., Bréda N.** 2001. Une analyse des changements climatiques régionaux en France entre 1956 et 1997. Réflexions en terme de conséquences pour les écosystèmes forestiers. *Annals of Forest Science (in press)*.

- Lechowicz, M.J.**, 1984. Why do temperate deciduous trees leaf out at different times ? Adaptation and ecology of forest communities. *American Naturalist*, 124 (6), 821-842.
- Leibundgut, H.**, 1954. Zur Phänologie der Laubbäume insbesondere der Buche. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 296-302.
- Leibundgut, H., Kunz, R.**, 1952. Zur Phänologie der Laubbäume, insbesondere der Buche. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, année 103, 29-45.
- Leinonen, L.**, 1996. Dependence of dormancy release on temperature in different origins of *Pinus sylvestris* and *Betula pendula* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, 122-128.
- Libby, W.J., Isik, K., King, J.P.**, 1980. Variation in flushing time among white fir population samples. *Annales Forestales*, 8/6, 1-16.
- Linkosalo, T., Carter, T.R., Häkkinen, R., Hari, P.**, 2000. Predicting spring phenology and frost damage risk of *Betula* spp. under climatic warming : a comparison of two models. *Tree Physiology*, 20, 1175-1182.
- Linkosalo, T., Häkkinen, R., Hari, P.**, 1996. Improving the reliability of a combined phenological time series by analyzing observation quality. *Tree Physiology*, 16, 661-664.
- Malaisse, F.**, 1964. Contribution à l'étude des hêtraies d'Europe occidentale. Note 4 : quelques observations phénologiques de hêtraies en 1963. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique*, 97, 85-97.
- Malaisse, F.**, 1967. Contribution à l'étude des hêtraies d'Europe occidentale. Note 6 : aperçu climatologique et phénologique relatif aux hêtraies situées sur l'axe Ardennes belges - Provence. 14<sup>ème</sup> Congrès I.U.F.R.O., Munich 1967, II, section 21, 325-334.
- Malcolm, D.C., Pymar, C.F.**, 1975. The influence of temperature on the cessation of height growth of Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) provenances. *Silvae Genetica*, 24, 129-132.
- Mastle, J., Doussinalut, G., Farquhar, G.D., Sun, B.**, 1989. Foliar stage in wheat correlates better to photothermal time than to thermal time. *Plant, Cell and Environment*, 12, 235-247.
- Mauget, J.C.**, 1982. Relation entre dormance et précocité de débournement des bourgeons du noyer (*Juglans regia* L.) : influence du génotype et du milieu. 2<sup>e</sup> Colloque sur les Recherches Fruitières - Bordeaux, 95-106.
- Mauget, J.C., Germain, E.**, 1980. Dormance et précocité du débournement des bourgeons chez quelques cultivars de Noyer (*Juglans regia* L.). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 290, 135-138.
- McGee, C.E.**, 1974. Elevation of seed sources and planting sites affects phenology and development of red oak seedlings. *Forest Science*, 20, 160-164.
- McGee, C.E.**, 1975. Change in forest canopy affects phenology and development of northern red and scarlet oak seedlings. *Forest Science*, 21 (2), 175-179.
- McGee, C.E.**, 1976. Differences in budbreak between shade-grown and open-grown oak seedlings. *Forest Science*, 22 (4), 484-486.
- McMaster, G.S., Smika, D.E.**, 1988. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central Great Plains. *Agricultural and Forest Meteorology*, 43, 1-18.
- McMaster, G.S., Wilhelm, W.W.**, 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 87, 291-300.
- McMaster, G.S., Wilhelm, W.W., Morgan, J.A.**, 1992. Simulating winter wheat shoot apex phenology. *J. Agric. Sci.*, 119, 1-12.
- Menzel, A., Fabian, P.**, 1999. Growing season extended in Europe. *Nature*, 397, 659.
- Morris, W.G., Silen, R.R., Irgens-Moller, H.**, 1957. Consistency of bud bursting in douglas-fir. *Journal of Forestry*, 55 (3), 208-210.
- Murray, M.B., Cannell, M.G.R., Smith, R.I.**, 1989. Date of budburst of fifteen tree species in Britain following climatic warming. *Journal of Applied Ecology*, 26, 693-700.
- Murray, M.B., Smith, R.I., Leith, I.D., Fowler, D., Lee, H.S.J., Friend, A.D., Jarvis, P.G.**, 1994. Effects of elevated CO<sub>2</sub>, nutrition and climatic warming on bud phenology in Sitka spruce (*Picea sitchensis*) and their impact on the risk of frost damage. *Tree Physiology*, 14, 691-706.
- Myking, T.**, 1997. Dormancy, budburst and impacts of climatic warming in coastal-inland and altitudinal *Betula pubescens* and *B. pendula* ecotypes. *Prog. Biometeorol.*, 12.
- Myking, T.**, 1997b. Effects of constant and fluctuating temperature on time to budburst in *Betula pubescens* and its relation to bud respiration. *Trees - Structure and Function*, 12 (2), 107-112.
- Myking, T., Heide, O.M.**, 1995. Dormancy release and chilling requirement of buds of latitudinal ecotypes of *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Tree Physiology*, 15, 697-704.
- Mynenei, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G., Nemani, R.R.**, 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature*, 386, 698-702.
- Nanson, A.**, 1967. Contribution à l'étude de la valeur des tests précoces. II. - Expérience internationale sur l'origine des graines de pin sylvestre (1906). *Station de Recherches des Eaux et Forêts Groenendaal-Hoeilaart, Belgique, Travaux - Série E, N°2*, 37 pages.

- Nelson, E.A., Lavender, D.P., 1979. The chilling requirement of western hemlock seedlings. *Forest Science*, 25, 485-490.
- Nienstaedt, H., 1966. Dormancy and dormancy release in white spruce. *Forest Science*, 12 (3), 374-384.
- Nienstaedt, H., 1967. Chilling requirements in seven *Picea* species. *Silvae Genetica*, 16, 65-68.
- Nienstaedt, H., 1972. Degree-day requirements for bud flushing in white Spruce : variation and inheritance. *Proc. 8<sup>th</sup> Central States for Tree Improvement Conf.*, Columbia MO, Oct. 11-15 1972, 28-32.
- Nienstaedt, H., 1974. Genetic variation in some phenological characteristics of forest trees. *Phenology and Seasonality Modelling. Ecological Studies. Analysis and Synthesis* (ed. H.Lieth), Springer-Verlag, Berlin, 8, 389-400.
- Nienstaedt, H., King, J.P., 1969. Breeding for delayed budbreak in *Picea glauca* (Moench) Voss - potential frost avoidance and growth gains. In : *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> World Consultation Forest Tree Breeders*, Washington, D.C., Section II. FAO, Rome, 61-80.
- Nihlgard, B., 1990. Relationship of forest damage to air pollution in the Nordic countries. *Agricultural and Forest Meteorology*, 50, 87-98.
- Niqueux, xx.. Arnaud, xx. 1967.
- Nizinski, J.J., Saugier, B., 1988. A model of leaf budding and development for a mature *Quercus* forest. *Journal of Applied Ecology*, 25, 643-652.
- Nuttonson, M.Y., 1948. Some preliminary observations of phenological data as a tool in the study of photoperiodic and thermal requirements of various plant material. In: Murneed, A.E., Whyte, R.D. (Eds), *Vernalization and Photoperiodism - A Symposium*. Chronica Botanica Pub., Waltham, MA.
- Oberarzbacher, P., 1977. Beiträge zur physiologischen Analyse des Höhenzuwachses von verschiedenen Fichtenklonen entlang eines Höhenprofils in Wipptal (Tirol) und in Klimakammern. *Diss. Univ. Innsbruck*.
- Oger, R., Gilbert, L., 1989. Une échelle de temps biométéorologique pour l'estimation du degré de précocité de la végétation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 46, 245-258.
- Oswald, H., 1969. Conditions forestières et potentialité de l'épicéa en Haute-Ardèche. *Annales des Sciences Forestières*, 26(2), 183-224.
- Overcash, J.P., Campbell, J.A., 1955. The effects of intermittent warm and cold periods on breaking the rest period of peach leaf buds. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 66, 87-92.
- Ozenda, P., 1985. La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen. *Edition Masson*, 330 pages.
- Pardé, J., 1959. Retour sur l'indice C.V.P. de Paterson. *Revue Forestière Française*, 1, 50-53.
- Partanen, J., Koksi, V., Hänninen, H., 1998. Effects of photoperiod and temperature on the timing of bud burst in Norway spruce (*Picea abies*). *Tree Physiology*, 18, 811-816.
- Pelkonen, P., Hari, P., 1980. The dependence of the springtime recovery of CO<sub>2</sub> uptake in Scots pine on temperature and internal factors. *Flora*, 169, 389-404.
- Perry, T.O., 1971. Dormancy of trees in winter. *Science*, 171, 29-36.
- Pouget, R., 1966. Etude du rythme végétatif: caractères physiologique liés à la précocité de débourrement chez la vigne. *Ann. Amélior. Plantes*, 16, 81-100.
- Prescher, F., 1982. Growth rhythm and growth ability in Norway spruce provenances. [En suédois avec un résumé en anglais.] Department of Forest Yield Research, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Rep. N° 10.
- Primault, B., 1990. Détermination du début de la période de végétation par l'évolution de la température comparée à deux phases phénologiques. *Publications de l'Institut Suisse de Météorologie*, 48, 381-384.
- Primault, B., 2000. Essai d'application de modèles météorologiques au calcul du moment d'apparition de deux phases phénologiques. *Schweiz- Z. Forstwes.*, 151 (10), 385-397.
- Primault, B. et al., 1971. Atlas phénologique. *Institut Suisse de Météorologie*, 76 pages.
- Qamaruddin, M., Ekberg, I., Dormling, I., Norell, L., Clapham, D.H., Eriksson, G., 1995. Early effects of long nights on budset, budrest and abscisic acid content in two populations of *Picea abies*. *For. Genet.*, 2, 207-216.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D., Walker, D.R., 1974. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *Hortscience*, 9, 331-332.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D., Walker, D.R., Anderson, J.L., Ashcroft, G.L., 1975. Pheno-climatography of spring peach bud development. *Hortscience*, 10 (3), 236-237.
- Riedacker, A., 1968. Le chêne de Juin à l'étang de Brin. *Revue Forestière Française*, 7-8, 487-492.
- Romberger, J.A., 1963. Meristems, growth, and development in woody plants. *United States Department of Agriculture, Forest Service, Technical Bulletin No. 1293*, 214 pages.
- Rubner, K., 1960. Die pflanzengeographischen-ökologischen Grundlagen des Waldbaues : Phänologie des Waldes, 129-140.

- Sakai, A., Larcher, W.**, 1987. Frost survival of plants. Responses and adaptation to freezing stress. Springer-Verlag, Berlin, 1-321.
- Sarvas, R.**, 1972. Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Active period. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 76, 1-110.
- Sarvas, R.**, 1974. Investigations on the annual cycle of development of forest trees. II. Autumn dormancy and winter dormancy. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 84, 1-101.
- Saugier, B.**, 1999. Rôle de la biosphère continentale dans le cycle du carbone. *C. R. Acad. Agric. de France*, 85 (6), 229-254.
- Savoie, J.M.**, 1982. Une chênaie-hêtraie d'Aquitaine : la forêt de Laveyron (Landes). Facteurs stationnels, phénologie, régénération du hêtre. *Thèse Doct. 3<sup>e</sup> cycle - Université de Bordeaux I*, 109 pages.
- Schaffalitzky de Muckadell, M.**, 1959. Investigations on aging of apical meristems in woody plants and its importance in silviculture. *Dit Forstlige Forsogsvaesen i Danmark*, 25, 310-447.
- Schütte**, 1957. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 40.
- Sharik, T.L., Barnes, B.V.**, 1976. Phenology of shoot growth among diverse populations of yellow birch (*Betula alleghaniensis*) and sweet birch (*B. lenta*). *Canadian Journal of Botany*, 54, 2122-2129.
- Silen, R.R.**, 1962. A study of genetic control of bud bursting in douglas-fir. *Journal of Forestry*, 60, 472-475.
- Smith, H., Kefford, N.P.**, 1964. The chemical regulation of the dormancy phases of bud development. *American Journal of Botany*, 51 (9), 1002-1012.
- Sorensen, F.C., Campbell, R.K.**, 1978. Comparative roles of soil and air temperatures in the timing of spring bud flush in seedling Douglas-fir. *Canadian Journal of Botany*, 56, 2307-2308.
- Spano, D., Cesaraccio, C., Duce, P., Snyder, R.L.**, 1999. Phenological stages of natural species and their use as climate indicators. *International Journal of Biometeorology*, 42, 124-133.
- Sparks, T.H., Carey, P.D.**, 1995. The responses of species to climate over two centuries : an analysis of the Marsham phenological record, 1736-194. *Journal of Ecology*, 83, 321-329.
- Sparks, T.H., Carey, P.D., Combes, J.**, 1997. First leafing dates of trees in Surrey between 1947 and 1996. *The London Naturalist*, 76, 15-20.
- Srodnych, T.B., Menshikov, S.L.**, 1988. Fenologija kultur berjozy i listvennici v uslovjach magnezitovogo zapylenija. In : Probl. rekultivacii narushennykh zemel'. Tez. dokl. 5. Ural. Soveshch., Sverdlovsk, 256 pages.
- Srodnych, T.B., Vlasenko, V.E.**, 1990. Fenologicheskoje razvitie drevesnykh porod predtundrovych lesov v uslovjach atmosfernogo zagrijaznenija sernistym angidridom. In Tez. dokl. resp. nauch. konf., « Prom. botan. : Stav i perpektivy razvitija », Doneck, Kijev, 227-228.
- Stefancik, I.**, 1997. Phenology of beech (*Fagus sylvatica*) in two different localities in Central Slovakia. *Biologia*, 52, 1,33-40."
- Steiner, K.C.**, 1975. Patterns of genetic variation within fifteen tree species in times of bud burst and flowering. *Ph. D. Thesis, Michigan State Univ.*, 128 pages.
- Steiner, K.C.**, 1979. Patterns of variation in bud-burst timing among populations in several Pinus species. *Silvae Genetica*, 28, 185-193.
- Stirban, M., Dercea, V., Deliu, C., Bathory, D., Cipleu, D.**, 1987. Modificari biochimice si fiziologice la arbori in ecosisteme forestiere poluate cu SO<sub>2</sub>si metale grele. *Contrib. bot. Univ. Cluj-Napoca*, 289-297.
- Sweet, G.B., 1965. Provenance differences in Pacific Coast Douglas-fir. *Silvae Genetica*, 14, 46-56.
- Teissier du Cros, E.**, 1981. Principaux résultats en matière d'amélioration du hêtre. *Le hêtre, INRA Ed.*, 456-466.
- Teissier du Cros, E.**, 1986. Hêtre. *Revue Forestière Française*, n° spécial, 162-164.
- Teissier du Cros, E.**, 1989. Etude de la variabilité du hêtre en France. Nouveaux résultats. *Revue Forestière Française*, 41 (1), 29-38.
- Teissier du Cros, E.**, 1994. Hêtre. *Forêt-Entreprise*, 96 (2-3), 59-61.
- Teissier du Cros, E., Thiebaut, B.**, 1988. Variability in beech: budding, height growth and tree form. *Annales des Sciences Forestières*, 45 (4), 383-398.
- Thielges, B.A., Beck, R.C.**, 1976. Control of budbreak and its inheritance in *Populus deltoïdes*. In : *Tree physiology and yield improvement* (MGR Cannell and FT Last eds), Acad. Press, London, 253-260.
- Thomson, A.J., Moncrieff, S.M.**, 1982. Prediction of bud burst in Douglas-fir by degree-day accumulation. *Canadian Journal of Forest Research*, 12, 448-452.
- Timmis, T., Worrall, J.**, 1974. Translocation of dehardening and bud-break promoters in climatically 'split' Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research*, 4, 229-Til.
- Tomescu, A.**, 1957. Fazele periodice de vegetatie in anul 1954. *Ann. hist. Cercetari Silvice*, 18, 47-76.
- UC - IPM, 2001. Document Internet: University of California. Integrated Pest Management Project (UC - IPM). Adresse: <http://www.ipm.ucdavis.edu/WEATHER/ddconcepts.html>

- Ulrich, E.**, 1997. Renecofor. Manuel de référence n° 12 pour les observations phénologiques. Première version Mars 1997, ONF-Fontainebleau, 20 pages.
- Ununger, J., Ekberg, I., Kang, H.**, 1988. Genetic control and age-related changes of juvenile growth characters in *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 3, 55-66.
- Valentine, H.T.**, 1983. Budbreak and leaf growth functions for modeling herbivory in some gypsy moth hosts. *Forest Science*, 29 (3), 607-617.
- Van Den Driessche, R.**, 1975. Flushing response of Douglas fir buds to chilling and to different air temperatures after chilling. *British Columbia Forest Service, Research Note*, 71, 22 pages.
- Van Den Driessche, R.**, 1991. Effects of nutrients on stock performance in the forest. In: van den Driessche, R. (Ed) *Mineral Nutrition of Conifer Seedlings*, 229-260. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Van Der Veen, R.**, 1951. Influence of daylength on the dormancy of some species of the genus *Populus*. *Physiologia Plantarum*, 4.
- Vasfilov, S.P.**, 1989. Rost i starenie listev u berjoz v uslovjach dejstvija technogennovo faktora. In Problemy ispol'z. vosproizvodstva i ochrany les. resursov. Mater, resp. nauch. prakt. konf., Joshkar-Ola, 2, 136-137.
- Vegis, A.**, 1964. Dormancy in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 15, 185-224.
- Vernier, M., Burnel, L., Teissier du Cros, E.**, 1996. Hêtre. Choix du matériel forestier de reproduction. Bilan à 15 ans d'une partie du réseau comparatif de provenances de l'INRA. *Forêt-entreprise*, 111, 57-60.
- Vernier, M., Teissier du Cros, E.**, 1996. Variabilité génétique du hêtre. Importance pour le reboisement en Picardie et en Normandie. *Revue Forestière Française*, 48 (1), 7-20.
- Wang, J.Y.**, 1960. A critique of the heat unit approach to plant response studies. *Ecology*, 41, 785-790.
- Wareing, P.F.**, 1949. Photoperiodism in woody species. *Forestry*, 22, 211-221.
- Wareing, P.F.**, 1953. Growth studies in woody species. V - Photoperiodism in dormant buds of *Fagus sylvatica* L. *Physiologia Plantarum*, 6, 692-706.
- Wareing, P.F.**, 1956. Photoperiodism in woody plants. *Annu. Rev. Plant. Physiol.*, 7, 191-214.
- Weiser, C.J.**, 1970. Cold resistance and injury in woody plants. *Science*, 169, 1269-1278.
- Westergaard, L., Eriksen, E.N.**, 1997. Autumn temperature affects the induction of dormancy in first-year seedlings of *Acer platanoides* L. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12, 11-16.
- White, T.L., Ching, K.K., Walters, J.**, 1979. Effects of provenance, years, and planting location on bud burst of douglas-fir. *Forest Science*, 25 (1), 161-167.
- Wilhelm, W.W., McMaster, G.S.**, 1995. The importance of the phyllochron in studying the development of grasses. *Crop Sci.*, 35, 1-3.
- Wommack, D.E.**, 1964. Temperature effects on the growth of Douglas-fir. *Ph.D. thesis, Oregon State University, Corvallis*.
- Worrall, J.**, 1975. Provenance and clonal variation in phenology and wood properties of Norway spruce. *Silvae Genetica*, 24, 2-5.
- Worrall, J.**, 1983. Temperature - bud-burst relationships in amabilis and subalpine fir provenance tests replicated at different elevations. *Silvae Genetica*, 32 (5-6), 203-209.
- Worrall, J.**, 1993. Temperature effects on bud burst and leaf fall in subalpine larch. *J. Sustain. For.*, 1, 1-18.
- Worrall, J., Mergen, F.**, 1967. Environmental and genetic control of dormancy in *Picea abies*. *Physiologia Plantarum*, 20, 733-745.
- Yang, S., Logan, J., Coffey, D.L.**, 1995. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. *Agricultural and Forest Meteorology*, 74, 61-74.
- Yin, X., Kropff, M.J., McLaren, G., Visperas, R.M.**, 1995. A nonlinear model for crop development as a function of temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, 77, 1-16.

## 8. BIBLIOGRAPHIE ANNEXE

Les références ci-dessous ne sont pas citées dans ce rapport, et n'ont pas été consultées, mais peuvent présenter un intérêt pour des études phénologiques.

- Ahlgren, C.E.**, 1957. Phenological observations of nineteen native tree species in northeastern Minnesota. *Ecology*, 38, 622-628.
- Ashcroft, G.L., Richardson, E.A., Seeley, S.D.**, 1977. A statistical method of determining chill unit and growing degree hour requirements for deciduous fruit trees. *Hortscience*, 12, 347-348.
- Boyer, W.D.**, 1973. Air temperature, heat sums, and pollen shedding phenology of longleaf pine. *Ecology*, 54 (2), 420-426.
- Boyer, W.D.**, 1978. Heat accumulation: an easy way to anticipate the flowering of southern pines. *Journal of Forestry*, 76, 20-23.
- Blum, B.M.**, 1988. Variation in the phenology of bud flushing in white and red spruce. *Canadian Journal of Forest Research*, 18, 315-319.
- Campbell, R.K.**, 1974. Use of phenology for examining provenance transfers in reforestation of Douglas-fir. *Journal of Applied Ecology*, 11, 1069-1080.
- Caprio, J.M.**, 1974. The solar thermal unit concept in problems related to plant development and potential evapotranspiration. *Phenology and Seasonality Modeling. Ecological Studies. Analysis and Synthesis* (ed. H.Lieth), Springer-Verlag, Berlin, 8, 353-364.
- Carlson, W.C.**, 1985. Effects of natural chilling and cold storage on budbreak and root growth potential of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Canadian Journal of Forest Research*, 15, 651-656.
- Champagnat, P.**, 1983. Quelques réflexions sur la dormance des bourgeons des végétaux ligneux. *Physiologie Végétale*, 21, 607-618.
- Chancel, M.**, 1962. Recherches sur le développement et les substances de croissance des bourgeons de hêtre (*Fagus sylvatica*). *D.E.S, Clermont*.
- Chandler, W.H., Kimball, M.H., Philp, G.L., Tufts, W.P., Weldon, G.P.**, 1937. Chilling requirements for opening of buds on deciduous orchard trees and some other plants in California. *University of California, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station. Bulletin*, 611, 1-63.
- Chuine, I., Belmonte, J., Mignot, A.**, 2000. A modelling analysis of the genetic variation of phenology between tree populations. *Journal of Ecology*, 88, 561-570.
- Chuine, I., Cour, P., Rousseau D.D.**, 1998. Fitting models predicting dates of flowering of temperate-zone trees using simulated annealing. *Plant, Cell and Environment*, 21, 455-466.
- Couvillon, G.A., Erez, A.**, 1985. Influence of prolonged exposure to chilling temperature on bud break and heat requirement for bloom of several fruit species. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 110, 47-50.
- Crossa-Raynaud, P.**, 1955. Effet des hivers doux sur le comportement des arbres fruitiers à feuilles caduques. *Ann. Agric. Tunisie*, 29, 1-22.
- Descroix, L.**, 1981. Variabilité génétique du Sapin de Grèce et du Sapin de Nordmann. Etude comparée de leur comportement hydrique avec le Cèdre de l'Atlas. *Mémoire de fin d'études à l'E.N.I.T.E.F.*
- Dixon, K.R.**, 1976. Analysis of seasonal leaf fall in north temperate deciduous forests. *Oikos*, 27, 300-306.
- Doorenbos, J.**, 1953. Review of the literature on dormancy in buds of woody plants. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool te Wageningen/Nederland*, 53 (1), 1-23.
- Dormling, I.**, 1982. Frost resistance during bud flushing and shoot elongation in *Picea abies*. *Silva Fennica*, 16 (2), 167-177.
- Dormling, I., Gustafsson, A., Wettstein, D. von**, 1968. The experimental control of the life cycle in *Picea abies* (L.) Karst. I. Some basic experiments on the vegetative cycle. *Silvae Genetica*, 17, 44-64.
- Erez, A.**, 1987. Chemical control of budbreak. In : F.G. Dennis Jr (ed.), Producing Temperate-zone Fruits at Low Latitudes. Proceedings of a Symposium, ISHS/ASHS, 13 août 1986, Davis, CA, USA. *Hortscience*, 22(6), 1240-1243.
- Erez, A., Couvillon, G.A.**, 1987. Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112 (4), 677-680.
- Erez, A., Fishman, S., Gat, Z., Couvillon, G.A.**, 1988. Evaluation of winter climate for breaking bud rest using the dynamic model. *Acta Horti*, 232, 76-89.
- Falusi, M., Calamassi, R.**, 1990. Bud dormancy in beech (*Fagus sylvatica* L.). Effect of chilling and photoperiod on dormancy release of beech seedlings. *Tree Physiology*, 6, 429-438.
- Fleckinger, J.**, 1945. Notations phénologiques et représentations graphiques du développement des bourgeons de Poirier. *C.R. Congr. Assoc. Fr. Avanc. Sei.*, Paris.

- Fuchigami, L.H., Hotze, M., Weiser, C.J.**, 1977. The relationship of vegetative maturity to rest development and spring bud-break. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 102 (4), 450-452.
- Häkkinen, R., Hari, P.**, 1988. The efficiency of time and temperature driven regulation principles in plants at the beginning of the active period. *Silva Fennica*, 22, 163-170.
- Hammond, M.W., Seeley, S.D.**, 1978. Spring bud development of *Malus* and *Prunus* species in relation to soil temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 103 (5), 655-657.
- Hannerz, M.**, 1994. Predicting the risk of frost occurrence after budburst of Norway spruce in Sweden. *Silva Fennica*, 28 (4), 243-249.
- Hänninen, H.**, 1987. Effects of temperature on dormancy release in woody plants : implications of prevailing models. *Silva Fennica*, 21, 279-299.
- Hänninen, H., Pelkonen, P.**, 1988. Effects of temperature on dormancy release in Norway spruce and Scots pine seedlings. *Silva Fennica*, 22 (3), 241-248.
- Hari, P.**, 1972. Physiological stage of development in biological models of growth and maturation. *Annales Botanici Fennici*, 9, 107-115.
- Heide, O.M.**, 1993. Dormancy release in beech buds (*Fagus sylvatica*) requires both chilling and long days. *Physiologia Plantarum*, 89(1), 187-191.
- Herter, F., Balandier, P., Mauget, J.C., Rageau, R., Bonhomme, M.**, 1991. Conséquences des conditions climatiques durant la croissance estivale et la période de repos sur la capacité de croissance des bourgeons chez deux espèces fruitières tempérées : le pommier et le pêcher. In : C. Edelin (éd.) > L'arbre. Biologie et Développement. Proceedings of a Symposium, 10-15 September 1990, Montpellier, France. *Naturalia Monspelienis* no. h.s., 417-431.
- Higley, L.G., Pedigo, L.P., Ostlie, K.**, 1986. DEGDAY : A program for calculating degree-days and assumptions behind the degree-day approach. *Environmental Entomology*, 15, 999-1016.
- Hoffmann, J.**, 1962. Die bisherigen Ergebnisse von Buchenprovenienzversuchen. *Allg. Forstzeitschrift*, 8, 17 Jhrg., 121-123.
- Hopp, R.J.**, 1974. Plant phenology observation network. In : Lieth H., (ed) *Phenology and seasonality modelling. Ecological studies* 8. Springer-Verlag, New York, 25-43.
- Jacamon, M.**, 1979. Guide de dendrologie, ENGREF, 69 fiches.
- Kellomäki, S., Hänninen, H., Kolström, T.**, 1988. Model computations on the impacts of the climatic change on the productivity and silvicultural management of the forest ecosystem. *Silva Fennica*, 22 (4), 293-305.
- Kikusawa, K.**, 1978. Emergence, defoliation and longevity of alder (*Alnus hirsuta* Turcz.) leaves in a deciduous hardwood forest stand. *Jpn. J. Ecol.*, 28, 299-306.
- Koski, V.**, 1985. Adaptation of trees to the variation in the length of growing season. *Plant Production in the North*, 267-276.
- Koski, V., Selkäinaho, J.**, 1982. Experiments on the joint effect of heat sum and photoperiod on seedlings of *Betula Pendula*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 105, 34 pages.
- Kramer, K.**, 1992. Interim report of the NOP - project 'Phenological reactions of the main Dutch tree species to climate change described by a simulation model of the annual cycle'. Dorschkamp report n° 696.
- Lamb, G.N.**, 1915. A calendar of the leafing, flowering, and seedling of the common trees of the eastern United States. *Monthly Weather Review Supplement*, 2 (1), 1-19.
- Lamb, R.C.**, 1948. Effect of temperatures above and below freezing on the breaking of rest in the Latham raspberry. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 51, 313-315.
- Langvall, O., Nilsson, U., Örlander, G.**, 2001. Frost damage to planted Norway spruce seedlings - influence of site preparation and seedling type. *Forest Ecology and Management*, 141, 223-235.
- Lemos Filho, J.P. de, Villa Nova, N.A., Pinto, H.S.**, 1997. A model including photoperiod in degree days for estimating *Hevea* bud growth. *International Journal of Biometeorology*, 41, 1-4.
- Leopold, A.**, 1961. Senescence in plant development. *Science*, 134, 1727-1732.
- Li, P., Adams, W.T.**, 1993. Genetic control of bud phenology in pole-size trees and seedlings of coastal Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research*, 23 (6), 1043-1051.
- Lieth, H.**, 1974. Phenology and seasonality modelling. *Ecological studies*, 8, Springer Verlag, Berlin, 443 pages.
- Lindsey, A.A., Newman, J.E.**, 1956. Use of official weather data in spring time temperature analysis of an Indiana phenological record. *Ecology*, 37, 812-823.
- Linkosalo, T.**, 2000. Mutual dependency and patterns of spring phenology of boreal trees. *Canadian Journal of Forest Research*, 30, 667-673.
- Lockhart, J.A.**, 1983. Optimum growth initiation time for shoot buds of deciduous plants in a temperate climate. *Oecologia*, 60, 34-37.
- Lumme, I., Smolander, A.**, 1996. Effect of nitrogen deposition level on nitrogen uptake and bud burst in Norway spruce (*Picea abies* Karst) seedlings and N uptake by soil microflora. *Forest Ecology and Management*, 89 (1-3), 197-204.

- Mauget, J.C.**, 1981. Physiologie végétale : Modifications des capacités de croissance des bourgeons du noyer (*Juglons regia* L.) par l'application d'une température de 4°C à différents moments de leur période de repos apparent. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 292, 1081-1084.
- Mooney, H.A., Kummerow, J.**, 1981. Phenological development of plants in mediterranean climate regions. In : Di Castri, F., Goodall, D.W., Specht, R.L. (eds) *Ecosystems of the World 11, Mediterranean type shrublands*. Elsevier, Amsterdam, 303-307.
- Mooney, H.A., Parsons, D.J., Kummerow, J.**, 1974. Plant development in mediterranean climates. In : Lieth H., (ed) *Phenology and seasonality modelling. Ecological studies 8*. Springer-Verlag, New York, 225-267.
- Munch, E.**, 1936. Beobachtungen über die Laubfaltung der Buche. *Mitt. Deutschen Dendr. Ges.*, 1-76.
- Münch, E.**, 1949. Vergleichender Anbauversuch mit Buchen verschiedener Herkunft. *Beiträge zur Forstpflanzenzüchtung. Bayerischer Landwirtschaftsverlag GMBH.*, München 13, 103-108.
- O'Reilly, C, Parker, W.H.**, 1982. Vegetative phenology in a clonal seed orchard of *Picea glauca* and *Picea mariana* in northwestern Ontario. *Canadian Journal of Forest Research*, 12, 408-413.
- Osawa, A., Shoemaker, C.A., Stedinger, J.R.**, 1983. A stochastic model of balsam fir bud phenology utilizing maximum likelihood parameter estimation. *Forest Science*, 29, 478-490.
- Owens, J.N., Molder, M., Langer, H.**, 1977. Bud development in *Picea glauca*. I. Annual cycle of vegetative bud and shoot elongation as they relate to date and temperature sums. *Canadian Journal of Botany*, 55, 2728-2745.
- Pearson, 1924.** Temperature summations with reference to plant life. *Mon. Weather Rev.*, 52, 218-220.
- Perry, T.O., Wang, C.W.**, 1960. Genetic variation in the winter chilling requirement for date of dormancy break for *Acer rubrum*. *Ecology*, 41 (4), 790-794.
- Prentice, I.C., Sykes, M.T., Cramer, W.**, 1991. The possible dynamic response of northern forests to global warming. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 1, 129-135.
- Rageau, R.**, 1978. Croissance et débournement des bourgeons végétatifs de pêcher (*Prunus persica* L. Batsch) au cours d'un test classique de dormance. *C.R. Acad. Sci., Sér. D : Sei. Nat.*, 287, 1119-1122.
- Reichhardt, T.**, 1996. Global warming may cause earlier spring, researchers say. *Environmental Science and Technology*, 30 (9).
- Repo, T., Mäkelä, A., Hänninen, H.**, 1990. Modelling frost resistance of trees. In: Jozefek, H. (ed.). *Modelling to understand forest functions. Silva Carelica*, 15, 61-74.
- Ricaud, S., Alaoui-Sossé, B., Crabbé, J., Barnola, P.**, 1995. Dormance et croissance des bourgeons du platane hybride (*Platanus acerifolia*) en milieu urbain. *Canadian Journal of Botany*, 73, 130-140.
- Robertson, G.W.**, 1968. A biometeorological time scale for a cereal crop involving day and night temperatures and photoperiod. *International Journal of Biometeorology*, 12, 191-223.
- Shaltout, A.D., Unrath, C.R.**, 1983. Rest completion prediction model for « Starkrimson Delicious » apples. *J. Am. Soc. Hortic. Sei.*, 108, 957-961.
- Shea, 1990.** Genetic variation between and within populations of Engelmann spruce and subalpine fir. *Genome*, 33, 1-8.
- Smith, J.W.**, 1915. Phenological dates and meteorological data recorded by Thomas Mikesell at Wauseon, Fulton County, Ohio. *Monthly Weather Review Supplement*, 2 (II), 21-93.
- Squire, G.R.**, 1981. Thermal time and tea. *Plants and their Atmospheric Environment*, (Ed. : J. Grace, E.D. Ford, P.G. Jarvis), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 363-369.
- Weinberger, J.H.**, 1950. Chilling requirements of peach varieties. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 56, 122-128.
- Weinberger, J.H.**, 1954. Effects of high temperatures during the breaking of the rest of Sullivan Elberta peach buds. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 63, 157-162.
- White, M.A., Thornton, P.E., Running, S.W.**, 1997. A continental phenology model for monitoring vegetation responses to interannual climatic variability. *Global Biogeochemistry Cycles*, 11, 217-234.
- Wright, J.W.**, 1976. Introduction to forest genetics. Academic Press, New-York.
- Yanagisawa, T.**, 1954. Some phenological observations of the forest trees at various altitudes of Mt. Muine in Hokkaido. *Bull. For. Exp. Stn. Meguro, Tokyo*, 70, 71-92.

## ANNEXE 1

### *Tableaux de synthèse des observations phénologiques*

*Références*

1. Borghetti *et al.* 1993.
2. Bréda 1994.
3. Chylarecki et Straus 1968.
4. Cointat 1959.
5. *Complétai.* 1987.
6. Courbet 1981 (notes de DEA).
7. Debazac et Claude 1967.
8. Descroix 1981.
9. Duchemin 1998.
10. Ducrey 1998.
11. Du Merle 1983.
12. Dupouey et Behr (cités dans Lebourgeois 1999).
13. Fady 1991.
14. Galouxera/. 1967.
15. Lavarenne-Allary 1965.
- 16a. Malaisse 1964.
- 16b. Malaisse 1967.
- 17a. Mauget 1982.
- 17b. Mauget et Germain 1980.
30. Nizinski et Saugier 1988.
18. *Spano et al.* 1999.
19. Sparks et Carey 1995.
20. Sparks *et al.* 1997.
21. Stefancik 1997.
- 22a. Communication d'E. Teissier du Cros (I.N.R.A. d'Avignon).
- 22b. Communication d'E. Teissier du Cros (I.N.R.A. d'Avignon) : réseau Dynabeech.
- 22c. Communication d'E. Teissier du Cros (I.N.R.A. d'Avignon) : plantations comparatives de provenances (I.N.R.A.).
23. Communication de M. Vernier (C.N.R.F. Station d'Amélioration des Arbres Forestiers I.N.R.A. de Champenoux).
24. Correspondants-observateurs. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Direction de l'Espace Rural et de la Forêt. Département de la Santé des Forêts. Echelon technique interrégional Nord-Ouest.
25. Correspondants-observateurs. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Direction de l'Espace Rural et de la Forêt. Département de la Santé des Forêts.
26. Correspondants-observateurs. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Direction de l'Espace Rural et de la Forêt. Département de la Santé des Forêts. Echelon technique interrégional Sud-Est.
27. Réseau RENECOFOR.
28. Bulletins du domaine forestier des Barres-Vilmorin (Nogent-sur-Vernisson, Loiret). Météorologie forestière.
29. Bulletins hebdomadaires d'histoire naturelle, agricole et médicale de l'Observatoire météorologique central de Montsouris, 1872.

*Abréviations utilisées dans les tableaux*

- Alt. : altitude  
Ant. : antérieur  
Bg : bourgeon  
CF : chute des feuilles  
C.N.R.F. : centre national de recherches forestières  
Color, automn. : coloration automnale  
débour. : débourrement

estim. Satellit. : estimations satellitaires

F : futaie

Fe : feuillaison

Indiv. : individualisation

IPG : International Phenological Garden

J : jaunissement des feuilles

J : jour

JJ: jours julien

LAI : leaf area indice (indice foliaire)

lg : longueur

moy. : moyenne

Nb : nombre

np : non précisé

obs. : observations

Or. : origine

P : précipitations

pm : peuplement mélangé

Pp: peuplement pur

pop. : population

post. : postérieur

prov. : provenance

R : bourgeons ouverts, avec apparition des premières petites feuilles ou aiguilles

(R) : stade utilisé dans le réseau RENECOFOR

rec. : reconnaissable

Réf.: référence

St. : stade

SV : saison de végétation

G : écart-type

T : températures

TSF : taillis sous futaie

ESPÈCE	LOCALISATION (Région, département, lieu)		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DEBOIRREMENT			SÉNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
					STADE	DATES CALENDRAIRE	JJ	STADE	DATES	JJ			
Mine de Miimiln	CENTRF. (L-aircl Nogent-sir-Vernisson)	Domaine l'abbé de Baillou VII 150in	2	1954	Fc	27 mai	117	J	J	J	Exposition - sommet d'un plateau	2H	
				1955	Fc	31 mai	111	J	J	J			
	CHAMPAGNE-ARDF.NNE (Hptitc-Manic)	Forêt des Dinails	4	1954	Fc complète	arbre 1: 30 avril	121	J	8 no	312	192	Obs de 5 arbres d'une parcelle située sur un plateau	4
						arbre 2: 11 mai	131	fin de CF	29 no	333	213		
						arbre 3: 11 mai	131	J	21 ocl	294	163		
						arbre 4: 11 mai	131	Fin de CF	7 no	311	180		
						arbre 5: 21 mai	141	J	21 ocl	294	163		
								Fin de CF	10 no	314	183		
								J	26 ocl	299	168		
								Fin de CF	21 no	325	194		
								J	26 ocl	299	158		
								Fin de CF	15 no	319	178		
						11 mai	131	J	27 oct	300	169		
							er: 7.43		ci: 7.37	o: 13.44			
								fin de CF	16 no	320	189		
									o: 8.82	a: 14.47			
				1955	Fc complète	arbre 1: 29 avril	119	J	J	J	J		
						arbre 2: 6 mai	126	J	J	J	J		
						arbre 3: 6 mai	126	J	J	J	J		
						arbre 4: 6 mai	126	J	J	J	J		
						arbre 5: 6 mai	126	J	J	J	J		
						5 mai	125						
							a: 3.13						
				1956	Fc complète	arbre 1: 6 mai	127	J	6 no	311	184		
						arbre 2: 9 mai	130	fin de CF	2 déc	337	210		
						arbre 3: 9 mai	129	J	6 no	311	181		
						arbre 4: 14 mai	135	fin de CF	1 déc	336	206		
						arbre 5: 20 mai	141	J	6 no	311	182		
								fin de CF	1 déc	336	207		
								J	6 no	311	176		
								Un de CF	2 déc	337	212		
								J	31 ocl	305	164		
								fin de CF	1 déc	336	195		
						11 mai	132	J	5 no	310	178		
							rr: 5.64		o: 2.68	n: 8			
								fin de CF	1 déc	336	204		
									a: 0.55	o: 5.79			
				1957	Fc complète	arbre 1: 2 mai	122	J	16 ocl	289	167		
						arbre 2: 3 mai	123	Fin de CF	22 no	326	204		
						arbre 3: 3 mai	123	J	11 ocl	284	161		
						arbre 4: 3 mai	123	Fin de CF	25 no	329	206		
						arbre 5: 3 mai	123	J	26 ocl	299	176		
								fin de CF	1 déc	335	212		
								J	21 ocl	294	171		
								Fin de CF	25 no	329	206		
								J	21 oct	294	171		
								Fin de CF	22 nov	326	203		
						3 mai	123	J	19 oct	292	169		
							er: 0.45		o: 5.7	o: 5.58			
								fin de CF	25 no	329	206		
									a: 3.67	n: 3.49			
				1958	Fc complète	arbre 1: 1 mai	121	J	J	J	J		
						arbre 2: 3 mai	123	J	J	J	J		
						arbre 3: 5 mai	125	J	J	J	J		
						arbre 4: 5 mai	125	J	J	J	J		
						arbre 5: 10 mai	130	J	J	J	J		
						5 mai	125						
							<r: 3.35						
				1954-58	Fc complète	7 mai	127	J	29 oct	301	172		
							o: 4		a: 9	a: 5.19			
								fin de CF	24 no	328	200		
									a: 8	o: 9.29			

ESPÈCE	LOCALISATION (Région, département, local.)	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DEBOIRREMENT		SÈNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
				STADE	DATES CALENDRAIRE	JJ	STADE	DATES	JJ		
			1954	Fc complète	nirctif. 5 mai	125	J	1d ocl	2X9	164	Obs de 5 arbres (l'une pnieelle siluéc dans mucisanl nord
					albil 7 21 mai	141	lin de CT	21 no»	325	200	
					arbre 8 1 1 mai	131	J	S no»	312	171	
							lin(le CT-	21 no»	325	1X4	
							J	16 ocl	289	158	
							lin de CF	11) no»	314	183	
					12 mai	132	J	23 ocl	296	164	
								o: 13.2	a: 6.5		
							lin de CF	17 no»	321	189	
								n: 6.35	n: 9.54		
			1955	Fc complélc	arbre 6: 6 mai	126	/	/	/	/	
					arbre 7'22 mai	N2	/	/	/	/	
					arbre «: 6 mai	12f	/	/	/	/	
					11 mai	131					
						a: 9.24					
			1956	Fc complète	arbre 6 12 mai	133	J	21 ocl	295	162	
					arbre 7 25 mai	146	fin dcCF	25 no»	3311	197	
							J	8 no»	313	167	
					arbre K' 14 mai	135	Fin dcCF	5 dec	34(1	194	
							J	31 ocl	305	1711	
							lin dcCF	30 no»	335	2011	
					17 mai	138	J	311 ocl	304	166	
						a: 7		n: 9	rr: 4		
							lin dcCF	3» no»	335	197	
								o: 5	o: 3		
			1957	Fc complélc	arbre 6 3 mai	123	J	11 ocl	284	161	
					arbre 7: 13 mai	133	fin dcCF	22 no»	326	203	
							J	19 ocl	292	159	
					arbre 8 3 mai	123	lin dcCF	5 dec	339	206	
							J	11 ocl	284	161	
							lin dcCF	11) no»	314	191	
					6 mai	126	J	13 ocl	2X6	160	
						n: 5.77		a: 4.62	o: 1.15		
							lin dcCF	22 no»	326	20(1	
								n: 12.5	n: 7.94		
			1958	Fc complélc	arbre 6 5 mai	125	/	/	/	/	
					arbre 7 12 mai	132	/	/	/	/	
					arbre «: 5 mai	125	/	/	/	/	
					7 mai	127					
						cr: 4					
			1954-58		11 mai	131	J	22 ocl	295	164	
						cr: 4.76		a: 9	n: 3		
							fin dc CF	23 no»	327	195	
								a: 7	a: 5.6*		
			1954	Fc complète	1 juin	152	J	8 no»	312	160	Obs d'un arbre isole
							lin de CF	29 no»	333	181	
			1955	Fc complélc	6 juin	157	/	/	/	/	
							/	/	/	/	
			1956	Fc complélc	1 juin	153	J	6 no»	311	158	
							lin de CF	111 déc	345	192	
			1957	Fc complète	1 juin	152	J	26 ocl	299	147	
							fin de CF	5 dec	339	187	
			1958	Fc complélc	1 juin	152	/	/	/	/	
							/	/	/	/	
			1954-58		2 juin	153	J	3 nov	307	155	
						a: 2.17		a: 7.23	n: 7		
							fin de CF	5 dec	339	187	
								fr: 6	cr: 5.5		

ESPECE	LOCALISATION (Région département, forci. )	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÈNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF		
				STADL	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE	DATES	JJ					
LIMOUSIN (Creuset)	Region d'Ailhussou	23	1961	b4 (R)	25 avril	115	/	/	/	/	Printemps precoce el iloti\	15		
			1963	W (R)	1 mai	121	/	/	/	/	Printemps froid Obs des mêmes ind qu'en 1961			
LORRAINE		7	1965	b4(R)	2 mai	122	st mo/eii oil les feuilles= jaunes	16ocl	289	168	Obs. réalisées dans des hêtraies	16b		
PACA (Provence)	Haute-Provence	27	1965	64 (R)	27 avril	117	/	/	/	/	Obs. réalisées dans des hêtraies de l'étage inférieur du hêtre.	16b		
PACA (Provence)	Haute-Provence	27	1965	b4(R)	11 mai	131	/	/	/	/	Obs. réalisées dans des hêtraies de l'étage supérieur du hêtre	16b		
RHÔNE-ALPES	Haut Valentinnois	26	1965	b4(R)	20 mai	140	/	/	/	/	Obs réalisées dans des hêtraies.	16b		
RHÔNE-ALPES	Vercors	26	1965	b4(R)	25 mai	145	/	/	/	/	Obs réalisées dans des hêtraies	16b		
HAUTE-NORMANDIE (Seine-Maritime)	Forêt de Lyons	3	1977	st. ant. à b4 (R) b4(R) Fe légère	le 25 mai 62% des arbres 31 % des arbres 1% des arbres	115	si 3m au J J Brunissement CF partielle fin CF	le 10 novembre M%des arbres 17 % des arbres N'aides arbres 3R%des arbres 17 X des arbres	114	/	/	Forêt située sur un plateau Obs de 71 arbres	22a	
				si ant à bf (R) b4(R) Fe légère Fe. complète	le 4 mai 1.4% des arbres 7% des arbres 36.6% des arbres 55% des arbres	124	/	/	/	/	/	Obs de 71 arbres		
				si ant à b4 (R) b4(R) Fc légère Fe complète	le 3 mai 61 % des arbres 25% des arbres 7% des arbres 7N. des arbres	123	/	/	/	/	/	/	Obs. de 71 arbres	
				st ant à la fe Fe légère du bas de cime	le 29 avril 85% des arbres 15% des arbres	119	/	/	/	/	/	/	Obs de 61 arbres.	
				st ant à la fe Fe. légère du bas de cime Fe. légère de tout le houppier Fe complète	le 12 mai 7% des arbres ft% des arbres 11% des arbres 74% des arbres	132	/	/	/	/	/	/	Obs de 61 arbres	
AQUITAINE (Landes)	Forêt de Lajelson Alt: 7-140 m	16	1973	b4 (R)'	23 avril	113	1973-80: -lèrcs teintes jaunes	1-10oct	274-283	/	Obscations réalisées dans une cliénaie-héilaie de versant, exposée nord-est. Structure F Age 100 ans. Obs sur 500m <sup>2</sup> environ • d'ales dc débour seuil 50% d'arbres au stade b4 1979 coupe d'éclaircic	5		
			1974	b4 (R)'	19 avril	109					/			
			1975	b4 (R)'	20 avril	110					/			
			1976	bJ(R)'	16 avril	107					/			
			1977	b4(R)'	13 avril	103					/			
			1978	b4 (R)'	20 avril	MO	-teintes jaunes	1-10 nov	315-314	/				
			1979	b4(R)'	20 avril	no					/			
			1980	b4 (R)'	15 avril	106					/			
		1973-XO		18 avril	108	st moyen où les feuilles=jaunes			198					
LORRAINE (Meurthe et Moselle)	CNR F Champenoux Jardin botanique Alt : 250 m.	7	1976	b4(R)	6 avril	97	/	/	/	/	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt.	6		
			1977	61 (R)	N ai ril	KM	début / CF	30 sept 11-25 ocl	273 284-301	169 197	Obs d'arbres au stade artustif			
			1978	b4(R)	18 avril	108	CF	24 oct-9 nov	297-313	205				
			1979	b4(R)	18 avril	108	J	27 sept	270	162				
								finCF	9no\	313	205			
								J	17oct	291	189			
						CF	31 oct-21 nov	305-326	224					
			1976-80	13 avril	103.8	finCF	9 nov	313.25	207.75					
								a: 10.2	<t: 11.5					

ESPÈCE	LOCALISATION (Region, département, forêt. )	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOÎRREMENT		SÉNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF	
				STADE	DATES CALENDAIRH	11	STADE	DATES				JJ
LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Eoièdc Have	6	198>	f'siiii. saicllil *	2 mai	122	Estiiii Satellit **	30 oct	303	181	Écuelle spatiale quelques dizaines de km De 1959 à 1991 moi- mensuelles de l'empciatue de l'ail comparables à celles de la forêt de Chaux et inférieures d'environ 3°C à celles de Gtésingne. * slade comparable au slade b4 (R) ** slade antérieur au J total.	9
			1990	hslini 'ilcllit *	2-1 ,n ril	114	Estlim Satellit ***					
			1991	f'slim. sulellil *	5 mai	122	Estiiii Satellit **	8 oct	281	156		
			1992	f'slim saieilit *	2 mai	123	Estini Satellit **	1 oct	275	152		
			1993	f'stini s.ilellit *	27 avril	117	Kstini Satellit **	29 sept	272	155		
			1994	f'slim snlellil *	24 avril	114	Estlim saieillil **	/	/	/		
<b>1989-94</b>				29 avril	119,2		9 oct	282,8	161			
					o 4.8		a 14	o. 13.4				
HAUTE-NORMANDIE (Seine-Maritime)	Forêt d'Éawy	3	1995		le 27 avril	117	/	/	/	/	Obs de 72 arbres-mères	22a
				st ant a b4 (R)	18% des arbres							
				b4(R)	50% des arbres							
				b5 (R)	32% des arbres							
LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Forêt de Haye	6	1994	b4(R)	21 avril-2 mai	111-122	/	/	/	/	Structure F. Obs de 69 arbres-mères. Durée de debout (comprise entre le débour de l'arbre le t précoce et celui du +tardif) 27]	23
				précoce	5 avril (1 arbre)	95						
				+tardif	2 mai (19 arbres)	122						
LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Forêt d'Amance	7	1994	b4(R)	25 avril	115	J sur au moins 50% du houppier	18 oct	291	176	aucune	12
			1995	b4(R)	20 avril	110	J sur au moins 50% du houppier	31 oct	304	194		
			1996	b4(R)	30 avril	121	J sur au moins 50% du houppier	21 oct	295	174		
			1997	b4(R)	22 avril	112	J sur au moins 50% du houppier	4 nov	308	196		
			1998	b4(R)	30 avril	120	J sur au moins 50% du houppier	20 oct	293	173		
			<b>1994-98</b>		26 avril	116		25 oct	298,2	183		
						o: 5		cr 7,4	cr:11			
LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Forêt de Haye	6	1994	b4 (R)	3 mai	123	J sur au moins 50% du houppier	18 oct	291	168	aucune	12
			1995	b4 (R)	29 avril	119	J sur au moins 50% du houppier	31 oct	304	185		
			1996	b4 (R)	2 mai	123	J sur au moins 50% du houppier	21 oct	295	172		
			1997	b4 (R)	28 avril	118	J sur au moins 50% du houppier	4 nov	308	190		
			1998	b4 (R)	3 mai	123	J sur au moins 50% du houppier	20 oct	293	170		
			<b>1994-98</b>		1 mai	121		25 oct	298,2	177		
						o 2		cr 7,4	o: 10			
PICARDIE (Aisne)	Forêt de Retz HET02 Alt 145 m	2	1997	Renecofor	14-21 avril	104-111	Renecofor	20oct-3nov	293-307	203	Essence principale Exposition plat Structure F	27
			1998	Renecofor	21 avril-4 mai	117-124	Renecofor	19oct-9nov	292-313	196		
			1999	Renecofor	5-26 avril	95-116	Renecofor	11 oct-8 nov	284-312	217		
			<b>1997-99</b>		15-27 avril	105-117		16 oct-6 nov	289-310	205	Age en 1997 56 ans	
						a: 11-7		o: 5-3	o: II			
			1997	Renecofor	14 avril (90%)	104	Renecofor	22sept-27oct	265-300	/	Première essence du sous-étage	27
			1998	Renecofor	13-20 avril	103-110	Renecofor	21sept-2nov	264-306	203		
			1999	Renecofor	5-12 avril	95-102	Renecofor	11-25 oct	284-298	203		
			<b>1997-99</b>		9-15 avril	99-105		28sept-28oct	271-301	203		
						o:6-4		a 11,4	a:0			
AUVERGNE (Allier)	Forêt des Colettes HET 03 Ail : 590 m	23	1998	Renecofor	4-11 mai	124-131	Renecofor	5-12 oct	278-285	161	Essence principale Exposition. noïd Structure F	27
			1999	Renecofor	26 avril-3 mai	116-123	Renecofor	20-27 sept	263-270	154		
			<b>1998-99</b>		30 avril-7mai	120-127		27 sep(-4 oct	270-277	157		
						o. 6-6		a: 11-1	o:5		Age en 1997 90 ans	
PACA (Basses-Alpes)	Forêt de Jabron HET 04 AH 1300 m	27	1997	Renecofor	14-28 avril	104-118	Renecofor	6-27 oct	279-300	196	Essence principale. Exposition nord Struclurc F	27
			1998	Renecofor	4-11 mai	124-131	Renecofor	21 sept-12 oct	264-285	161		
			1999	Renecofor	3 mai	123	Renecofor	4-18 oct	277-291	168		
			<b>1997-99</b>		27 avril-4 mai	117-124		10sept-19oct	273-292	175	Age en 1997 91 ans.	
						a: 11-7		a: 8-8	a 18			
			1997	Renecofor	7-14 avril	97-104	Renecofor	29 sept-6 oct	272-279	182	Première essence du sous-étage	27
			1998	Renecofor	27 avril-4 mai	117-124	Renecofor	5-12 oct	278-285	168		
			1999	Renecofor	3 mai	123	Renecofor	11-18 oct	284-291	168		
			<b>1997-99</b>		22-27 avril	112-117		5-12 oct	278-285	173		
						o: 14-11		a 6-6	cr 8			
MIDI-PYRENEES (Ariège)	Forêt de Soulan HET 09 Ah: 1250 m	28	1997	Renecofor	7-14 avril	97-104	Renecofor	6-20 oct	279-293	196	Essence principale Exposition sud-ouest Structure F	27
			1998	Renecofor	20-27 avril	110-117	Renecofor	5-12 oct	278-285	175		
			<b>1997-98</b>		13-20 avril	103-110		5-16 oct	278-289	186		
						a. 9-9		a: 16	a: 15		Age en 1997 155 ans	

ESPECE	LOCALISATION (Région, déparlement, forêt... >	CONTEXTE CUMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÈNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF	
				STADE	DATES CALENDRAIRE	JJ	STADE	DATES	JJ				
BASSE-NORMANDIE (Calvados)	Forêt de Ceillm HET 14 Alt: 90 m	4	1997	Renecofor	14-21 avril	104-111	Renecofor	15-29 sept	258-272	168	Essence principale i-vposition plal Structure F Age en 1997: 86 ans	27	
			1998	Renecofor	20-27 avril	110-117	Renecofor	5-12 oct	278-285	175			
			1999	Renecofor	19-20 avril	109-116	Renecofor	20 sept-4 gel	263-277	168			
			1997-99		17-24 avril	107-114		23 sept-5 oct	266-278	171			a: 10-7 a: 4
BOURGOGNE (Côte d'Or)	Forêt de Lugny HET 21 Alt: 400 m	6	1997	Renecofor	21-28 avril	111-118	Renecofor	29 sept-10 nov	272-314	203	Essence principale. Exposition nord-est. Structure: F Age en 1997: 131 ans.	27	
			1998	Renecofor	4-M mai	124-131	Renecofor	12 oct-2 nov	285-306	182			
			1999	Renecofor	12-26 avril	102-116	Renecofor	4-18 oct	277-291	189			
			1997-99		22 avril-1 mai	112-121		5-30 oct	278-303	191			a: 7-12 o: 11
FRANCHE-COMTE (Doubs)	Forêt de la Verrière du Grosbois HET 25 Alt: 570 m	13	1997	Renecofor	5-12 mai	125-132	Renecofor	6-20 oct	279-293	168	Essence principale Exposition: ouest Structure: F Age en 1997: 44 ans.	27	
			1998	Renecofor	4-11 mai	124-131	Renecofor	5-19 oct	278-292	168			
			1999	Renecofor	26 avril-3 mai	116-123	Renecofor	11-18 oct	284-291	175			
			1997-99		1-8 mai	121-128		7-19 oct	280-292	171			a: 3-1 a: 4
RHONE-ALPES (Drôme)	Forêt de Lente HET 26 Alt: 1320 m	26	1997	Renecofor	5-12 mai	125-132	Renecofor	8 sept-13 oct	251-286	161	Essence principale Exposition: ouest. Structure F. Age en 1997: 161 ans	27	
			1998	Renecofor	11 mai	131	Renecofor	7-21 sept	250-264	133			
			1999	Renecofor	10 mai	130	Renecofor	13 sept-11 oct	256-284	154			
			1997-99		8-11 mai	128-131		9 sept-5 oct	252-278	150			a: 3-1 o: 15
BRETAGNE (Finistère)	Forêt de Carnoet HET 29 Alt: 50m	9	1997	Renecofor	31 mars-14 avril	90-104	Renecofor	15-22 sept	258-265	175	Essence principale Exposition plat Structure: F Age en 1997: 67 ans	27	
			1998	Renecofor	13-27 avril	103-117	Renecofor	12-19 oct	285-292	189			
			1997-98		6-20 avril	96-110		28 sept-5 oct	271-278	182			a: 19-19 a: 10
			1997	Renecofor	31 mars-14 avril	90-104	Renecofor	15-22 sept	258-265	175			Première essence du sous-étage
LANGUEDOC-ROUSSILLON (Gard)	Forêt de l'Aigoual HET 30 AU: 1400 m	20	1997	Renecofor	30 juin-7 juillet	181-188	Renecofor	20 oct	293	112	Essence principale Exposition: sid-ouest Structure F Age en 1997: 146 ans 1997 refoliation après gel du 8 mai.	27	
			1998	Renecofor	(S mai)	138	Renecofor	21-28 sept	264-271	133			
			1999	Renecofor	10-17 mai	130-137	Renecofor	20-27 sept	263-270	140			
			1997-99		29 mai-3 juin	149-154		30 sept-5 oct	273-278	129			o: 17-13 a: 15
CHAMPAGNE-ARDENNE (Haute-Marne)	Forêt d'Auberive HET 52 Alt: 440 m	6	1997	Renecofor	21-28 avril	111-118	Renecofor	6-20 oct	279-293	182	Essence principale Exposition: plal Structure F Age en 1997: 109 ans	27	
			1998	Renecofor	20-27 avril	110-117	Renecofor	12-19 oct	285-292	182			
			1999	Renecofor	19-26 avril	109-116	Renecofor	27 sept-18 oct	270-291	182			
			1997-99		20-27 avril	110-117		5-19 oct	278-292	182			a: 7-1 o: 0
LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Forêt des Hauts Bois HET 54a AU: 325 m	7	1997	Renecofor	14-28 avril	104-118	Renecofor	20 oct-3 nov	293-307	203	Essence principale Exposition: est Structure: F Age en 1997: 98 ans	27	
			1998	Renecofor	13-27 avril	103-117	Renecofor	12-26 oct	285-299	196			
			1997-98		13-27 avril	103-117		16-30 oct	289-303	200			a: 6-6 o: 5
			1997	Renecofor	12-19 avril	102-109	Renecofor	28 sept-12 oct	271-285	171			
LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Forêt de Haye HET 54b Alt: 390 m	6	1997	/	/	/	Renecofor	6-20 oct	279-293	/	Essence principale Exposition: plat. Structure: F Age en 1997: 102 ans	27	
			1998	/	/	/	Renecofor	28 sept-12 oct	271-285	/			
			1999	/	/	/	/	/	/	/			
			1997-1999	Renecofor	12-19 avril	102-109	/	2-16 oct	275-289	182			a: 6-6
1999	Renecofor	5 avril (10%)	95	/	/	/	/	Première essence du sous-étage					
LORRAINE (Meuse)	Forêt de Lachalade HET 55 Alt: 250 m	6	1997	Renecofor	21 avril-5 mai	111-125	Renecofor	20-27 oct	293-300	189	Essence principale Exposition: plal. Structure: F Age en 1997: 92 ans	27	
			1998	Renecofor	27 avril-4 mai	117-124	Renecofor	12-26 oct	285-299	182			
			1999	Renecofor	19-26 avril	109-116	Renecofor	25 oct-15 nov	298-319	210			
			1997-1999		22 avril-1 mai	112-121		19 oct-2 nov	292-306	194			o: 7-11 o: 15
PICARDIE (Oise)	Forêt de Compiègne HET 60 Alt: 138 m	2	1997	Renecofor	21 avril-5 mai	111-125	Renecofor	20 oct-3 nov	293-307	196	Essence principale Exposition plat Structure F. Age en 1997: 65 ans	27	
			1998	Renecofor	27 avril-4 mai	117-124	Renecofor	12-26 oct	285-299	182			
			1999	Renecofor	19-26 avril	109-116	Renecofor	18-25 oct	291-298	189			
			1997-1999		22 avril-1 mai	112-121		16-28 oct	289-30J	189			a: 4-5 a: 7

ESPÈCE	LOCALISATION (Région, département, forêt...)	CONTENUE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURSEMENT			SÉNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
				STADE	DATES CA1. ENDAIRES	JJ	STADE	DATES	JJ			
AQUITAINI- (Lyrenées-Allantiques)	Forêt de la Montagne Noire HET 81 Alt: 700 m	18	1997	Renecofor	21 avril (90%)	111	Renecofor	21 sept-10 nov	272-314	/	Essence principale Exposition: nord-ouest Structure: F Age en 1997: 70 ans	27
			1998	Renecofor	30 mars-20 avril	89-110	Renecofor	19 oct-10 nov	292-320	231		
			1999	Renecofor	20 mars-19 avril	88-100	Renecofor	25 oct-22 nov	298-326	238		
			1997-1999	Renecofor	29 mars-20 avril	88-100	Renecofor	14 oct-16 nov	287-320	234		
MIDI-PYRENEES (Hautes-Pyrénées)	Forêt de Bize HET 65 Alt: 850 m	28	1997	Renecofor	14 avril (90%)	104	Renecofor	22 sept-20 oct	265-293	/	Essence principale Exposition: nord-ouest Structure: F Age en 1997: 163 ans 1998: gelées nuit des 13 et 14 avril	27
			1998	Renecofor	20 avril-4 mai	110-124	Renecofor	5 oct-2 nov	278-306	196		
			1999	Renecofor	5-26 avril	95-116	Renecofor	27 sept-18 oct	270-291	196		
			1997-1999	Renecofor	12-24 avril	102-114	Renecofor	28 sept-23 oct	271-296	196		
HAUTE-NORMANDIE (Seine-Maritime)	Forêt d'Eawy HET 76 Alt: 210 m	3	1997	Renecofor	21 avril-5 mai	111-125	Renecofor	20 oct-3 nov	293-307	196	Essence principale Exposition: plat. Structure: F Age en 1997: 90 ans	27
			1998	Renecofor	20 avril-4 mai	110-124	Renecofor	21 sept-12 oct	264-285	175		
			1999	Renecofor	19-26 avril	109-116	Renecofor	18 oct-25 oct	291-298	189		
			1997-1999	Renecofor	20 avril-1 mai	110-121	Renecofor	9-23 oct	282-296	186		
MIDI-PYRENEES (Tarn)	Forêt de la Montagne Noire HET 81 Alt: 700 m	25	1997	Renecofor	14 avril (90%)	104	Renecofor	6-27 oct	279-300	/	Essence principale Exposition: plat Structure: F Age en 1997: 111 ans	27
			1998	Renecofor	12-26 avril	102-116	Renecofor	5-19 oct	278-292	/		
			1999	Renecofor	12-20 avril	102-110	Renecofor	13-27 sept	256-270	168		
			1997-1999	Renecofor	12-20 avril	102-110	Renecofor	28 sept-14 oct	271-287	168		
LORRAVNE (Vosges)	Forêt du Ban d'Harol HET 88 Alt: 400 m	7	1997	Renecofor	21-28 avril	111-118	Renecofor	25 août-8 sept	237-251	140	Essence principale Exposition: ouest. Structure: F Age en 1997: 71 ans	27
			1998	Renecofor	27 avril-4 mai	117-124	Renecofor	24 août-14 sept	236-257	140		
			1999	Renecofor	12-26 avril	102-116	Renecofor	20 sept-18 oct	26-1-291	189		
			1997-1999	Renecofor	20-20 avril	110-119	Renecofor	2-23 sept	245-266	156		
CHAMPAGNE-ARDENNE (Aube)	Forêt du Temple CHS 10 Alt: 160 m	2	1997	Renecofor	14 avril (90%)	104	Renecofor	27 oct-3 nov	300-307	/	Première essence du sous-étage Exposition: plat	27
			1998	Renecofor	20-27 avril	110-117	Renecofor	12-19 oct	285-292	182		
			1999	Renecofor	12-26 avril	102-116	Renecofor	4-18 oct	277-291	189		
			1997-99	Renecofor	16-22 avril	106-112	Renecofor	14-23 oct	287-296	188		
HAUTE-NORMANDIE (Eure)	Forêt de Lyons CHS 27 Alt: 175 m	3	1997	Renecofor	7-28 avril	07-118	Renecofor	6-20 oct	279-293	196	Première essence du sous-étage Exposition: plat.	27
			1998	Renecofor	6-20 avril	96-110	Renecofor	5-12 oct	278-285	189		
			1997-98	Renecofor	6-24 avril	96-114	Renecofor	5-16 oct	278-289	193		
			1997-98	Renecofor	6-24 avril	96-114	Renecofor	5-16 oct	278-289	193		
BRETAGNE (Ille-et-Vilaine)	Forêt de Rennes CHS 35 Alt: 80 m	9	1999	Renecofor	12-19 avril	102-109	/	/	/	/	Première essence du sous-étage. Exposition: plat	27
			1999	Renecofor	12-19 avril	102-109	/	/	/	/		
CENTRE (Loir-et-Cher)	Forêt de Blois CHS 41 Alt: 127 m	10	1997	Renecofor	7 avril (90%)	97	Renecofor	13 oct-3 nov	286-307	/	Première essence du sous-étage Exposition: plat	27
			1998	Renecofor	30 mars-20 avril	89-110	Renecofor	5-26 oct	278-299	210		
			1999	Renecofor	22 mars-12 avril	81-102	Renecofor	18 oct-8 nov	291-312	231		
			1997-1999	Renecofor	26 mars-13 avril	85-103	Renecofor	12 oct-2 nov	285-306	220		
CHAMPAGNE-ARDENNE (Marne)	Forêt de Chatrices CHS 51 AU 180 m	2	1997	Renecofor	6-20 avril	96-110	Renecofor	20 oct-3 nov	293-307	/	Première essence du sous-étage Exposition: sud	27
			1998	Renecofor	29 mars-12 avril	88-102	Renecofor	12 oct-2 nov	285-306	210		
			1999	Renecofor	2-16 avril	92-106	Renecofor	11-25 oct	284-298	210		
			1997-1999	Renecofor	2-16 avril	92-106	Renecofor	14-30 oct	287-303	210		

ESPECK	LOCALISATION (Region, département, forêt...)	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT		SÉNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF		
				STADE	DATES CALENDRAIRE	JJ	STADE	DATES				JJ	
LORRAINE (Moselle)	Forêt de Moutchbouse CMS 57b Ail. 320m	7	1997	Renecofor	20-27 avril	111-117	Renecofor	21 sept-août	26-1-27S	168	Première essence du sous-étage Exposition nord-ouest	27	
			1998	Renecofor	10-26 avril	109-116		27 sept-11 oct	270-284	175			
			1999	Renecofor	19-26 avril	109-116		24sept-8oct	267-281	172			
			1997-1999						a A-A	a 5			
BOURGOGNE (Nièvre)	Forêt de Vincence CHS 58 Ail.: 270 m	11	1997	Renecofor	7-21 avril	97-111	Renecofor	6-20 oct	279-293	196	Première essence du sous-étage Exposition, sud-ouest	27	
			1998	Renecofor	6-20 avril	96-110	Renecofor	19-26oct	292-299	203			
			1999	Renecofor	19-26 avril	109-116	Renecofor	18-25 oct	291-298	189			
			1997-1999					14-23 oct	287-296	196			a: 7-3 a: 7
NORMANDIE (Orne)	Forêt de Reno Valdieu CHS 61 Alt: 220m	4	1997	Renecofor	14 avril (90%)	104	Renecofor	29 sept-13 oct	272-286	196	Première essence du sous-étage Exposition sud-est	27	
			1998	Renecofor	30 mars-27 avril	89-117	Renecofor	28 sept-12 oct	271-285	196			
			1999	Renecofor	15-22 mars	74-81	Renecofor	4-18 oct	277-291	217			
			1997-1999					30sept-14oct	273-287	206			a: 3-3 a: 15
POITOU-CHARENTES (Vienne)	Forêt de Moulière CHS 86 Alt.: 116 m	14	1997	Renecofor	7-14 avril	97-104	Renecofor	29 sept-3 nov	272-307	210	Première essence du sous-étage. Exposition: nord-ouest.	27	
			1998	Renecofor	6-27 avril	96-117	Renecofor	12-26 oct	285-299	203			
			1999	Renecofor	5-19 avril	95-109	Renecofor	11-25 oct	284-298	203			
			1997-1999					7-28 oct	280-301	205			a: 7-5 a: 4
PAYS DE LA LOIRE (Maine-et-Loire)	Forêt de Monnaie CHP49 Alt: 57m	10	1999	Renecofor	15-22 mars	74-81	Renecofor	4-25 oct	277-298	224	Première essence du sous-étage Exposition: sud-ouest.	27	
RHONE-ALPES (Ardèche)	Forêt de Lavillatte SP07 Alt.: 1300 m	25	1997	Renecofor	28 avril-5 mai	118-125	Renecofor	22-29 sept	265-272	154	Première essence du sous-étage Exposition ouest.	27	
			1998	Renecofor	11-18 mai	131-138	Renecofor	21 sept-5oct	264-278	147			
			1999	Renecofor	3-10 mai	121-130	Renecofor	27 sept-4 oct	270-277	154			
			1997-1999					23 sept-2 oct	266-275	151			a: 3-3 0-4
LANGUEDOC-ROUSSILLON (Aude)	Forêt de Callong-Mirailles SP 11 Ail.: 950 m	16	1998	Renecofor	20-27 avril	110-117	Renecofor	19-26 oct	292-299	189	Première essence du sous-étage Exposition nord	27	
			1999	Renecofor	19-26 avril	109-116	Renecofor	18 oct-8 nov	291-312	203			
			1998-99					18 oct-1 nov	291-305	196			et: 1-9 a: 10
RHONE-ALPES (Drôme)	Forêt de Lente SP26 Alt. 1150m	26	1997	Renecofor	28 avril-5 mai	118-125	Renecofor	1 sept-13 oct	244-286	168	Première essence du sous-étage Exposition, ouest.	27	
			1998	Renecofor	11 mai	131	Renecofor	7-21 sept	250-264	133			
			1999	Renecofor	10 mai	130	Renecofor	13 sept-11 oct	256-284	154			
			1997-1999					7 sept-5 oct	250-278	152			0-:6-12 a: 18
AUVERGNE (Cantal)	Forêt de Paulhac PS 15 Alt.: 1000 m	23	1997	Renecofor	21-28 avril	111-118	/	/	/	/	Première essence du sous-étage Exposition: plat.	27	
			1998	Renecofor	4-11 mai	124-131	Renecofor	28 sept-12 oct	271-285	161			
			1999	Renecofor	3-10 mai	123-130	Renecofor	11-18 oct	284-291	168			
			1997-1999					4-15 oct	277-288	165			a: 7-7 0-9-4 a: 5
ALSACE (Bas-Rhin)	Forêt indivise de Haguenau PS 67a Ail.: 175m	8	1997	Renecofor	28 avril-5 mai	118-125	Renecofor	29 sept-6 oct	272-279	161	Première essence du sous-étage Exposition plat	27	
			1998	Renecofor	27 avril-4 mai	117-124	Renecofor	12-26 oct	285-299	182			
			1999	Renecofor	19avril-3mai	109-123	Renecofor	23 août-27 sept	235-270	161			
			1997-1999					21 sept-9oct	264-282	168			a 26-15 a 12
ALSACE (Bas-Rhin)	Forêt d'Ingwiller PS 67b Alt.: 290 m	8	1997	Renecofor	28avril-19mai	118-139	/	/	/	/	Première essence du sous-étage Exposition plat	27	
			1998	Renecofor	27 avril-11 mai	117-131	/	/	/	/			
			1999	Renecofor	19 avril-3 mai	109-123	/	/	/	/			
			1997-1999										24 avril-11 mai 114-131 <5-8



ESPÈCE	LOCALISATION (Région, département, forêt, ...)	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOÎTTEMENT			SÈNECENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF		
				STADE	DATES C.M.ENDAIRES	JJ	STADE	DATES	JJ					
ANGLETERRE	Norfolk		167 ans (entre 1736 et 19-J7)	15 (R)	21 avr <sup>1</sup>	111	/	/	/	/	aucune	19		
			+ précoce		15 mars	74	/	/	/	/				
			+ tardif		12 mai	132	/	/	/	/				
					1926	b5 (R)	9 avril	99	/	/			/	/
					1927	b5(R)	19 avril	109	/	/			/	/
					1928	b5(R)	13 avril	104	/	/			/	/
					1929	15 (R)	17 avril	107	/	/			/	/
					1930	15 (R)	24 avril	114	/	/			/	/
					1931	15 (R)	27 avril	117	/	/			/	/
					1932	15 (R)	27 avril	118	/	/			/	/
					1933	b5(R)	12 avril	102	/	/			/	/
					1934	b5(R)	16 avril	106	/	/			/	/
					1935	b5(R)	18 avril	108	/	/			/	/
					1936	b5(R)	23 avril	114	/	/			/	/
					1937	b5(R)	21 avril	111	/	/			1	/
					1938	b5(R)	4 avril	94	/	/			1	/
					1939	b5(R)	16 avril	106	/	/			1	1
					1940	b5(R)	23 avril	114	/	/			1	1
					1941	b5(R)	22 avril	112	/	/			1	1
					1942	b5(R)	20 avril	MO	/	/			1	1
					1943	b5(R)	13 avril	103	/	/			1	1
					1944	b5(R)	15 avril	106	/	/			1	1
					1945	b5(R)	6 avril	96	/	/			1	1
					1946	b5(R)	9 avril	99	/	/			1	1
					1947	15 (R)	20 avril	110	/	/			1	1
					1926-47		18 avril	108						
								er: 6						
		+ précoce		4 avril (1938)	94	/	/	1	1					
		+ tardif		27 avril(1932)	118	/	/	1	/					
POLOGNE	Arboretum Komik	/	1953	b4(R)	8 avril	98	Max. de color. automn.	26oct	299	201	aucune	3		
							CF	17 oct-20 nov	290-324	226				
			1954	b4(R)	27 avril	117	Max. de color. automn.	3 nov	307	190				
							CF	25 oct-28 nov	298-332	215				
			1955	b4(R)	1 mai	121	Max. de color. automn.	3 nov	307	186				
							CF	20 oct-25 nov	293-329	208				
			1956	b4(R)	6 mai	127	Max. de color. automn.	22oct	296	169				
							CF	18 oct-24 nov	292-329	202				
			1957	b4(R)	28 avril	118	Max. de color. automn.	17oct	290	172				
							CF	5 ocl-7 déc	278-341	223				
			1958	b4(R)	5 mai	125	Max. de color. automn.	28oct	301	176				
							CF	12oct-10déc	285-344	219				
			1959	b4(R)	26 avril	116	Max. de color. automn.	30oct	303	187				
							CF	8 oct-30 nov	281-334	218				
			1960	b4(R)	28 avril	119	Max. de color. automn.	28oct	302	183				
							CF	12 ocl (début)	286	/				
			1961	b4(R)	15 avril	105	Max. de color. automn.	19oct	292	187				
				CF	8 oct-2 déc	281-336	231							
1962	b4(R)	22 avril	112	Max. de color. automn.	24 ocl	297	185							
				CF	27 sept-10 nov	270-314	202							
		1953-62		25 avril	115	Max. de color. automn.	26oct	299	184					
					a: 9			o:6	a:9					
						CF	12 ocl-27 nov	285-331	216					
								o: 8-9	a:14					



ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	STADE	DÉBOURREMENT		SÉNESCENCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF		
	(Region département, foiél. )					DAT.F.S	CALENDAIRES	JJ	STADE				DAT.F.S	JJ
Chênes <i>Quercus sp</i>	CHNTRE (Loiret. Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt : 150 ni	2	1975		/	/	CK	29 octobre	302	/	Exposition sommet d'un plateau	28	
				1976	Fe	/	/	fin CF	20 nov enibre	323	/			
	AUVERGNE (Puy-de-Dôme)	Forêt de Randan	23	1961	b5 (R) *	28 avril	118	/	/	/	/	Structure: taillis	15	
1962				b5 (R) *	14 avril	104	/	/	/	/	* date de débou. : quand 80% des souches ont 80% de bourgeons apicaux déboués.			
				1963	b5 (R) *	5 mai	125	/	/	/		/		
				1961-63		26 avril	116							
							σ 11							
				1963	b5 (R) -*	23 avril (2 souches)	113	/	/	1	1	** : observation de 10 souches d'un même taillis sur une surface de quelques centaines de mètres carrés.		
						1 mai (4 souches)	121	/	1	1	/			
						8 mai (4 souches)	128	/	1	1	1			
	AUVERGNE (Puy-de-Dôme)	Forêt de la Tour	23	1961	b5 (R) *	15 avril	105	/	1	1	1	Station à tendance xéothermique	15	
1962				b5 (R) *	7 avril	97	/	1	1	1	Structure: taillis			
				1963	b5 (R) *	21 avril	111	/	1	1		1	* : date de débou. : quand 80% des souches ont 80% de bourgeons apicaux déboués.	
				1961-63		14 avril	104							
							σ 7							
				1963	b5 (R) **	15 avril (4 souches)	105	/	/	/	/	** observation de 10 souches d'un même taillis sur une surface de quelques centaines de mètres carrés.		
						22 avril (3 souches)	112	/	/	/	/			
						1 mai (2 souches)	121	/	/	/	/			
						8 mai (1 souche)	128	/	/	/	/			
	LIMOUSIN (Creuse)	Région d'Aubusson	23	1961	b5 (R)	1 avril	91	/	/	/	/	Printemps précoce et doux.	15	
				1963	b5 (R)	15 mai	135	/	/	/	/			Printemps froid. Obs des mêmes ind. qu'en 1961
	CENTRE (Sologne)		11	np	np	Zones les plus froides: fini le 1 mai.	121	CF	1 déefin	335	214	Ces observations ont été effectuées dans des zones où le chêne pédoncule est dominant Les chênes de juin ont été mis à pari	24	
						Autres: fini le 15 avril.	105	CF	1 déc. fin	335	230			
						23 avril	113				222			
	ÎLE DE FRANCE (Yvelines)	Forêt de Rambouillet	1	1981	np	5 avril	95	/	/	/	/	aucune	24	
				1982	np	31 mars	90	CF	15 sept	244-248	156			
				1983	np	10 avril	100	CF	20 sept	263	163			
				1984	np	20-24 avril	111-115	CF	25 sept	269	156			
				1985	np	17 avril	107	CF	10 sept	253	146			
				1986	np	2 mai	122	CF	1 oct	274	152			
				1987	np	18 avril	108	CF	15 oct	288	180			
				1988	np	/	/	/	/	/	/			
				1989	np	31 mars	90	/	/	/	/			
							1981-89		13 avril	103				22 sept
							σ 11		a : 15	o : 12				
	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Forêt d'Amance	7	1994	b5 (R)	29 avril	119	J sur au moins 50% du houppier	28 oct	301	182	aucune	12	
				1995	b5 (R)	9 mai	129	J sur au moins 50% du houppier	31 oct	304	175			
				1996	b5 (R)	29 avril	120	J sur au moins 50% du houppier	15 nov	320	200			
				1997	b5 (R)	25 avril	115	J sur au moins 50% du houppier	3 nov	307	192			
				1998	b5 (R)	30 avril	120	J sur au moins 50% du houppier	/	/	/			
				1994-998		1 mai	121		4 nov	308	187,25			
							σ 5		o : 8	σ 11				
	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Forêt de Haye	6	1994	b5 (R)	3 mai	123	J sur au moins 50% du houppier	1 nov	305	182	aucune	12	
				1995	b5 (R)	9 mai	129	J sur au moins 50% du houppier	31 oct	304	175			
				1996	b5 (R)	29 avril	120	J sur au moins 50% du houppier	7 nov	312	192			
				1997	b5 (R)	3 mai	123	J sur au moins 50% du houppier	8 nov	312	189			
				1998	b5 (R)	3 mai	123	J sur au moins 50% du houppier	/	/	/			
							1994-998		4 mai	124				4 nov
							σ 3		a : 4	o : 8				

ESPECE	LOCALISATION		CONTEXTE	ANNÉES	STADE	DÉBOÎTEMENT		SÉNESCENCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF	
	(Région, département, forêt, )		CLIMATIQUE			DATECALENDRIER	JJ	STADE	DATES				JJ
CENTRE (Loiret)	Forêt d'Orléans PS 45 Ail 145 m	i		1997	Renecofor	7- M avril	97-104	Renecofor	6-20 ocl	279-293	196	Première essence du sous-étage Exposition plat	27
				1998	Renecofor	6 avril-4 mai	96-124	Renecofor	12-19 oct	285-292	196		
				1999	Renecolbr	5 avril-3 mai	95-123	Renecofor	18-25 ocl	291-298	103		
				1997-99		6 avril-27 avril	96-117		12 oct-21 ocl	285-294	198		
						a: 1-11			a: 6-3	o: 4			
ANGLETERRE	Norfolk	/	/	167 ans (entre 1736 et 1947) + précoce + tardif	b6(R)	24 avril	114	/	/	/	/	aucune	19
				1926	b6(R)	4 avril	94	/	/	/	/		
				1927	b6(R)	13 avril	103	/	/	/	/		
				1928	b6(R)	13 avril	104	/	/	/	/		
				1929	b6(R)	19 avril	109	/	/	/	/		
				1930	b6(R)	23 avril	113	1	/	/	/		
				1911	b6(R)	29 avril	119	1	/	/	/		
				1932	b6(R)	29 avril	120	1	/	/	/		
				1933	b6(R)	8 avril	98	1	/	/	/		
				1934	b6(R)	24 avril	114	1	/	/	/		
				1935	b6(R)	16 avril	106	1	/	/	/		
				1936	b6(R)	24 avril	115	1	/	/	/		
				1937	b6(R)	24 avril	114	1	/	/	/		
				1938	b6(R)	25 mars	84	1	/	/	/		
				1939	b6(R)	14 avril	104	1	/	/	/		
				1940	b6(R)	24 avril	115	1	/	/	/		
				1941	b6(R)	11 mai	131	1	/	/	/		
				1942	b6(R)	30 avril	120	1	/	/	/		
				1943	b6(R)	14 avril	104	1	/	/	/		
				1944	b6(R)	23 avril	114	1	/	/	/		
				1945	b6(R)	10 avril	100	1	/	/	/		
				1946	b6(R)	14 avril	104	1	/	/	/		
				1947	b6(R)	26 avril	116	1	/	/	/		
				1926-47		19 avril	109						
							a; 10						
				+ précoce		25 mars (1938)	84	1	/	/	/		
				+ tardif		11 mai (1941)	131	/	/	/	/		
Chêne sessile e( pédoncule (mélange)	ALSACE (Bas-Rhin)	Forêt de Nonnenhardt CPS67 Alt 350m	8	1997	Renecofor	7-21 avril	97-111	Renecofor	29 sept-3 nov	272-307	210	Essences principales. Exposition sud Structure F Aucun en 1994. 76 ans.	27
	ILE-DE-FRANCE (Seine-et-Marne)	Forêt de Fontainebleau CPS 77 AU 80m	i	1997	Renecofor	/	/	Renecofor	27 oct(90%)	300	/	Essences principales	27
				1998	Renecofor	4-11 mai	124-131	Renecofor	26 oct(10%)	299	/	Exposition plat	
				1999	Renecofor	29 mars-12 avril	88-102	Renecofor	11 oct-I nov	284-305	217	Structure F	
				1997-99		16-26 avril	106-116					Aucun 1994 113 ans	
							o: 25-20						

ESPÈCE	LOCALISATION (Region, département, forêt . .)		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÈNESCENCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF			
					STADE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE	DATES				JJ		
Chêne vert ( <i>Quercus ilex</i> L.)	PACA (Ynucluse)	Mont Ventoux	20								Obs réalisées sur des taillis Aye au moins 30-40 ans Obs d'une quarantaine de rameaux (un par arbre) exposés au sud pour chaque sialion *. date de débour. date à laquelle 50% des rameaux ont dépassé le stade bV ** A=durée de la période de débour (j) =durée comprise entre les dates auxquelles le rameau le ^précoce et le + tardif dépassent le stade b5 (R)	11			
				Alt. 300 m											
					1979	b5 (R)*	17 mai	137	/	/			/	/	Exposition: plat. Pm de chênes pubescents et de chênes verts. A*: >24 A*: 20 A**: 27
					1980	b5(R)*	16 mai	137	/	/			/	/	
				1981	b5(R)*	10 mai	130	/	/	/					
				<b>1979-81</b>		<b>15 mai</b>	<b>135</b>								
		Alt. 550 m													
				1979	b5(R)*	17 mai	137	/	/	/	Exposition: sud Pm de chênes pubescens et de chênes vens. A*: 27 a*: >33				
				1980	b5(R)*	26 mai	147	/	/	/					
				<b>1979-80</b>		<b>22 mai</b>	<b>142</b>								
		Alt. 800 m													
				1979	b5(R)*	25 mai	145	/	/	/	Exposition: sud Pin de chênes pubescens et de chênes verts A*: >20 A*: >26 A*: >33				
				1980	b5(R)*	4 juin	156	/	/	/					
				1981	b5 (R)*	19 mai	139	/	/	/					
				1979-81		27 mai	147								
	POITOU-CHARENTES (Charente-Matimel)	Forêt des Saumonards PM 17 Alt 15 m	15	1997	Renecofo	28 avril-19 mai	118-139	/	/	/	Première essence du sous-étage Exposition plat	27			
	ITALIE (Oristano, Sardaigne) Alt.: 11 m	Jardin de recherche phénologique (réseau IPG)	/	1991-96 + précoce + tardif	b5(R)	9 mai 27 avril (1991) 20 mai (1995)	129 117 140	/	/	/	Espèce typique de l'écosystème méditerranéen	18			
Chêne des marais ( <i>Quercus pubescens</i> L.)	CENTRE (Loiret, Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt: 150 m	2	1885	Fe	18 avril	108	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau.	28			
Chêne sessile ( <i>Quercus petraea</i> Liebl.)	CENTRE (Loiret, Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Ail.: 150 m	2	1877 1881 1885	Fe Fe Fe	/ 29 avril 23 avril	/ 119 113	CF	27 novembre	331	Exposition: sommet d'un plateau	28			
	BOURGOGNE	Vallée de la Saône et affluents	6	np	np	25 mai-1 avril	84-91	/	/	/	aucune	25			
		Bresse	13	np	np	1ère quinzaine d'avril	91-104	/	/	/	Débou. tard que chêne pédonculé				
		Nord Yonne: Champagne crayeuse. Pays d'Othe, Gâtinais, Champagne humide	2	np	np	3ème semaine d'avril	105-111	/	/	/	aucune				
		Montagne Bourguignonne- Côtes de Bourgogne- Plateau Bourguignon (Côte-d'Or).	6	1994	np	3ème semaine d'avril (15 avril-1 mai)	105-121	/	/	/	aucune				
		Plateau Nivernais	11	np	np	2ème quinzaine d'avril	104-120	/	/	/	aucune				

ESPÈCE	LOCALISATION (Region département forêt. )	CONTENTE CLIMATIQUE	ANNÉES	STADE	DÉBOURREMENT DATES CALENDAIRES	JJ	SÉNESCENCE STADE	DATES	JJ	SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
	NORD LIMOUSIN (1 lame-Vienne)	Limoges. Basse-Marche (donc en plaine)	23	1994	np	lerne semaine d'avril	105-111	/	/	/	aucune	25
	AUVERGNE	Nord du département de l'Allier (bocage bourbonnais, Sologne bourbonnaise, forêt de Troitçais )	11	10 ans (np)	np	15 mars-25 avril Dates incluant les observations sur chênes pédonculés	74-115	/	/	/	Les variations semblent plus stationnelles que spécifiques pour une même année le chêne pédonculé débourre plus vite que le sessile car il est som ont en lisière ou plus isolé Chênes âgés débour plus tard que semis et gaulis	25
	RHONE-ALPES (Ain)		13	np	np	15 avril	105	CF	15 nov	319 214	aucune	26
	RHONE-ALPES (Savoie)		26	np	np	10 mai	130	CF	15 octobre	288 158	aucune	26
	CENTRE (Indre)		11	np	np	10-20 avril	100-110	CF	5-15 nov	309-319 209	aucune	24
	ILE-DE-France (Seine-et-Marne)	Forêt de Fontainebleau Alt 131m	1	1976-83	b5 (R)*	20 avril	111	/	/	/	Les chênes sessiles consomment l'étage dominant Age: 120 ans Obs. de 5 arbres. * date à laquelle 50% des bourgeons latéraux atteignent le stade b5	30
				1977	b5 (R)*	24 avril	114	/	/	/		
				1978	b5(R)*	27 avril	117	/	/	/		
				1979	b5(R)*	10 mai	130	/	/	/		
				1980	b5(R)*	20 avril	111	/	/	/		
				1981	b5(R)*	14 avril	104	/	/	/		
				1982	b5 (R)*	29 avril	119	/	/	/		
				1983	b5(R)*	25 avril	115	/	/	/		
				1976-83	b5(R)*	25 avril	115					
							a: 7,5					
	FRANCHE-COMTE (Jura)	Forêt de Chauv	11	1989-94	hstim satellit *	4 mai	124	Estim satellit **	30 oct	303 177	Echelle spatiale quelques dizaines de km De 1989 à 1994 moy mensuelles de température de l'air comparables à celles de la forêt de Haye et inférieures d'environ 3°C à celles de Grésigne * stade comparable au stade b5 (R) ** stade antérieur au J total	9
				1990	Esiim satellit *	9 mai	129	Estim satellit **	15oct	288 159		
				1991	Estim satellit *	24 mai	144	Estim satellit **	21 oct	294 150		
				1992	lisiin satellit *	7 mai	128	Estim Satellit **	8 oct	282 154		
				1993	Estim satellit *	25 avril	115	Estim satellit **	2 oct	275 160		
				1994	l'stim satellit *	19 avril	109	Estim satellit **	/	/		
				1989-94		4 mai	12483		15 oct	288 4 160 4		
							a: 12,2			o 10,8 a 11,1		
	MIDI-PYRÉNNEHS (Tarn)	Forêt de Grésigne	25	1989-94	Estim satellit *	21 avril	111	Estim Satellit **	15nov	319 208	Echelle spatiale quelques dizaines de km De 1989 à 1994 moy Mensuelles de température de l'air supérieures d'environ 3°C à celles des forêts de Chauv et Haye * stade comparable au stade b5 (R). ** stade antérieur au J total.	9
				1990	Estim satellit *	17 avril	107	Estim satellit **	2 nov	306 199		
				1991	Esiim satellit *	12 avril	102	Estim Satellit **	26 oct	2<» 197		
				1992	Estim satellit *	/	/	Estim Satellit **	8 oct	282 /		
				1993	fi s'lim satellit *	15 avril	105	Estim satellit **	14 oct	287 182		
				1994	Esiim satellit *	17 avril	107	Estim satellit **	/	/		
				1989-94		16 avril	1064		25oct	298 6 196 5		
							a: 3,3			o 14,8 a 10,8		
	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Forêt de Champenoux Alt.: 237m	7	1990-93	b5(R)	3 mai	123	chute de 50%du LAI **	31 oct	304 1R1	Peuplement presque pur Age 35 ans. Chênes sessiles étage dominant Obs sur 10 arbres d'une parcelle 1991 glee au printemps (accident) La date moyenne de débour ne prend pas en compte l'année 1991 ** le J du feuillage est alors total	2
				(1991)	b5(R)	(25 mai)	(145)	chute de 50%du LAI **	12nov	316 171		
				1992	b5 (R)	13 mai	134	chute de 50%du LAI **	3 nov	308 174		
				1993	b5(R)	30 avril	120	chute de 50%du LAI **	4 nov	308 188		
				1990-93		5 mai	125		5 nov	309 178 5		
							a: 7			a: 5 G. 7.6		
				1992*	b5 (R)	7 mai	128	chute de 50%du LAI	5 nov	310 182	Début 92 la moitié du peuplement a été éclaircie	
				1993*	b5(R)	28 avril	118	chute de 50%du LAI	8 nov	312 194		
				1992-1993*		1 mai	123		7 nov	311 188	* observations sur 15 arbres dans parcelle éclaircie	
							o: 6			o: 1.4 o: 8.5		
	RHONE-ALPES (Ain)	Forêt de Seillon CHS 01 Alt.: 260m	11	1997-99	Renecofor	14 juillet (90%) 30 mars 5-12 avril	195 89 95-102	Renecofor Renecofor Renecofor	13-27 oct 21-28 sept 11-18 oct	286-300 / 264-271 182 284-291 196	Essence principale Exposition plat Structure : F Age en 1997 91 ans	27
				1997-99	Renecofor	2 avril-8 mai	92-128		5-14 oct	278-287 189		
							o. 4-57			o 12-1 o 10		



ESPÈCE	LOCALISATION (Région département, forêt...)	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÉNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
				STADE	DATES CALCULAIRES	JJ	STADE	DATES	JJ			
	BASSE-NORMANDIE (Orne) Forêt de Reno Valdeu CI IS hl Alt 221 m	I	1997	Reilecolu	7-21 avril	17-111	Reilecofor	6-27 oct	271-300	203	Essence principale Exposition sud-est Smicrure F Age en 1917 11 ans. HIS froid persistant bloquant la végétation au stade "bourgeons épanouis" plus d'1 mois	27
			1998	Reiccofoi	6 mai-11 mai	96-131	Reiccofofor	5-26 oct	278-211	203		
			1999	Reicculbi	22-31 mars	NI-XX	Reiccofofor	11 oct-11 oct	284-305	221		
			1997-99		1-20 mai	11-110		7-28 oct	250-301	210		
	ALSACE (Haut-Rhin) Forêt de la Hardi CHS 68 AU 256 m	K	111K	Rencocfor	21 avril	III	Rencocfor	5-11 oct	27X-212	182	Essence principale Exposition plat Structure F Age en 1117 140 ans	27
			jin	Rclicocfor	11-26 avril	KW-116	Rencocfor	20 sept-15 oct	263-211	182		
			1998-99		19-23 avril	101-113		27 sept-18 oct	270-211	172		
					o 1-4			o 11-1	o 0			
	PAYS DE LA LOIRE (Saillie) Forêt de Bercé CHS 72 Alt 170 m	II	1117	Rclicocfor	7 mai (W...)	17	Rencocfor	13 oct-3 noi	286-307	182	Essence principale. Exposition plat Structure F Age en 1117: 67 ans	27
			111H	Rencocfor	6-20 avril	16-110	Rencocfor	5-26 oct	275-211	203		
			1111	Raiecofor	5-12 avril	15-102	Rencocfor	27 sept-11 oct	270-234	181		
			1997-99		5-13 avril	15-103		5-23 oct	278-216	116		
	MIDI-PYRENEES (Tarn) Forêt de Grésiène CHS 81 Alt. 300 m	25	1997	Rencocfor	14-21 avril	10-111	Rencocfor	11 sept-13 oct	258-2X	182	Essence principale Exposition: sud-est Struct. F. Age en 1997 101 ans.	27
			1998	Rencocfor	30 mars-6 avril	89-96	Rencocfor	19-26 oct	292-294	210		
			1999	Rencocfoi	2M mars-5 avril	88-95	Rcnijcofor	6 sept-18 oct	249-291	203		
			1997-99		3-10 avril	43-100		23 sept-19 oct	266-212	190		
	POITOU-CHARENTES (Vienne) Forêt de Motlière CMS rfi AU 116 m	14	1997	Ruicocfor	31 mars-11 avril	90-104	Rencocfor	13 oct-3 nov	2H-3-7	217	Essence principale Exposition: nord-ouest Structure F Age en 1497: 85 ans	27
			1998	Ruicocfor	30 mars-20 avril	89-110	Rencocfor	12 oct-1 nov	278-2W	210		
			1999	Rawcofor	5-19 avril	95-109	Rencocfor	11 oct-1 nov	284-305	210		
			1997-99		1-17 avril	91-107		9-30 oct	282-303	212		
	LORRAINE (Vosges) Forêt de Dnmes CHS 88 Alt 330m	7	1997	Rencocfor	14 avril-2 juin	104-153	Rencocfor	6-27 oct	279-300	190	Essence principale Exposition plat Structure F. Age en 1997 132 ans Gelées matinales Forte attaque chcvilles cheimatobies et hibeniies	27
	AUVERGNE (Puy-de-Dôme) Forêt de la Bosdonie et mitres PSf13 Alt. 750m	24	1999	Rencocfor	3-10 mai	123-130	/	/	/	/	Première essence du sous-élag. Exposition nord-ouest	27
Chêne pubescent ( <i>Quercus pubescens</i> WilldJ)	PACA (Haut-Var)	20	np	np	Mi-avril (débournement très étalé)	105	coloration	dès le 10/15 septembre	258	153	aucune	26
	LANGUEDOC-ROUSSILLON (Haut-Gard)	20	np	np	Commence avril	91-120	/	/	/	/	Chute des feuilles par intempéries automnales et hyémiales. on à la pousse de l'année suivante	26
	PACA (Vaucluse)	20	np	np							Obs réalisées sur des taillis Age au moins 30-40 ans Obs d'une quarantaine de rameaux (un par aire) répartis au sud pour chaque station * date de débour date à laquelle 50% des rameaux ont dépassé le stade b5 ** A' durée de la période de débour (j) -durée comprise entre les dates auxquelles le rameau le "précoce" et le "tardif" dépassent le stade b5 (R)	11
											Exposition plat Pin de chènes pubescents et de chènes icrts	
			1979	bJ (R)*	2 mai	122	/	/	/	/	&" : 8	
			1980	b5 (R)*	29 avril	120	/	/	/	/	A" : 17	
			1981	b5 (R)*	19 avril	109	/	/	/	/	A < : 27	
			1979-81		27 avril	117						

ESPÈCE	LOCALISATION (Reyion, département, forêt. )	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	STADE	DÉBOURREMENT		SENESCENCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	R.F.F	
					DATES CALENDAIRES	SS	STADE	DATES				JJ
	Alt. 550 m									Exposition sud Pin de diènes pubescent* et de chênes verts. A « : 13 A " : 19		
			1979	b5(R)*	5 mai	125	/	/	/			
			1980	b5(R)*	29 avril	120	/	/	/			
			1979-80		2 mai	122						
	Alt. 800 m									Exposition sud Pm de chênes pubescents et de chênes verts A " : 10 A * : 20 A " : 27		
			1979	b5(R)*	12 mai	132	/	/	/			
			1980	b5(R)*	9 mai	130	/	/	/			
			1981	b5(R)*	23 avril	113	/	/	/			
			1979-81		5 mai	125						
	Alt. 1000 m									Exposition: sud Pni de chênes pubescents (majoritaires) et de chênes verts. A": 13 A * : 18		
			1979	b5 (R)×	17 mai	137	/	/	/			
			1980	b5 (R)*	17 mai	138	/	/	/			
			1979-80		17 mai	137						
	Alt. 1150 m									Exposition: sud Pp de chênes pubescents A « : 14 A * : 15		
			1979	b5(R)'	25 mai	145	/	/	/			
			1980	b5 (R)*	2 juin	154	/	/	/			
			1979-80		29 mai	149						
	Alt : 1250 m									Exposition: sud Pp de chênes pubescents A * : 11 <b>A * : 14</b>		
			1979	b5 (R)*	29 mai	149	/	/	/			
			1980	b5 (R)'	6 juin	158	/	/	/			
			1979-80		2 juin	153						
	Alt: 1350 m									Exposition: sud Pp de chênes pubescents A»»: 9		
			1979	b5 (R)*	30 mai	150	/	/	/			
	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	C.N.R.F. Champenoux Jardin botanique Alt.: 250 m.	7							Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs. d'arbres au stade arbusif	6	
			1976	b5(R)	2 avril	93	/	/	/			
			1977	b5(R)	25 mars	84	/	/	/			
			1978	b5(R)	25 avril	115	/	/	/			
			1979	b5(R)	8 mai	128	/	/	/			
			1980	b5(R)	18 avril	109	/	/	/			
			1976-80		15 avril	105.8						
						o: 17,5						
Chêne pédoncule ( <i>Quercus robur L.</i> )	CENTRE (Loiret, Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt.: 150 m	2							Exposition, sommet d'un plateau	28	
			1876	Fe	/	/	CF partielle	18 novembre	323	/		
			1881	Fe	19 avril	109	/	/	/	/		
			1885	Fe	23 avril	113	/	/	/	/		
	BOURGOGNE	Vallée de la Saône et affluents	6	np	np	20 mars-10 avril	79-100	/	/	/	Débourremani plus tardif en plaine inondable	25
			1994	np	np	1 avril-15 avril	91-105	/	/	/		
			np	np	np	*chêne de juin: à partir de ta 1ère semaine de mai	121-127	/	/	/		
		Bresse	13	np	np	1ère quinzaine d'avril	91-104	/	/	/	Débour. Hôl que chêne sessile	
		Nord Yonne: Champagne crayeuse, Pays d'Olhe, Gâtinais, Champagne humide.	2	np	np	3ème semaine d'avril	105-111	/	/	/	aucune	
	NORD LIMOUSIN (Haute-Vienne)	Limoges, Basse-Marche (donc en plaine).	23	1994	np	3ème semaine d'avril.	105-111	/	/	/	aucune	25

ESPÈCE	LOCALISATION (Région, département, forêt, )	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	STADE	DÉBOURREMENT DATES CALENDAIRES	JJ	SÈNEESCENCE STADE	DATES	JJ	SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
	<b>Auvergne</b>	Nord du département de l'Allier (bocage bourbonnais, Sologne bourbonnaise, forêt de Tronçais )	II	np	15 mars-25 avril Dates incluant les observations sur chênes sessiles	74-115	/	/	/	/	Variations semblant plus stationnelles que spécifiques pour une même année le chêne pédoncule débourre plus vite que le sessile car il est souvent en lisière ou plus isolé Chênes âgés/débour plus tard que semis cl yauhs	25
	<b>Rhône-Alpes</b> (Ain)	13	np	np	15 avril	105	CF	15/10V	319	21-1	aucune	26
	<b>Rhône-Alpes</b> (Savoie)	26	np	np	10 mai	130	CF	15oct	288	158	aucune	26
	<b>Centre</b> (Indre)	11	np	np	10-20 avril	100-110	CF	5-15 nov	309-319	209	aucune	24
	<b>Aquitaine</b> (Landes)	Forêt de Laveyron Alt: 97-140 m	16									
			1973	b5(R)*	20 avril	110	/	/	/	/	Observations réalisées	5
			1974	b5(R)*	02 avril	92	/	/	/	/	dans une chênaie de fond de vallée:	
			1975	b5(R)*	07 avril	97	/	/	/	/	peuplement de chêne pédoncule fermé	
			1976	b5(R)*	8 avril	99	/	/	/	/	Structure F, Age 150 ans.	
			1977	b5(R)*	22 mars	81	/	/	/	/	Obs sur 500m <sup>2</sup> environ	
			1978	b5(R)*	5 avril	95	/	/	/	/	* dates de débour seuil 50% d'arbres	
			1979	b5(R)*	12 avril	102	/	/	/	/	au stade b5	
			<b>1973-79</b>		6 avril	96	si moyen où les feuilles=jaunes			<b>225</b>	Lg moy de la période de débour.	
						o: 9					de 73 à 79 (75 et 77 exceptées) 24 j	
											1975 période de débour. de 49j (gel)	
											1977 période de débour de 56 j (gel)	
	<b>Lorraine</b> (Meurthe et Moselle)	Forêt de Champenoux Alt 237 m	7									
			1990	b5(R)	8 mai	128	/	/	1	1	Age: 15 ans	2
			(1991)	b5(R)	(21 mai)	(141)	/	1	1	1	Obs sur 10 arbres d'une parcelle	
			1992	b5(R)	12 mai	133	/	1	1	1	1991 gelée au printemps (accident)	
			1993	b5(R)	4 mai	124	/	1	1	1	La date moyenne de débour. ne prend pas en compte l'année 1991.	
			<b>1990-93</b>		8 mai	128						
						o: 4						
	<b>Champagne-Ardenne</b> (Aube)	Forêt de Larivour CHP 10 Alt 115 m	2									
			1997	Renecofor	7 avril (90%)	97	Renecofor	27 oct (90%)	300	/	Essence principale	27
			1908	Renecofor	20-27 avril	110-117	Renecofor	28 sept-5 oct	271-278	168	Exposition plat	
			1999	Renecofor	12-26 avril	102-116	Renecofor	4-18 oct	277-291	189	Structure TSF.	
			<b>1997-99</b>		16-20 avril	106-110		1-16 oct	274-289	178	Age en 1997 137 ans	
						o: 6-11			a: 4-11	a: 15		
	<b>Aquitaine</b> (Landes)	Forêt de Gamarde CHP 40 Alt 20 m	16									
			1997	Renecofor	17-24 fév	48-55	Renecofor	27 oct-10 nov	300-314	266	Essence principale	27
			1998	Renecofor	23-30 mars	82-89	Renecofor	26 oct-16 nov	2W-320	238	Exposition nord-est.	
			1999	Renecofbr	22-29 mars	81-88	Renecofor	15-22 nov	319-326	245	Structure: F	
			<b>1997-99</b>		11-18 mars	70-77		2-16 nov	306-320	250	Age en 1997 49 ans	
						a: 19-19			a: 11-6	a: 15		
	<b>Pays de la Loire</b> (Maine-et-Loire)	Forêt de Monnaie CHP 49 Alt 57 m	10									
			1997	Renecofor	/	/	Renecofor	13oct-3 nov	286-307	/	Essence principale	27
			1998	RenecoFor	30 mars-27 avril	89-117	Renecofor	12-26 oct	285-299	210	Exposition sud-ouest	
			1999	Renecofor	22-29 mars	81-88	Renecofor	11 oct-1 nov	284-305	224	Structure F	
			<b>1997-99</b>		26mars-12avril	85-102		12-30 oct	285-303	217	Age en 1997 73 ans.	
						o: 6-20			a: 1-4	a: 10		
	<b>Lorraine</b> (Meuse)	Forêt de Haudronville CHP 55 Alt 220 m	6									
			1997	Renecofor	5-12 mai	125-132	Renecofor	20 oct-3 nov	293-307	182	Essence principale	27
			1998	Renecofor	20-27 avril	110-117	Renecofor	28 sept-12 oct	271-285	175	Exposition plat	
			1999	Renecofor	19 avril	109	Renecofor	11-25 oct	284-298	189	Structure TSF	
			<b>1997-99</b>		24-29 avril	114-119		9-23 oct	282-296	182	Age en 1997 103 ans	
						o: 9-12			a: 11-1	a: 7		
	<b>Nord-Pas de Calais</b> (Nord)	Forêt de Mormal CHP 59 Alt: 149 m	2									
			1997	Renecofor	21-28 avril	111-118	Renecofor	15-29 sept	258-272	161	Essence principale	27
			1998	Renecofor	20-27 avril	110-117	Renecofor	28 sept-5 oct	271-278	168	Exposition plat	
			1999	Renecofor	19-26 avril	109-116	Renecofor	11-18 oct	284-291	182	Structure F	
			<b>1997-99</b>		20-27 avril	110-117		28 sept-7 oct	271-280	170	Age en 1997 73 ans.	
						o: 1-1			a: 13-1	o: 11		

ESPÈCE	LOCALISATION		CONTENUE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOIRREMKNT		SÈNESCENCE			OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF		
	(Region, département, forç, ...)				STADE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE	DATES			JJ	
MIDI-PYRENEES (Hautes-Pyrénées)	Forêt d'Azereix CHP 65 Alt : 370 m	18	1997	Renecofor	/	/	Renecofor	22 sept- M oct	265-286	/	Essence principale Exposition sud-est Structure: F Age en 1997: 57 ans.	27	
			1998	Renecofor	30 mars- 17 avril	89-103	Renecofor	21 sept-12 ocl	264-285	196			
			1999	Renecofor	5-26 avril	95-116	Renecofor	27 sept-25 oct	270-298	203			
			1997-99		2.19 avril	92-109		23 sept-16 oct	266-289	199			
									a: 3-7	a: 5			
KRANCHE-COMTE (Haute-Saône)	Forêt d'Anjeux CHP 70 Alt: 240 m	6	1997	Renecofor	21-28 avril	111-118	Renecofor	29 sept-20 ocl	272-293	182	Essence principale Exposition: plat Structure: F. Age en 1997: 38 ans	27	
			1998	Renecofor	20 avril-4 mai	110-124	Renecofor	21 sept-26 oct	264-299	189			
			1999	Renecofor	26 avril-10 mai	116-130	Renecofor	M-25 oct	284-298	182			
			1997-99		22 avril-4 mai	112-124		30 sept-23 oct	273-296	184			
									a: 10-3	o: 4			
BOURGOGNE (Saône et Loire)	Forêt de Pourlans CHP 71 Alt: 190 m	12	1997	Renecofor	7 avril-12 mai	97-132	Renecofor	13-27 ocl	286-300	203	Essence principale Exposition: plat Structure: F Age en 1997: 70 ans	27	
			1998	RenecoFor	6 avril-11 mai	96-131	Renecofor	28 sept-2 nov	271-306	210			
			1999	Renecofor	5 avril-17 mai	95-137	Renecofor	4 oct-15 nov	277-319	224			
			1997-99		6 avril-13 mai	96-133		5 oct-4 nov	278-308	212			
									a: 7-10	o: 11			
BELGIQUE	Virelles-Blaimont Alt :245 m	/	1965	Demi-Fe	20 mai	140	Demi-J	24 oct	297	157	Obs réalisées dans une chênaie-hêtraie-charmaie calcicole dominante de la strate arborescente	14	
				Fe complète	25 mai	145				152			
			1966	Demi-Fe	17 mai	137	Demi-J	24 ocl	297	160			
				Fe complète	23 mai	143				154			
			1965-66	Demi-Fe	18 mai	138	Demi-J	24 oct	297	159			
				Fe complète	24 mai	144				153			
ANGLETÈRE	Ashtead, Surrey	/	40 ans	b5 (R)	22 avril	112	/	/	/	/	aucune	20	
			(entre 1947 et 96)										
			* précoce		27 mars (1990)	86		/	/	/			
			+ tardif		9 mai (1954)	129		/	/	/			
Chêne pyramidal (variété de chêne pédoncule) ( <i>Quercus fastigiata</i> LamJ)	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt: 150 m	2	1885	Fe	11 avril	101	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau	28
Chêne liège ( <i>Quercus suber</i> L.)	CENTRE (Loiret , Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt.: 150 m	2	1885	Fe	26 avril	116	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau	28
Chêne tauzin ( <i>Quercus pyrenaica</i> Willd.)	CENTRE (Loiret; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt : 150m	2	1881	Fe	26 avril	116	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau	28
				1885	Fe	1 mai	121	/	/	/	/		

ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÈNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
	(Région, département, forêt...)		CLIMATIQUE		STADE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE	DATES	JJ			
Erable champêtre ( <i>Acer ctwipé/trc L.</i> )	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Banes Alt 150 m	2	1876	Fe	f	;	CF	10-H novembre	315-322	f	Exposition sommet d'un plateau	28
				1885	Fe	19 avril	109	/	/	/	/		
	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	C N R.F. Champenoux Jardin botanique Alt 250 m	7	1976	R	2 avril	95	Rougissement	22oct	296	203	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt Obs d'arbres au stade arbuslir	6
1977				R	11 mars	70	fin CF	19nov	324	231			
1978				R	28 mars	87	fin CF	8 nov	312	242			
1979				R	21 mars	80	début J	24oct	297	210			
				R	28 mars	88	fin CF	21 nov	325	238			
1980				R	28 mars	88	début J	12oct	285	205			
				1976-80		24 mars	83,6 a: 8,9	finCF	23 nov	327	243,4 a: 10,84 a: 11,12		
<i>Acer (canipestre?)</i>	ANGLETERRE	Norfolk	f	104 ans	Feuilles de forme rec	19 avril	109	/	f	f	f	aucune	19
				(entre 1736 et 1947)									
				+ précoce		12 mars	71	/	f	f	f		
				+ tardif		20 mai	140	/	f	f	f		
				1926	Feuilles de forme rec	4 avril	94	/	f	f	f		
				1927	idem	4 avril	94	/	f	f	f		
				1928	idem	12 avril	103	/	f	f	f		
				1929	idem	13 mai	133	/	f	f	f		
				1930	idem	2 mai	122	/	f	f	f		
				1931	idem	17 mai	137	/	f	f	f		
				1932	idem	/	/	/	f	f	f		
				1933	idem	/	/	/	f	f	f		
				1934	idem	16 mai	136	/	f	f	f		
				1935	idem	11 mai	131	/	f	f	f		
				1936	idem	17 mai	138	/	f	f	f		
				1937	idem	20 mai	140	1	f	f	f		
				1938	idem	/	/	1	f	f	f		
				1939	idem	30 avril	120	1	f	f	f		
				1940	idem	4 mai	125	1	f	f	f		
				1941	idem	14 mai	134	1	f	f	f		
				1942	idem	20 avril	MO	1	f	f	f		
				1943	idem	13 avril	103	1	f	f	f		
				1944	idem	23 avril	114	1	f	f	f		
				1945	idem	12 avril	102	1	f	f	f		
				1946	idem	19 avril	109	1	f	f	f		
				1947	idem	30 avril	120	1	f	f	f		
				1926-47		29 avril	119						
							o: 15						
				+ précoce		4 avril (1926, 27)	94	1	f	f	f		
				+ tardif		20 mai (1937)	140	1	f	f	f		

ESPECE	LOCALISATION		CONTEXTE	ANNÉES	DÉBOIRREMENT			SÉNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF	
	Region, département, libré. . .	LOCALISATION			CLIMATIQUE	STADE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE	DATES				JJ
Erable lit Mnnpcllk'r (Acer <i>monspesatum L.</i> )	POLOGNE	Arbordlitni Kotnik	/	1953	R	14, n	KM	Ma\ de color automn	22 ocl	295	191	aucune	3	
				195-1	R	12 mai	132	Max. de color aillomn.	CF	20 ocl-2 iun	293-3(16)			202
				1955	R	7 mai	127	Max. de color aillomn.	CF	26 ocl	299			K7
				1956	R	7 mai	127	Max. de color aillomn.	CF	5 ocl-2 Hoi	278-306			174
				1957	R	13 mai	134	Max. de color anlomm.	CF	2 nov	306			179
				1957	R	13 mai	134	Max. de color anlomm.	CF	28 ocl-19 noi	3111-323			196
				1957	R	30 avril	120	Max. de color, aillomn.	CF	24 ocl	29*			164
				1957	R	30 avril	120	Max. de color, aillomn.	CF	20-31 ocl	294-3(15)			171
				1957	R	30 avril	120	Max. de color, aillomn.	CF	14 ocl	287			167
				1957	R	12 mai	132	Max. de color, automn.	CF	14-29 ocl	287-302			182
				1957	R	12 mai	132	Max. de color, automn.	CF	1 Koct	291			159
				1957	R	26 avril	116	Max. de color anlomm.	CF	25 ocl-28 noi	298-322			200
				1960	R	4 mai	125	Max. de color, automn.	CF	19 ocl	292			176
				1960	R	4 mai	125	Max. de color, automn.	CF	19-28 ocl	292-301			ISS
1961	R	N avril	104	Max. de color, automn.	CF	20 ocl	294	169						
1961	R	N avril	104	Max. de color, automn.	CF	22 ocl-3 nov	296-30*	l>3						
1962	R	23 avril	113	Max. de color, automn.	CF	25 ocl	298	194						
1962	R	23 avril	113	Max. de color, automn.	CF	15 ocl-II nov	288-315	211						
1962	R	23 avril	113	Max. de color, automn.	CF	30 scpl	273	160						
1962	R	23 avril	113	Max. de color, automn.	CF	10 ocl-2 nov	283-306	193						
1953-62		1 mai	121	Ma\ de color, automn.	n: II	20 ocl	293	172						
							a: 9	o: 12						
						ISocl-6nov	291-311)	l>9						
							a: 7-10	n: 13						
Erabk plalunt; (Acer <i>platanoides L.</i> )	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Ail.: 1511m	2	1881	Fc	13 avril	103	f	f	f	f	Exposition : sommet d'un plateau.	28	
				1185	Fc	7 avril	97	f	f	f	f			
	LORRAINE (Mcunlic cl Moselle)	C.N.R.F Chainpoux Jardin botanique Al: 250m .	7	1976	R	6 avril	97	J	1 ocl	275	178	Le jardin botanique est siluc en lisière d'une forêt Obs d'arbres au stade arbuslif	6	
				1977	R	11 >200	70	J	22 ocl-5 nov	296-310	213			
				1978	R	4 avril	94	finCF	18 ocl	291	221			
				1978	R	4 avril	94	débulJ	1 nov	312	242			
				1979	R	18a vril	108	débutJ	3 ocl	276	182			
				1979	R	18a vril	108	finCF	24 ocl	297	203			
				1980	R	4 avril	95	débutJ	21 sept	264	156			
				1980	R	4 avril	95	HnCF	26 ocl	299	191			
1980	R	4 avril	95	J	17-31 ocl	291-305	210							
1980	R	4 avril	95	CF	31 ocl-14 noi	305-319	224							
1976-80		2 avril	92.*	fin CF	3 nov	307.4	2M.6							
			a: 13.92			0: 9.24	a: 19.58							
Erable lit Mnnpcllk'r (Acer <i>monspesatum L.</i> )	POLOGNE	Arbordlum Komik	/	1953	R	2 avril	92	Max. de color automn.	16 ocl	289	197	aucune	3	
				1954	R	6 mai	126	Max. de color automn.	CF	28 scpt-30 ocl	271-3(13)			211
				1955	R	1 mai	121	Max. de color, aillomn.	CF	21 oct	293			167
				1955	R	1 mai	121	Max. de color, aillomn.	CF	U ocl-12 m*	281-316			190
				1956	R	6 mai	127	Max. de color, aillomn.	CF	10 nov	314			193
				1956	R	6 mai	127	Max. de color, aillomn.	CF	21) ocl-17 noi	293-321			200
				1957	R	6 mai	127	Max. de color, aillomn.	CF	25 oct	299			172
				1957	R	24 avril	114	Max. de color automn.	CF	18-31 oct	292-305			178
				1957	R	24 avril	114	Max. de color automn.	CF	19 ocl	292			178
				1957	R	24 avril	114	Max. de color automn.	CF	10 ocl-5 noi	283-309			195
				1957	R	6 mai	126	Max. de color autonin	CF	30 ocl	303			177
				1959	R	22 avril	112	Max. de color, automn.	CF	16 OCl-15 nov	259-319			193
1959	R	22 avril	112	Max. de color, automn.	CF	26 ocl	299	187						
1959	R	22 avril	112	Max. de color, automn.	CF	14 ocl-6 noi	287-311	(98)						
1960	R	3 mai	124	Max. de color automn.	CF	28 ocl	302	178						
1960	R	3 mai	124	Max. de color automn.	CF	20 ocl-7 noi	294-312	IK8						
1961	R	15 avril	105	Max. de color automn.	CF	16 ocl	289	l>4						
1961	R	15 avril	105	Max. de color automn.	CF	9-26 ocl	282-299	194						
1962	R	15 avril	105	Max. de color, automn.	CF	17 ocl	290	185						
1962	R	15 avril	105	Max. de color, automn.	CF	29 scpl-7 noi	272-311	206						
1953-62		25 avril	115	Max. de color, automn.	n: 12	24 ocl	297	182						
							a: 8	r>: 9						
						CF	12 ocl-6 noi	285-310	195					
							n: 8-7	a: 9						

ESPÈCE	LOCALISATION (Region uUp.iriieiiicil roièl )	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBODRREMENT STADII	DÉBODRREMENT DATES CALENDRAIR.F.S	JJ	SÉNESCENCE STADE	SÉNESCENCE DATES	SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	Rff	
Er-tite No-g-morc '(Acer ulopitidinis L.)	C1NTRI' (Loirci : Nopéiii-snr-Yaiiissoii)	Domaine forciicr des Barres. Alii 150 in	2 1 8 X 5	IXSI Fe Vc	IJ avril .1 ilril	104 9 1	/ /	/ /	// /	Evposiioir soniincl d'un pl;ic;m.	2H	
LORRAINE (Mcurhc cl Moselle)	C N R F Champenois Jardin botanique Alii 250li1.	7	1977 1978 1979 1980	R R R R	2 ilril 21 avril 4 il rit 27 niars	91 111 94 86	J CF J Tn CF dêbul J Tn CF	1 ocl S ocl-19 ill» Joel 8no* .124 ocl 21 nov 12 ocl 9ii oi 17-24 oct 28 nov	275 2X2-124 211 277 112 201 276-297 125 2H 285 111 227 291-298 189 1.11 224	ic iaidin botanique est situé ent lisière d'une forci Obs. d'arbres an siad arbuslif	1	
			1977-80		8a\iril	98.6 a: 10.9	Tn CF	17 nov	121.4 n: 8.8	222. V. a: 12.5		
	ANGLETERRE Norfolk		1947-47		1947-47	29j.iii 4 mai						
			1924-1947		1924-1947	4 murs 2 nuis 1.1 IK murs 11 liWS 2 avril 1 :ril 20 mars 19 mars 11 :vril 17 niars 86 92 29 20 mars 19 mars 11 :vril 17 niars 86 92 39 jjin* 8 li.1is 2 .uril » avril 0 m ril 27 mars 2* mars 10 mars 21 mars 13 avril 25 mars	47 67 78 90 92 91 80 78 101 76 86 92 29* C7 91 98 99 H6 SA 69 80 101 84 n: 12					
			1924-1947		1924-1947	29j.m(1918) 11 il ril (1947)						
	POLOGNE Arboretum Korzik		1951-1962		1951-1962	1 avril 14 mai 4 mai K m,ii 5 mai 10 mai 1 mai 7 mai 14 avril 22 jn ril	91 114 124 129 125 110 121 128 101 112	Ma\ de color ilioiill CF Mas de color ailomn. CF Max de color automn CF Ma\ de color ailomn. CF Ma\ de color ailomn. CF M;i\ de color ailomn. CF Max. de color ailomn CF Max. de color ailomn CF Max de color aitonm. CF Max. de color ailomn CF	15 sept-17 oct 2H scpl-25 ocl 21 scpl-25 oct 2<vM)JK 20 scpl-2-1 ocl 264-29« 26 sept-Wool 269-292 12 ocl-1Onov 285-114 4-26 oci 277-299 20 scpt-28 ocl 264-102 M o d 7 oci-1 nov 280-107 13 ocl 29H 21 scpt-24 ocl 264-297	199 164 174 169 167 184 178 174 182 201 176 185		
			1951-62		1951-62	121 n: 14	Max de color automn. CF	14 ocl 27scpt-27ocl	287 n: 1 a: 4 180 n: S-7 n: 13			

\*Les dates s'agissent de la date de la dernière observation  
s'agissant d'une erreur

ESPECE	LOCALISATION (Region département forêt )		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÉNESCENCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF	
					STADE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE	DATES				
MniTomiiic d'Inde (Aaahia hippocitMimul.)	CENTRE (Loiret . Nogent-sur-Vcniisson)	Don. fine forc.vlier des Banes Alt.: 1511 m	2	1873	Pc	/	/	CF	14 novembre	318	/	Exposition sommet d'un plateau	28
				IS 76	Fc	/	/	CF	9novembre	314	/		
				1881	Fc	1 avril	91	/	/	/	/		
				18*?	Fc	14 avril	104	/	/	/	/		
ANGLETERRE	Norfolk	/	162 ans (entre 1736 et 1947)	Feuilles de forme rec.	4 avril	94	/	/	/	/	aucune	19	
			+ précoce		3 mars	62	/	/	/	/			
			^ tardif		2 mai	122	/	/	/	/			
			1926	Feuilles de forme rec.	21 mars	50	/	/	/	/			
			1927	idem	27 mars	86	/	/	/	/			
			1928	idem	28 mars	83	/	/	/	/			
			1929	idem	2 avril	92	/	/	/	/			
			1931	idem	8 avril	98	/	/	/	/			
			1931	idem	9 avril	99	/	/	/	/			
			1932	idem	1(1 avril	101	/	/	/	/			
			1933	idem	29 mars	88	/	/	/	/			
			1934	idem	1(1 avril	110	/	/	/	/			
			1935	idem	25 mars	84	/	/	/	/			
			1936	idem	30 mars	90	/	/	/	/			
			1937	idem	12 avril	1(12	/	/	/	/			
			1938	idem	21 mars	80	/	/	/	/			
			1939	idem	6 avril	96	/	/	/	/			
			1940	idem	3 avril	94	/	/	/	/			
			1941	idem	17 avril	107	/	/	/	/			
			1942	idem	10 avril	100	/	/	/	/			
			1943	idem	1 avril	91	/	/	/	/			
			1944	idem	9 avril	100	/	/	/	/			
			1945	idem	22 mars	81	/	/	/	/			
			1946	idem	12 avril	102	/	/	/	/			
			1947	idem	13 avril	103	/	/	/	/			
			1926-47		4 avril	94							
						o: 8							
			-1 précoce		21 mars (1926. 3»/	m	/	/	/	/			
			+ tardif		17 avril (1941)	107	/	/	/	/			
ANGLETERRE	Ashtead Surrey	/	47 ans (entre 1947 et 96)	R	26 mars	85	/	/	/	/	aucune	20	
			+précoce		13fcv(1990)	44							
			+tardif		17 avril (1970)	107							
POLOGNE	Arboretum KoniW	/	1953	R	30 mars	89	Max. de color. automn.	22oct	295	206	aucune	3	
			1954	R	30 avril	120	Max de color auloinn	6 oct-2 nov	279-306	217			
			1955	R	28 avril	118	Max de color automn.	10 oct	283	163			
			1956	R	26 av rit	117	Max de color atitonin.	15 oct-5 no\	288-309	189			
			1957	R	5 avril	95	Max de color. automn	27 oct	300	182			
			1958	R	26 avril	116	Max de color aulomn	22 oct-2 nov	295-306	188			
			1959	R	5 avril	95	Max de color automn	18 oct	292	175			
			1960	R	12 avril	103	Max de color. automn.	18-28 oct	292-302	185			
			1961	R	4 avril	94	Ma.v de color automn	12 oct	285	190			
			1962	R	13 avril	103	Max de color automn.	10-26 oct	283-299	204			
							CF	15oct	291	175			
							CF	16 oct-5 no\	289-309	193			
							CF	/	/	/			
							CF	4 oct-6 Flov	277-310	211			
							CF	7 nov	312	209			
							CF	16 oct (début)	290	/			
							CF	13ocl	286	192			
							CF	9 oct-3 nov	282-307	213			
							CF	17 oct	290	187			
							CF	5 oct-5 no\	278-309	206			
			1953-62		15 avril	105	Max de color automn.	20oc1	292	187			
						o: 12			o: 9	o: 15			
							CF	12 oct-2 nov	285-306	201			
									et: 6-4	o: 13			

ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÉNESCENCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF	
	Région administrative	Localité			STADE	DATE	STADE	DATE	DATE				DATE
<i>Aianthus glandulosus</i> (L.) DC.	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine de la Mairie des Bâches Alt. : 150 m	2	1871	Fc	/	/	CF	14 novembre	US	/	Exposition : sommet d'un plateau	2K
<i>Aulus glandulosus</i> (L.) DC.	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine de la Mairie des Bâches Alt. : 150 m	2	1881, 1885	Fc	/	/	CF	21 novembre	124	/	Exposition : sommet d'un plateau	2K
<i>Abutilon</i> (L.) DC.	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine de la Mairie des Bâches Alt. : 150 m	2	1871	Fc	/	/	CF	21 novembre	124	/	Exposition : sommet d'un plateau	2K
<i>Epinephila</i> (L.) DC.	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine de la Mairie des Bâches Alt. : 150 m	2	1885	Fc	1 avril	91	/	/	/	/	Exposition : sommet d'un plateau	2K
<i>Betula</i> (L.) DC.	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine de la Mairie des Bâches Alt. : 150 m	2	1881	Fc	4 avril	91	/	/	/	/	Exposition : sommet d'un plateau	2K
<i>Betula</i> (L.) DC.	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine de la Mairie des Bâches Alt. : 150 m	2	1881	Fc	12 avril	102	/	/	/	/	Exposition : sommet d'un plateau	2K
<i>Betula</i> (L.) DC.	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine de la Mairie des Bâches Alt. : 150 m	2	1881	Fc	22 mars - 5 avril	81-95	/	/	/	/	Première essence du sol - élève Exposition : pluri	27
<i>Betula</i> (L.) DC.	BOURGOGNE (Yonne)	Forêt de Pontigny PSS- Alt. : 120 m	2	1898, 1999, 1978-99	Renecolor	6-13 avril 5-12 avril 5-12 avril	96-103 95-102 95-102	/	/	/	/	Première essence du sol - élève Exposition : pluri	27
<i>Betula</i> (L.) DC.	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine de la Mairie des Bâches Alt. : 150 m	2	1871	Fc	/	/	CF	27 novembre	311	/	Exposition : sommet d'un plateau	2K
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	164 ans (cuire 17.16 Cl 1947)	Feuilles de foncec	5 avril	95	/	/	/	/	aucun	19
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	+ précoce	Feuilles de foncec	1 mars	M	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	+ tardif	Feuilles de foncec	7 mai	127	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1920	Feuilles de foncec	21 mars	100	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1927	idem	4 avril	94	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1928	idem	29 mars	100	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1929	idem	12. MH	102	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1910	idem	25 avril	115	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1911	idem	25 avril	111	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1912	idem	2 mai	121	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1911	idem	7 avril	97	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1934	idem	21 avril	111	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1915	idem	8 avril	98	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1916	idem	7 avril	98	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1917	idem	13 mai	104	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1918	idem	29 mars	107	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1939	idem	11 avril	104	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1940	idem	25 avril	116	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1941	idem	7 mai	127	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1942	idem	21 avril	111	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1941	idem	11 mai	100	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1944	idem	11 avril	104	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1945	idem	2 avril	92	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1946	idem	11 avril	111	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1947	idem	26 avril	116	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	1926-47	idem	14 avril	104	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	+ précoce	Feuilles de foncec	21 mai (1926. 2*)	80	/	/	/	/		
<i>Betula</i> (L.) DC.	ANGLETERRE	Norfolk	/	+ tardif	Feuilles de foncec	7 mai (1941)	127	/	/	/	/		

ESPECE	LOCALISATION		CONTEXTE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÉNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
	(Région, département, foïèl. )				CLIMATIQUE	STADE	DATES C'AL.HNDA1RI-S	JJ	STADE	DATES			
Buis toujours vert ( <i>Ilxiiis lentpvcvircn* L.</i> )	CENTRE (Loiret : Noyent-sur-Vernisson)	Domaine forscleii des Bancs All: 150 m	2	1885	Fe	1 avril	91	/	/	/	/	Exposition : sonimel d'un plateau	28
Charme ( <i>Curpinu* kelulm L.</i> )	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt: 150 m	2	1873 1875 1876 1881 1885	Fe Fe Ee Fe Fe	/ / / 3 avril 11 avril	/ / / 93 101	/ CF CF /	19 novembre 15 octobre 10-20 novembre	323 288 315-325	/ / / / /	Exposition: sommet d'un plateau	28
	BRETAGNE (Finistère)	Forêt de Camoel HET29 Alt.: 50 m	9	1997	Renecofor	31 mars-14 avril	90-104	Renecofor	15-22 sept	258-265	175	Première essence du sous-étage Exposition: plat	27
	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Forêt de Haye HET 54b Alt: 390 m	6	1998	/	/	/	Renecofor	21-28 sept	264-271	/	Première essence du sous-étage Exposition: plat	27
	LORRAINE (Meuse)	Forêt de Lachalade HET 55 Alt. 250m	6	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	31 mars-28 avril 30 mars-20 avril 19-26 avril 6-24 avril	90-118 89-110 109-116 96-114 o 11-4	Renecofor Renecofor Renecofor	20-27 ocl 26 oct-2 nov 1-15 nov 26 oct-4 nov	293-300 299-306 305-319 299-308	210 217 210 212 a 4	Première essence du sous-étage. Exposition plat	27
	RHONE-ALPES (Ain)	Forêt de Seillon CHS 01 Alt.: 260 m	13	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	/	/	Renecofor Renecofor Renecofor	13-27 oct 28 sept-5 oct 4-18 oct 5-16 oct	286-300 271-278 277-291 278-289	/ 196 217 207 a: 7-11 o 15	Première essence du sous-étage Exposition plat	27
	AUVERGNE (Allier)	Forêt de Tronçais CHS 03 Alt: 260 m	11	1997 1998 1997-98	Renecofor Renecofor	17mars-7avril 23 mars (10%) 20mars-7 avril	76-97 82 79-97 o 4	Renecofor Renecofor	20ocl-3nov /	293-307 /	2J1 /	Première essence du sous-étage. Exposition plat	27
	BOURGOGNE (Côte d'Or)	Forêt de Citeaux CHS 21 Alt. 220 m	6	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	17-31 mars 16-23 mars 15-29 mars 16-27 mars	76-90 75-82 74-88 75-86 o: 1-4	Renecofor Rtnecofor Renecofor	13 oct-3 nov 28 sept-12 ocl 11-18 oct 7-21 ocl	286-307 271-285 284-291 280-294	231 210 217 219 a: 8-11 o: 11	Première essence du sous-étage Exposition plat	27
	LORRAINE (Moselle)	Forêt d'Amelecourt CHS 57a Alt : 315 m	7	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	/	/	Renecofor Renecofor Renecofor	13-20 ocl 12-19 OCl 11-25 ocl 12-21 oct	286-293 285-292 284-298 285-294	/ 210 210 210 o 1-3 o: 0	Première essence du sous-étage. Exposition nord-est	27
	PICARDIE (Oise)	Forêt de Hez-Froidmont CHS 60 Alt.: 55 m	2	1997 1998 1997-98	Renecofor Renecofor	24-31 mars 20 avril 6-10 avril	83-90 110 96-100 o 19-14	Renecofor Renecofor	13-20 ocl 26 oct-2 nov 19-26 oct	286-293 299-306 292-299	210 196 203 a: 9-9 cr: 10	Première essence du sous-étage Exposition plat	27
	ALSACE (Haut-Rhin)	Forêt de la Hardt CHS 68 Alt 256 m	8	1998 1999 1998-99	Renecofor Renecofor	30 mars 5-12 avril 2-5 avril	89 95-102 92-95 o. 4-9	Renecofor Renecofor	28 sept-5 oct 13sept-4oci 20 sept-4 ocl	271-278 256-277 263-277	189 182 185 o: 11-1 n:5	Première essence du sous-étage Exposition: plal	27
	MIDI-PYRENEES (Tam)	Forêt de Grésigne CHS81 Alt.:300 m	25	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	14-21 avril 16-23 mars 15-29 mars 25 mars-3 avril	104-111 75-82 74-88 84-93 a: 17-15	Renecofor Renecofor Renecofor	8-29 sept 5-19 ocl 20 sept-4 ocl 21sept-7ocl	251-272 278-292 263-277 264-280	168 217 203 196 o 13-10 o 25	Première essence du sous-étage Exposition sud-est	27
	LORRAINE (Vosges)	Forêt de Damey CHS 88 Alt: 330 m	7	1997	Renecofor	7 avril-26 mai	97-146	Renecofor	29 sept-13 ocl	272-286	189	Première essence du sous-étage Exposition plat Gelées matinales Forte attaque chenilles cheimalobies et hibernies	27

ESPÈCE	LOCALISATION (Region, département, forêt...)	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÈNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF	
				STADE	DATES CALIF. NDAIRES	JJ	STADE	DATES	JJ				
PAYS DE LA LOIRE (Maine-et-Loire)	Forêt de Monnaie CHP 49 Alt 57 m	10	1997	/	/	/	Renecofo	29 sept-20 oct	272-293	/	Première essence du sous-étage Exposition sud-ouest	27	
			1998	Renecofoi	23 mars-20 avril	62-110	Renecofo	5-2boct	278-2-W	217			
			1999	Renecofo	15-22 mars	74-81	Renecofo	4-25 oct	277-298	224			
			1997-99		19 mars-5 avril	78-95		2-23 oct	275-296	220			
									a: 3-3	a: 5			
LORRAINE (Meuse)	Forêt de Iaudronville CHP 55 Alt: 220m	6	1997	Renecofo	31 mars-14 avril	90-104	Renecofo	13-27oct	286-300	210	Première essence du sous-étage Exposition plat	27	
			1998	Renecofo	23 mars-6 avril	82-96	Renecofo	14 sept-5 oct	257-278	196			
			1999	Renecofo	29 mars-5 avril	88-95	Renecofo	27sept-18oct	270-291	203			
			1997-99		27 mars-8 avril	86-98		28sept-16oct	271-289	203			
									a: 14-11	o: 7			
NORD-PAS DE CALAIS (Nord)	Forêt de Mormal CHP 59 Alt: 149 m	2	1997	Renecofo	31 mars-7 avril	90-97	Renecofo	22 sept-6 oct	265-279	189	Première essence du sous-étage Exposition plat	27	
			1998	Renecofo	16 mars	75	Renecofo	21 sept	264	189			
			1999	Renecofo	22-29 mars	81-88	Renecofo	6sept-11oct	249-284	203			
			1997-99		23-27 mars	82-86		16sept-2oct	259-275	193			
									a: 7-11	o: 9-10	a: 8		
FRANCHE-COMTE (Haute-Saône)	Forêt d'Anjeux CHP 70 Alt: 240 in	6	1997	Renecofo	7-21 avril	97-111	Renecofo	29sept-13oct	272-286	189	Première essence du sous-étage Exposition plat	27	
			1998	Renecofo	6-20 avril	96-110	Renecofo	14sept-12oct	257-285	189			
			1999	Renecofo	12-26 avril	102-116	Renecofo	18-25 oct	291-298	196			
			1997-99		8-22 avril	98-112		30sept-16oct	273-289	191			
									a: 17-7	a: 4			
BOURGOGNE (Saône et Loire)	Forêt de Pourlans CHP 71 Alt: 190 m	12	1997	Renecofo	31 mars-14 avril	90-104	Renecofo	6 oct (90%)	279	189	Première essence du sous-étage Exposition plat	27	
			1998	Renecofo	30 mars-6 avril	89-96	Renecofo	5-12 oct	278-285	196			
			1999	Renecofo	22-29 mars	81-88	Renecofo	18-25 oct	291-298	217			
			1997-99		27 mars-6 avril	86-96		9-14 oct	282-287	201			
									a: 9-10	o: 15			
ANGLETERRE	Norfolk	i	149 ans	Feuilles de forme rec	8 avril	98	/	/	/	/	aucune	19	
			(entre 17,16 et 1947)										
			+ précoce			Stév	39	/	i	i			i
			* tardif			7 mai	127	/	i	i			i
			1926	Feuilles de forme rec.	4 avril	94	/	i	i	i			
			1927	idem	25 mars	84	/	i	i	!			
			1928	idem	10 avril	101	;	i	i	/			
			1929	idem	19 avril	109	/	i	i	/			
			1930	idem	21 avril	111	i	i	i	/			
			1931	idem	21 avril	111	i	i	i	/			
			1932	idem	20 avril	111	i	i	i	/			
			1933	idem	5 avril	95	i	i	i	/			
			1934	idem	17 avril	107	i	i	i	/			
			1935	idem	14 avril	104	/	i	i	/			
			1936	idem	18 avril	109	i	i	i	/			
			1937	idem	27 avril	117	i	i	i	/			
			1938	idem	25 mars	84	i	i	i	/			
			1939	idem	10 avril	100	i	i	i	/			
			1940	idem	24 avril	115	i	i	i	/			
			1941	idem	1 mai	121	i	i	i	/			
1942	idem	21 avril	111	i	i	i	/						
1943	idem	11 avril	101	i	i	i	/						
1944	idem	16 avril	107	i	i	i	/						
1945	idem	30 mars	89	i	/	i	/						
1946	idem	7 avril	97	i	/	i	/						
1947	idem	25 avril	115	i	/	i	/						
1926-47		14 avril	104										
							a: 10						
+ précoce				25 mars (1927, 38)	84	i	i	i	/				
+ tardif				1 mai (1941)	121	i	i	i	/				



ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DEBOURREMENT		SÈNESCENCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF							
	(Region, département, Carte...)				STADE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE				DATES	JJ					
	POLOGNE	Arboretum Komik	/	1953	R	4 av. ril	91	Max. dc color. nitolui	26 oct	299	205	aucune	1					
				1954	R	7 mai	127	Mav dc color. automn.	/	/	/			1				
				1955	R	1 mai	121	Mav dc color. nitoniii	12 no\	516	195							
				1956	R	8 mai	129	Max dc color. autouin	25oct	299	170							
				1957	R	31. i. ril	120	Max. dc color. iiiiHonin	18-30 od	292-304	175							
				1958	R	(. mill	126	Max. dc color. aiiiomu.	28oci	301	175							
				1959	R	20 a mi	110	M. i. dc color. aiiioiui	1) ocl	292	182							
				1960	R	29 a. ril	120	Mav dc color. autontn	20 ocl	294	174							
				1961	R	12 avril	112	M. iv dc color. nitomn.	12 oct-7 no\	286-312	192							
				1962	R	14 in ril	109	Mav dc color. autonin	11 ocl	286	177							
									27 scpt-10 ocl	270-103	194							
							1951-62		2<avril	116 n: 12	Max. dc color. automn.			21 ocl	296	182		
							CF	12 oct-6 no\	285-110	11%								
									n: 8-9	n: 11								
Culipa commun (Catalpa bigtonoides Wall.)	CENTRE (Loiret. Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Birres. All. 150 m	2	1876	Fc	/	/	CF	9 novembre	114	/	Exposition sommet d'un plateau.	28					
Gaiac Niliunstre (Circis siliquesum L.)	CENTRE (Loiret. Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Birres. All. 150 m	2	1876	Fc	/	/	CF	11 novembre	116	/	Exposition sommet d'un plateau.	28					
	ITALIE (Oristano. Sircigno)	Jardin de recherche paliologique (résidu IPG)	/	1986-96 +précoce +tardif	R	5 mai 2 mars (1989) 20 juin (1991)	95 61 171	CF	5 dec 18 no\ (1993) 22 dec (1989)	119 122 136	244	Espèce U pique dc plus lucils liliudcs	18					
Cornouiller Cornus sp	CENTRE (Loiret. Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Birres All. 150 m	2	1865	Fc	21 avril	111	/	/	/	/	Exposition. sommet d'un plateau.	28					
Cornouiller mle (Cornus mas L.)	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	C N R F Chainpoux Jardin botanique All. 250 m.	7	1976 1977 1978 1979 1980	Indiv. des feuilles Indiv. des feuilles Indiv. des feuilles R R	2>A ril lt ilars 4>A ril 9. i. ril 17 mars	93 70 94 99 77	/ / Rougisement CF finCF	/ / 1 ocl 9 > m-7 déc 24 no\	/ / /	1 1 1 1 1	Le jardin botanique est situé au lisière d'une forêt Obs d'arbres au stade arbusif	C					
	POLOGNE	Arboretum Komik	/	1951	R	14. iv. ril	114	Max. dc color. aiiioiii.	/	/	/	aucune	1					
				1954	R	11 mai	n i	Max dc color. autoum	/	/	/			i				
				1955	R	7 mai	127	Max dc color. amoiin	K. ocl	289	ir.2							
				1956	R	7 mai	128	Max dc color. autonii	10 ocl-14 no\	im. U.2	195							
				1957	R	1 avril	91	Mav. dc color. automn	24 oct	101	210							
				1958	R	11 a. ril	126	Max. dc color. autouin	4 oct-11 nov	277-15	224							
				1959	R	1 a. ril	91	Mn\ dc color. aiiioiui	/	/	1							
				1960	R	14 avril	115	M. v dc color. autouin	26 oct-12 no\	299-116	223							
				1961	R	22 mai	81	MIIN. dc color. autouin	10 ocl	104	199							
				1962	R	11 ii. ril	101	Max dc color. autouin	29 oct-9 no\	30-M14	209							
							1951-62			108 n: 17	Max. dc color. automn.			24 oct	297	204		
							CF	10 oct-17 no\	289-121	215								
									n: 12-9	a: 15								

ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÈNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REK		
	(Région- département. forêt. )				CLIMATIQUE	STADE	DATES CAI.F.NDAIRES	JJ	STADE	DATES				JJ	
Cornouiller sinifolius (Cinns sanguinea L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Bancs Alt : 151 m	2	1881	Fc	15 avril	105	/	/	/	/	Exposition : sommet d'un plateau	2K		
	LORRAINE (Mourthet Moselle)	CNR F Champenois Jardin botanique Alt: 251 m.	7	1976 1977 1978 1979 1980	R /	22 avril /	113 /	/	1m CF Rougisement PiiCF Rougisement Tin CF J finCF début J CF	19101 4ocl 8 nov 3oct 9noi 21 scpl 16nov 26 scpl 24ocl-2Inov	324 277 312 276 313 264 320 270 298-326	231 /	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs. d'arbres au stade arbuslif	4	
	AQUITAINE (Landes)	Bco-ric	46	1872	Fc	23 février	51	/	/	/	/	/	/	29	
	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt : 150 m	2	1873 1881 1885	Fc Fc Fc	/	9 avril 25 mars	99 84	/	CF	15 novembre /	320 /	/	Exposition : sommet d'un plateau	28
	LANGUEDOC-ROUSSILLON (Hérault)	Beviers	20	1872	Fc	10 février	51	/	/	/	/	/	/	29	
Aubépine trituegux xp	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt.: 151 m	2	1885	Fc	1 avril	91	/	/	/	/	/	Exposition : sommet d'un plateau	28	
	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres AU: 151m	2	1885	Fc	15 avril	105	/	/	/	/	/	Exposition : sommet d'un plateau	2K	
Aubépine épineuse (Crataegus txyacantha L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres AU: 151m	2	1873 1881	Fc Fc	/	19 mars	78	/	15 novembre	322	/	Exposition : sommet d'un plateau	28	
Cognassier commun (Cydonia commun K Loisel)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. AU: 150 m	2	1885	Fc	10 avril	100	/	/	/	/	/	Exposition : sommet d'un plateau	28	
	LANGUEDOC-ROUSSILLON (P) rônccs-Orionplcs)	Colloure	20	1872	Fc	20 février	51	/	/	/	/	/	/	29	
Fusain (Evonymus europaeus h.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt.:151 m	2	1881	Fc	25 mars	84	/	/	/	/	/	Exposition : sommi d'un plateau	21	
Frêne commun (Fraxinus excelsior L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Bancs. AU: 151 m	2	1873 1876 1885	Fc Fc Fc	/	/	/	CF	13 novembre	317	/	Exposition : sommet d'un plateau	28	
	LORRAINE (Mourthet Moselle)	CNR F Chantpoux Jardin botanique Alt. 250 m	7	1976 1977 1978 1979 1980	R /	22 avril /	113 /	/	CF CF début J finCF J CF J finCF	28 ocl-8 nov 3ocl 9 nov 12ocl 19oct-9nov 24Ocl 6 nov	301-312 276 313 285 292-313 298 311	317 315 /	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs d'arbres au stade arbuslif.	4	
	LORRAINE (Mourthet Moselle)	CNR F Champenois Jardin botanique Alt: 251 m.	7	1976 1977 1978 1979 1980	R /	22 avril /	113 /	/	CF CF début J finCF J CF J finCF	28 ocl-8 nov 3ocl 9 nov 12ocl 19oct-9nov 24Ocl 6 nov	301-312 276 313 285 292-313 298 311	317 315 /	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs d'arbres au stade arbuslif.	4	
	LORRAINE (Mourthet Moselle)	CNR F Champenois Jardin botanique Alt: 251 m.	7	1976 1977 1978 1979 1980	R /	22 avril /	113 /	/	CF CF début J finCF J CF J finCF	28 ocl-8 nov 3ocl 9 nov 12ocl 19oct-9nov 24Ocl 6 nov	301-312 276 313 285 292-313 298 311	317 315 /	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs d'arbres au stade arbuslif.	4	
	LORRAINE (Mourthet Moselle)	CNR F Champenois Jardin botanique Alt: 251 m.	7	1976 1977 1978 1979 1980	R /	22 avril /	113 /	/	CF CF début J finCF J CF J finCF	28 ocl-8 nov 3ocl 9 nov 12ocl 19oct-9nov 24Ocl 6 nov	301-312 276 313 285 292-313 298 311	317 315 /	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs d'arbres au stade arbuslif.	4	
	LORRAINE (Mourthet Moselle)	CNR F Champenois Jardin botanique Alt: 251 m.	7	1976 1977 1978 1979 1980	R /	22 avril /	113 /	/	CF CF début J finCF J CF J finCF	28 ocl-8 nov 3ocl 9 nov 12ocl 19oct-9nov 24Ocl 6 nov	301-312 276 313 285 292-313 298 311	317 315 /	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs d'arbres au stade arbuslif.	4	
	LORRAINE (Mourthet Moselle)	CNR F Champenois Jardin botanique Alt: 251 m.	7	1976 1977 1978 1979 1980	R /	22 avril /	113 /	/	CF CF début J finCF J CF J finCF	28 ocl-8 nov 3ocl 9 nov 12ocl 19oct-9nov 24Ocl 6 nov	301-312 276 313 285 292-313 298 311	317 315 /	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs d'arbres au stade arbuslif.	4	
	LORRAINE (Mourthet Moselle)	CNR F Champenois Jardin botanique Alt: 251 m.	7	1976 1977 1978 1979 1980	R /	22 avril /	113 /	/	CF CF début J finCF J CF J finCF	28 ocl-8 nov 3ocl 9 nov 12ocl 19oct-9nov 24Ocl 6 nov	301-312 276 313 285 292-313 298 311	317 315 /	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs d'arbres au stade arbuslif.	4	
	LORRAINE (Mourthet Moselle)	CNR F Champenois Jardin botanique Alt: 251 m.	7	1976 1977 1978 1979 1980	R /	22 avril /	113 /	/	CF CF début J finCF J CF J finCF	28 ocl-8 nov 3ocl 9 nov 12ocl 19oct-9nov 24Ocl 6 nov	301-312 276 313 285 292-313 298 311	317 315 /	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs d'arbres au stade arbuslif.	4	
	LORRAINE (Mourthet Moselle)	CNR F Champenois Jardin botanique Alt: 251 m.	7	1976 1977 1978 1979 1980	R /	22 avril /	113 /	/	CF CF début J finCF J CF J finCF	28 ocl-8 nov 3ocl 9 nov 12ocl 19oct-9nov 24Ocl 6 nov	301-312 276 313 285 292-313 298 311	317 315 /	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs d'arbres au stade arbuslif.	4	

1976-79

18 avril

108.25

o: 5.45





ESPECE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOÏTEMENT			SÉNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF	
	(Region, département forêt.)				STADE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE	DATES	JJ				
Cylise faux ébénier ( <i>Laburnum alcyon</i> )	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt 151 m	2	1881	Fc	4 avril	94	/	/	/	Exposition	sommet d'un plateau	2N	
Pommier acerbe ( <i>Mains sylvestris</i> Mill.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt 151 m	2	ISS] 1885	Fc Fc	21 avril 13 avril	92 103	/	/	/	Exposition	sommet d'un plateau	2H	
Néflier ( <i>Mespilus sp</i> )	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres AW. 150 m	2	1881 1XH5	Fc Fc	20 mars 2 avril	74 92	/	/	//	Exposition	sommet d'un plateau	2H	
Olivier sauvage ( <i>Olea curtupaca</i> L.)	ITALIE (Oristano, Sardaigne) Alt Uni	Jardin de recherche phénologique (réseau I'G)	/	1991-1996 -précoce +tardif	R	5 av ril 15 mars (11%) 22 av ril (1193)	95 75 112	/	/	/	Espèce h pique du l'écossystème méditerranéen.		1*	
Paulownia majestueux ( <i>Paulownia impériale</i> Sieb, et Zucc.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt 150 m	2	1876	Fc	/	/	CF	3 novembre	308	/	Exposition	sommet d'un plateau	28
Poirier commun ( <i>Pyrus (pyrus) lommalis</i> L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt 150 m	2	1873 1881 1885	Fc Fc Fc	/	/	CE	3 novembre	307	/	Imposition	sommet d'un plateau.	2K
Pistachier lenticule ( <i>Pistacia lentiscus</i> L.)	ITALIE (Oristano, Sardaigne) Alt : Mm	Jardin de recherche phénologique (réseau IPG)	/	1986-96 +précoce +tardif	R	10 avril 14 mars (1W5) 10 mai (1996)	100 73 131	/	/	/	Espèce typique de l'écosystème méditerranéen		1*	
Platane ( <i>Platanus sp</i> )	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt 150 m	2	1885	Fc	30 av ril	12(1)	/	/	//	Exposition	sommet d'un plateau	2R	
Platane d'Orient ( <i>Platanus tiriatensis</i> L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt : 150 m	2	1873	Fc	/	/	CF	21 novembre	325	/	Exposition	sommet d'un plateau	28
Peuplier blanc ( <i>Populus alba</i> L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt 150 m	2	1873	Fc	/	/	CF	16 novembre	320	/	Exposition	sommet d'un plateau	2R
Peuplier grisaille ( <i>Populus x canescens</i> Sni.) = hybride <i>P. trichocarpa</i> , <i>P. Ma</i> var. <i>nivea</i>	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt: 150 m	2	1885	Fc	avril	98	/	/	//	Exposition	sommet d'un plateau	2H	
Peuplier noir pyramidal ( <i>Populus nigra</i> Desf. (= <i>P. nigra</i> var. <i>pyramidalis</i> Spach.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt 150 m	2	1873 1876	Fc Fc	/	/	CE CF	11 novembre 9 novembre	315 314	/	Exposition	sommet d'un plateau	28
Peuplier de Virginie ( <i>Populus monilifera</i> Michx.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt 150 m	2	1873	Fc	/	/	CF	12 novembre	316	/	Reposition	sommet d'un plateau	2K
Peuplier noir ( <i>Populus nigra</i> L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt: 150 m	2	1881	Fc	10 avril	100	/	/	/	Exposition	sommet d'un plateau	28	
Peuplier tremble ( <i>Populus tremula</i> L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt : 150 m	2	1873 1876 1881 1885	Fc Fc Fc Fc	/	/	CF CF	13 novembre 9 novembre	317 314	/	Exposition	sommet d'un plateau	2S

ESPECE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÈNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
	(Région, département, forêt...)				STADE	DATES CALENDAIRES	//	STADE	DATES	JJ			
Cerisier <i>Prunus sp</i>	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt.: 150 ni	2	1881	Fe	1 avril	91	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau.	28
Prunier <i>Prunus sp</i>	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres; Alt.: 150 ni	2	1885	Fe	17 avril	107	/	/	//	/	Exposition: sommet d'un plateau	28
Merisier ( <i>Prunus nviuni</i> L.)	CENTRE (Loiret; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt.: 150 ni	2	1885	Fe	13 avril	103	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau.	28
	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	CNR F. Champenoux Jardin botanique Alt.: 250 m.	7	1976 1977 1978 1979 1980 <b>1976-80</b>	R R R R R	27 fév 22 fév 7 mars 13 mars 7 mars 4 mars	58 53 66 72 67 63,2 o: 7,59	finCF début J finCF début J CF début J finCF début J CF	19 nov 11 oct 8 nov 3oct 24 oct-9 nov 12 oct 16 nov 17 oct 31 oct-28 nov	324 284 312 276 297-313 285 320 291 305-333	266 231 259 210 247 213 248 224 266 320,4 a: 8,62 257,2 a: 9,31	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt Obs. d'arbres au stade arbusatif	6
Cerisier à fruits acides ( <i>Prunus cerasus</i> L.)	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt : 150 m	2	1873 1876	Fe Fe	/	/	CF CF	15 novembre 10 novembre	3 19 315	/	Exposition: sommet d'un plateau	28
Prunier domestique ( <i>Prunus domestica</i> L.)	CENTRE (Loiret, Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt : 150 m	2	1876	Fe	/	/	CF	11 novembre	316	/	Exposition: sommet d'un plateau	28
Cerisier mahaleb ( <i>Prunus mahaleb</i> L.)	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt. : 150 m	2	1881	Fe	13 avril	103	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau.	28
Merisier à grappes ( <i>Prunus padus</i> L.)	POLOGNE	Arboretum Kornik	/	1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 <b>1953-62</b>	R R R R R R R R R R	31 mars 25 avril 14 avril 23 avril 11 mars 9 avril /	90 115 104 114 70 99 /	Max de color. aulomn. CF Max. de color. automn CF Max. de color. automn CF Max. de color. aulomn CF Max. de color. automn. CF Max. de color. automn CF Max. de color. automn. CF	18 sept 10-22 oct 8-18 oct 14 oct 5-24 oct /	261 283-295 281-291 287 278-297 /	171 205 176 183 193 /	aucune	3
						6 avril	96 o:15	Max de color automn CF	15oct 3-30 oct	288 o:16 276-303 o: 7-9	194 o:17 207 o:19		

ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOÏRREMENT			SÈNESCENCE			SY	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
	(Region, d'origine, forci...)				STADR	DATES CALENDAIRES		STADE	BATES	JJ			
Cérisier lardif ( <i>Prunus cristata</i> Ehr.)	Pologne	Arboretum Komik	/	1953	R	3(1) mai	89	Max de color aillioin CF	26 oct 17 oct-16 mn	29j) 290-320	210 231	aucun	3
				1954	R	3 mai	123	Ma\ do color aulomn CF	27 oct 15 oct-15 ntn	300 288-319	177 196		
				1955	R	1 mai	121	Max de color aulomn CF	12 ntn 2-20 nov	316 306-324	195 203		
				1956	R	4 mai	125	Max. de color aulomn CF	15 nov 22 oct-25 nov	32* 296-330	195 205		
				1957	R	10 avril	100	Max. de color, automn CF	26 oct 19 oct-12 nov	299 292-316	199 216		
				1958	R	2 mai	122	Max de color automn CF	30 oct 22 oct-28 nov	303 295-332	181 210		
				1959	R	2 avril	92	Max de color aulomn. CF	22 oct 6 oct-18 nov	295 279-322	203 230		
				1960	R	12 avril	103	Max. de color automn. CF	28 oct 15 oct-7 nov	302 292-312	199 209		
				1953-60		19 avril	109 o: 15	Max. de color, automn. CF	31 oct 19 oct-18 nov	304 292-322 o: 9 o: 13	195 213		
				Prunier épineux ( <i>Prunus spinosa</i> h.)	LANGUEDOC-ROUSSILLON Pyrenées-Orientales	Collioure	20	1872	Fc	15 février	46		
	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt : 150 m	2	1873	Fc	/	/	CF	22 novembre	326	/	Exposition sommet d'un plateau	28
Nerprun Bourdaine ( <i>Rhamnus frangula</i> L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt 150 m	2	1881 1885	Fc Fc	14 avril 10 avril	104 100	/	/	/	/	Exposition sommet d'un plateau	2X
Groseille <i>Ribes</i> sp	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt 150 m	2	1881 1885	Fc Fc	26 mars 1 avril	85 91	/	/	/	/	Exposition sommet d'un plateau	28
Groseille raisin-crêpe ( <i>Ribes uva-crispa</i> L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt : 150 m	2	1872	Fc	14 février	45	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau.	28
	LORRAINE (Vosges)	Epinal Observatoire du château Alt: 370 m	7	1872	Fc	21 février (R)	52	/	/	/	/	Obs réalisées sous taillis.	29
Robinier Faux-Acacia ( <i>Ribnium pseudoacacia</i> L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt. 150 m	2	1873 1876 1881 1885	Fc Fc Fc Fc	/	/	CF	19 novembre	323	/	Exposition sommet d'un plateau	28
	/	/	/	1876	Fc	/	/	CF	9 novembre	314	/	/	/
	/	/	/	1881	Fc	19 avril	109	/	/	/	/	/	/
	/	/	/	1885	Fc	30 avril	120	/	/	/	/	/	/
	Pologne	Arboretum Komik	/	1953	R	25 avril	115	CF	26 oct-19 nov	299-323	2(14)	aucun	3
				1954	R	12 mai	132	CF	28 oct-25 nov	301-329	197		
				1955	R	7 mai	127	CF	2-15 nov	306-319	192		
				1956	R	15 mai	136	CF	28 oct-8 nov	302-313	177		
				1957	R	X) mai	130	CF	26 oct-19 nov	299-323	193		
				1958	R	11 mai	131	CF	3-28 nov	307-332	201		
				1959	R	24 avril	114	CF	20 oct-X nov	293-312	198		
				1960	R	7 mai	128	CF	28 oct (début)	302	/		
				1961	R	16 avril	106	CF	23 oct-20 nov	296-324	218		
				1962	R	24 avril	114	CF	7 oct-18 nov	280-322	208		
				1953-62		3 mai	123 a: 10		25 oct-19 nov	298-323 a: 8-7 a: 12	213		
	ITALIE (Ovistano. Saniacne) Alt. Uni	Jardin de recherche phénologique (réseau IPG)	/	1985-94	R	4 avril 26 mai (1988) 9 avril (1996)	94 86 100	CF	19 nov 10 nov (1992) 20 nov (1994)	323 315 324	229	Espèce typique de plus hautes latitudes.	18

ESPECE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DEBOUREMENT			SÉNESCENTE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
	(Region, département, forél. ...)				STADE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE	DATES	JJ			
Saule blanc ( <i>Salix alba</i> L.)	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt: 150 m	2	1881	Fe	10 avril	100	/	/	/	/	Exposition : sommet d'un plateau	28
Saule pluricm- ( <i>Salix babylonien</i> L.)	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt: 150 m	2	1872	Fe	20 février	51	/	/	/	/	Exposition : sommet d'un plateau	28
				1874	Fe	13 mars	72	/	/	/	/		
				1885	Te	15 avril	105	/	/	/	/		
Saule marceau ( <i>Salix caprea</i> L.)	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt: 150 m	2	1881	Fe	16 avril	106	/	/	/	/	Exposition : sommet d'un plateau.	28
				1885	Fe	7 avril	97	/	/	/	/		
Saule ( <i>Salix</i> <i>chrysantha</i> L.)	ITALIE (Orisiano, Sardaigne) Alt 11m	Jardin de recherche phénologique (réseau IPG)	/	1986-96	R	15 mars	74	CF	4 nov	308	234	Espèce typique de plus hautes latitudes.	18
				+précoce		23 fév(1989)	54		30 sept (1994)	273			
				+lardif		10 mai (1996)	131		21 déc(1993)	355			
Sureau ( <i>Sambucus</i> sp)	LORRAINE (Vosges)	Epinal Observatoire du château. Alt : 370 m	7	1872	R	21 février	52	/	/	/	/	Obs. réalisées sous taillis	29
	CENTRE (Loir-et-Cher)	Blois	10	1872	Fe	12 février	43	/	/	/	/	/	29
	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt.: 150 m	2	1881	Fc	24 mars	83	/	/	/	/	Exposition : sommet d'un plateau	28
				1885	Fe	2 mai	122	/	/	/	/		
Sorbier d'Amérique ( <i>Sorbus amerivna</i> Marsh.)	POLOGNE	Arboretum Komik	/	1953	R	28 mars	87	Max. de color automn CF	26oct 17 oct-10 nov	299 290-314	212 227	aucune	J
				1954	R	14 avril	104	Max de color, automn. CF	6 oct 10oct-18nov	279 283-322	175 218		
				1955	R	29 avril	119	Max. decolor, automn CF	25 oct 8 oct-20 nov	298 281-324	179 205		
				1956	R	29 avril	120	Max. de color, automn CF	24 oct 24 sept-30 nov	298 268-335	178 215		
				1957	R	4 avril	94	Max. de color. automn. CF	12 oct 12 oct-5 nov	285 285-309	191 215		
				1958	R	20 avril	110	Max. de color automn CF	4 oct 21 sept-26 nov	277 264-330	167 220		
				1959	R	7 avril	97	Max de color automn CF	10oct 19 oct-6 nov	283 292-310	186 213		
				1960	R	10 avril	101	Max decolor. automn CF	26 oct 20 oct-10 nov	300 294-315	199 214		
				1961	R	26 mars	85	Max. de color automn. CF	28 oct 17oct-19nov	301 290-323	216 238		
				1962	R	7 avril	97	Max. de color, automn. CF	/ 17 sept-5 nov	/ 260-309	/ 212		
				1953-62		11 avril	101 a: 12	Max de color, automn CF	18 oct 8 oct-15 nov	291 281-319	189 218		
										o: 10 a: 12-9 CT, 9	o: 17		
				Alisier blanc ( <i>Sorbus aria</i> Crantz)	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt : 150 m	2	1876	Fe	/	/		
1881	Fe	17 avril	107					/	/	/	/		
1885	Fe	4 avril	94					/	/	/	/		

ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	SI ADI:	DÉBOURREMENT		SÉNESCENCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF		
	I Region d'apancom forc )					DATES CALENDRAIRES	JJ	STADE	DATES				JJ	
LORRAINE! (Mcurhc ci Moselle)	C.N.R.F. (KimpelK... Jardin botanique Alt 25(1 m	?	1974	R	1 avr	93	fin CF	19 nov	124	211	Le jardill boljnitjic est sime cil lisière d'une forêt Obs. d'arbres au sladc arbililf.	6		
				R	25 mars	84	débm J	11 oct	204	2011				
				R	11 avr	101	fin CF	5 nov	212	22K				
				R	1978	J	19 scpl-24 oct	202-207	196					
				R	1979	J	9 nov	211	212					
				R	1979	J	27 sept	2711	142					
				R	1980	CF	26 oct-9 nov	299-111	205					
				R	1980	J	17 oct-6 nov	291-111	202					
				R	1980	finCF	2H nov	311	224					
				1974-80		2 avr	99	finCF	15 IK	119			220	
						n: 10 56				o: 9.25 r: III				
				R	1976	débulJ	1 oct	275	189					
				R	1977	fill CF	19 nov	124	218					
				R	1977	débul f	10 scpl	271	197					
				R	1978	TinCF	8 nov	112	216					
R	1978	Feuilles rouilles	19 scpl	262	ns									
R	1979	TinCF	21 nov	125	218									
R	1979	J	12 oct	285	192									
R	1980	CF	9 nov-7 dec	111-141	248									
R	1980	J	26 scpl-1 oct	270-105	210									
R	1980	CF	6-28 nov	111-111	218									
1976-80		24 mars	874	fin CF	21 nov	127	219.6							
		n: 7.44				n: 111.84 a: 4.77								
Sorbier ikx oiseleurs ( <i>Sorbus ocupiniil L.</i> )	CENTRE (Loiret : NogciiMir-Vcmisson)	Domaine forsclicrdes Barres Allé 150 m	2	1881	Fc	11 mars	90	/	/	/	Exposition: stjumi d'un plateau	2K		
					Fc	11. a'ril	106	/	/	/				
LORRAINE (Mcincic et Moselle)	C.N.R.F. Clampcionx Jardin botanique Allé 250m	?	1974	R	2 avr	93	débul rois5is5cmcrlil	1 oct	275	182	Le jardin botanique est siluc cM lisière d'une Todd Obs. d'icbres nu stude iicbulil	4		
				R	11 nur	70	Tin CF	19 nov	124	211				
				Indn des feuilles	4; Mil	94	Tin CF	8 nov	112	242				
				R	1 avr	93	J	1 oct	276	182				
				Indn des feuilles	18 avr	109	CF	24 oct	297	2111				
R	1979	J	11 scpl	256	16.1									
R	1980	CF	26 oct-1 nov	2' W-III	220									
R	1980	débul I	12 scpl	256	147									
R	1980	CF	31 oct-24 nov	105-111	224									
ANGLETERRE	Norfolk	f	1914-1947 (entre 1716 et 1947) + précoce + tardif	Feuilles de forme rcc.	4 avr	96	/	/	/	/	2000K	19		
					5 mars	64	/	/	/	/				
					2 mai	122	/	/	/	/				
					1926	Feuilles de forme rcc	14 mars	71	/	/			/	/
					1927	idem	21 mars	82	/	/			/	/
					1928	idem	2X mars	88	/	/			/	/
					1929	idem	14; avril	104	/	/			/	/
					1910	idem	11 avr	101	/	/			/	/
					1911	idem	15 avr	105	/	/			/	/
					1912	idem	19 avr	110	/	/			/	/
					1911	idem	29 mars	HK	/	/			/	/
					1914	idem	Hi» ril	101	/	/			/	/
					1915	idem	7 avr	97	/	/			/	/
					1916	idem	1 avr	94	/	/			/	/
					1917	idem	1 <sup>r</sup> avr	KH	/	/			/	/
					1918	idem	22 mars	81	/	/			/	/
					1919	idem	7 avr	97	/	/			/	/
					1940	idem	16 avr	107	/	/			/	/
					1941	idem	28 avr	118	/	/			/	/
					1942	idem	18 avr	108	/	/			/	/
					1941	idem	1 avr	91	/	/			/	/
					1944	idem	9 avr	KM	/	/			/	/
					1945	idem	22 mars	81	/	/			/	/
					1946	idem	C avr	96	/	/			/	/
					1947	idem	21 -r. ril	m	/	/			/	/
1926-47		7 avr	97			o: II								
		+ précoce		14 mars (1926)	71	/	/	/	/					
		+ tardif		28 avr (1941)	118	/	/	/	/					

ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÈNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF	
	I Region dqiiniemail forêt. )				STADE	DATES CALEND1RES	JJ	STADE	DATES	JJ				
	BOLOGNE	Arborccum Komik		1953	R	28 mars	S7	Max de color automn	22 ocl	295	208	aucune	3	
									CF	8 ocl-16 not	281-321			233
				195-1	R	21) airil	111)	Max de color, automn	18 sept	261	151			
								CF	1H scpl-15 ocl	2C1-28»	178			
				1955	R	29 airil	119	Max. de color automn.	15 ocl	288	169			
								CF	1 ocl-17 not	274-321	202			
				1956	R	30 atril	121	Max de color, automn	17 ocl	291	170			
								CF	4-31 ocl	278-305	184			
				1957	R	8 atril	98	Max. de color aulomn	12 oct	285	187			
								CF	5-29 oct	278-302	204			
				1958	R	20 airil	III)	Ma\ de color, automn.	12sept	255	145			
								CF	28 sept-18 ocl	271-291	181			
				1959	R	5 avril	95	Max. de color aulomn	8 oct	281	186			
								CF	8oct-1O nov	281-314	219			
				1960	R	8 at ril	99	Max de color, aulomn	18 ocl	292	193			
				CF	20 oct (débul)	294	1							
1961	R	28 mars	87	Max. de color aulomn.	1	1	1							
				CF	30 scpl-25 ocl	273-298	211							
1962	R	9 atril	99	Max. de color aulomn.	8 ocl	281	182							
				CF	25 scpl-22 ocl	268-295	196							
			1953-62			13 avril	103	Max decolor automn.	8 ocl	281	177			
						a:12				a: 14	a: 21)			
								CF	3-31 ocl	276-304	201			
										a: 9-12	a: 18			
Sorbier domestique ( <i>Sorbus domestica</i> L.)	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt.: 150 m	2	1876 1881 1885	Fc Fe Fc	/ 23 avril 12 avril	1 113 102	CF / /	15 novembre / /	320 1 1	/ / /	Exposition sommet d'un plateau.	28	
Sorbier hybride ( <i>Sorbus hybrida</i> L. * <i>S. aucuparia</i> \ <i>S. aria</i> )	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres Alt.: 150 m	2	1885	Fc	14 avril	104	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau	28	
Aimier à lurtieN feuillus ( <i>Sarbus latifolia</i> PervJ	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres, Alt.: 150 m	2	1881	Fc	14 avril	104	/	/	/	/	Exposition sommet d'un plateau.	28	
<i>Tilia</i> sp.	ANGLETERRE	Norfolk	1	156 ans (cnlrc 1736 cl 1947) + précoce + tardif		feuilles de forme rcc. 4 mars 12 mai	113 63 132	/	/	/	/	aucune	19	
				1926		Feuilles de forme rcc.	4 mars	63	/	/	/	/		
				1927		idem	24 mars	83	/	/	/	/		
				192»		idem	28 mars	88	/	/	/	/		
				1929		idem	24 ai ril	114	/	/	/	/		
				1930		idem	17 at ril	117	/	/	/	/		
				1931		idem	13 avril	103	/	/	/	/		
				1932		idem	20 avril	111	/	/	/	/		
				1933		idem	31 mars	90	/	/	/	/		
				1934		idem	16 avril	106	/	/	/	/		
				1935		idem	111 avril	100	/	/	/	/		
				1936		idem	8 avril	99	/	/	/	/		
				1937		idem	14 at ril	104	/	/	/	/		
				1938		idem	29 mars	88	/	/	/	/		
				1939		idem	11) ai ril	100	/	/	/	/		
				1940		idem	11 ai rti	104	/	/	/	/		
				1941		idem	29 at ril	119	/	/	/	/		
				1942		idem	20 ai ril	III)	/	/	/	/		
				1943		idem	3 avril	93	/	/	/	/		
				1944		idem	12 avril	103	/	/	/	/		
				1945		idem	24 mars	83	/	/	/	/		
				1946		idem	5 ai rti	95	/	/	/	/		
				1947		idem	21 at ril	111	/	/	/	/		
				1926-47			9 avril	99						
								o: 13						
				+ précoce			4 mars (1926)	63	/	/	/	/		
				+ tardif			29 avril (1941)	119	/	/	/	/		



ESPECE	LOCAUSATION		CONTEXTE	ANNÉES	FLÉORREMENT			SÉNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
	(Région, département forêt ...)				CLIMATIQUE	STADE	DATES CALENDRAIR.F.S	JJ	STADE	DATES			
	ITALIE (Oristano, Sardaigne) Alt.: 11m	Jardin de recherche phénologique (réseau IPG)	/	1986-96 +précoce +tardif	R	11 avril 31 mars (1989) 20 avril (1988)	10] 90 III	CF	3 déc 26 oct (1991) 20 déc (1992)	337 299 355	236	Espèce typique de plus hautes latitudes	18
Tilleul à larges feuilles ( <i>Tilia</i> <i>platyphyllos</i> Scop.)	CENTRE (Loiret, Nogent-sur-Vernisori)	Domaine forestier des Barres, Alt.: 150 m	2	1876 1381 1885	Fe	/	/	fin CF	30 octobre	304	/	Exposition : sommet d'un plateau	28
	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	C.N.R.F. Champenoux Jardin botanique Alt.: 250 m	7	1976 1977 1978 1979 1980 1976-80	R	2 avril 17 mars 4 avril 21 mars 14 avril	95 76 94 80 105	I fin CF fin CF début J fin CF début J CF	28 oct 19 nov 8 nov 3 oct 9 nov 12 oct 9 nov 24 oct 31 oct-14 nov	302 324 312 276 313 285 313 298 305-319	209 231 236 182 219 205 233 193 214	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt Obs. d'arbres au stade arbustif	6
	POLOGNE	Arboretum Kornik	/	1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 1953-62	R	4 avril 6 mai 1 mai 5 mai 24 avril 6 mai 8 avril 24 avril 10 avril 18 avril	94 126 121 126 114 126 98 115 100 108	Max. de color. automn. CF Max. de color. automn. CF	29 oct 17 oct-19 nov 15 oct 10-20 oct 25 oct 13 oct-2 nov 24 oct 18 oct-14 nov 12 oct 10-29 oct 30 oct 28 oct-18 nov 20 oct 14-28 oct 28 oct 20 oct-7 nov 14 oct 7 oct-19 nov /	302 290-323 288 283-293 298 286-306 298 292-319 285 283-302 303 301-322 293 287-301 302 291-312 287 280-323 /	208 229 162 167 177 185 172 193 171 188 177 196 195 203 187 197 187 223 /	aucune	3
	ANGLETERRE	Ashlead, Surrey	/	41 ans (entre 1947 et 96) +précoce -Hardif	R	10 avril 27 mars (1952,53,57,72,90) 21 avril (1958, 70, 84)	100 86 ,,I	/	/	/	/	aucune	20
Tilleul d'Europe ( <i>Tilia x vulgtiris</i> Hnyne)	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisori)	Domaine forestier des Barres, Alt.: 150 m	2	1873 1876 1881 1885	Fe	/	/	CF	22 novembre	326	/	Exposition: sommet d'un plateau	28
	CENTRE (Loiret ; Nogent-sur-Vernisori)	Domaine forestier des Barres Alt.: 150 m	2	1873 1876 1881 1885	Fe	/	/	CF	21 novembre 20-27 novembre	325 325-332	/	Exposition : sommet d'un plateau	28

ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DEBOURREMENT			SÈNECENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
	(Région, département, forêt )				STADE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE	DATES	JJ			
<i>Oriiil' de ine-ilagne</i> ( <i>Ullims salhru Milll</i> )	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	CN R.F. Champenoux Jardin botanique Ail : 250 m	7	1976	R	2 avril	93	début J	1 ocl	275	1S2	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt Obs. d'arbres au stade arbustif	6
				1977	R	11 mars	70	J	30 sept	273	203		
				1978	R	4 avril	94	finCF	8 nov	312	242		
				1979	R	9 avril	99	J	3 ocl	276	182		
				1980	R	11 avril	102	finCF	24 ocl	297	203		
								J	21 sept-5 oct	264-278	179		
								CF	12-19 ocl	285-292	193		
				J	26 sept-17 oct	270-291	189						
				CF	24 oct-6 nov	298-311	209						
				1976-80		1 avril	91.6 o: 12.62	finCF	3 nov	307,2 o: 12.79	215.6 a: 20.29		

ESPÈCE	LOCALISATION (Région, département, forêt. )	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	STADE	DÉBOURREMENT DATES CALENDAIRES	SV	SÉNESCENCE DATES	SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
Sapin pectiné ( <i>Abies pectinatus</i> )	CENTRE (Loiret - Nogent-sur-Vernisson)	Forêt des Harros. Alt.: 151m	1985	Fe	11 avril	111	/ / / /	/ / / /	Exposition: sommet d'un plateau	25
	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Arboretum d'Amance Or des graines: France (Aude)	1964 1965 1966 1964-66	b3 (R)** b3 (R)** b3 (R)** fi mai	7 mai 5 mai 3 mai fi mai (sapin méditerranéen à débour. intermédiaire)	127 12K 123 126	/ / / / / / / / / / / / / / / /	/ / / / / / / / / / / / / / / /	Age des plants: 8 ans (1964) à III ans (1966) Nb d'individus: 10 **état du bourgeon terminal	7
	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	CNR F Champenoux Jardin botanique Alt.: 250 m.	1976 1977 1978 1979 1980 1976-80	b3 (R) b3 (R) b3 (R) b3 (R) b3 (R)	22 avril 21 avril 25 avril 3 mai 25 avril 25 avril	113 111 115 123 116 115.6	/ / / / / / / /	/ / / / / / / /	Le jardin botanique est situé en lisière d'une forêt. Obs. d'arbres au stade arbusif	6
	PACA (Var)	Le Ruscas (pépinière) Or des graines: forêt, du Riassès, Aude.	1970	b3 (R)	20 avril	110	/ / / /	/ / / /	Age des plants: 5 ans	8
	PACA (Var) 3 plantations	Le Ruscas (forêt des Maures, alt. 93m) Le Treps (forêt de Collobrières, alt. 520 m) Pellonq (forêt de Pellonq, alt. 600m)	1985*	b3 (R)**	12 mai (sapin méditerranéen à débour. intermédiaire)	132	/ / / /	/ / / /	Age des plants: 12 à 15 ans Obs sur 1 ou 2 provenances Obs de 30 arbres par provenance * moy. des dates de débour. obs dans les 3 plantations. ** état du bourgeon terminal	10
	PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR (Hautes-Alpes)	Forêt de Boscodon SP05 Alt.: 1360 m	1997 1998 1997-98	Renecofor Renecofor	5-11 mai 18-25 mai 11-22 mai	125-139 138-145 131-142	/ / / / / / / / / / / /	/ / / / / / / / / / / /	Essence principale Exposition: nord-est Structure: F. Age en 1997: 102 ans	27
	RHONE-ALPES (Ardèche)	Forêt de Lavillat SP07 Alt.: 1300 m	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	5-19 mai 18-25 mai 17-24 mai 13-22 mai	125-139 138-145 137-144 133-142	/ / / / / / / / / / / / / / / /	/ / / / / / / / / / / / / / / /	Essence principale. Exposition: ouest. Structure: F Age en 1997: 83 ans	27
	MIDI-PYRENEES (Ariège)	Forêt de Massât SP09 Alt.: 1100 m	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	5-26 mai 4-18 mai 12-26 avril 27 avril-13 mai	125-146 124-138 102-116 117-133	/ / / / / / / / / / / / / / / /	/ / / / / / / / / / / / / / / /	Essence principale Exposition: nord-ouest Structure: F. Age en 1997: 171 ans	27
	LANOUÉDOC-ROUSSILLON (Aude)	Forêt de Callong-Mirailles SP II Alt.: 950m	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	14 avril-5 mai 27 avril-4 mai 26 avril-3 mai 22 avril-14 mai	104-125 117-124 116-123 112-124	/ / / / / / / / / / / / / / / /	/ / / / / / / / / / / / / / / /	Essence principale Exposition: nord Structure: F Age en 1997: 83 ans	27
	FRANCHE-COMTE (Doubs)	Forêt de Ban SP25 Alt.: 1000 m	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	19 mai-2 juin 18 mai-1 juin 24-31 mai 20 mai-1 juin	139-153 138-152 144-151 140-152	/ / / / / / / / / / / / / / / /	/ / / / / / / / / / / / / / / /	Essence principale Exposition: nord-ouest Structure: F. Age en 1997: 84 ans	27
	RHONE-ALPES (Drôme)	Forêt de Lente SP26 Alt.: 1150m	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	12-19 mai 18-25 mai 17-24 mai 15-22 mai	132-139 138-145 137-144 135-142	/ / / / / / / / / / / / / / / /	/ / / / / / / / / / / / / / / /	Essence principale. Exposition: ouest Structure: F Age en 1997: 123 ans	27

ESPÈCE	LOCALISATION (Region departemcnl. foret ...)	CONTEXTE	ANNÉES	STADE	DÉBOURREMENT	SÉNESCENCE				OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF		
						JJ	STADE	DATES	JJ				
RHONE-ALPES (Isère)	Forêt de Salui-Huport SP 38 Alt: 1100 m	7	1997	Renccofor	19-26 mai	15-M46	/	/	/	/	Essence principale. Exposition est Sincirc: F Age en 1997 77 ans.	27	
			1998	Renccofor	25 mai-1 juin	145-152	/	/	/	/			
			1999	Renccofor	21-28 mai	172-177	/	/	/	/			
			1997-99		1-8 juin	152-159 a: 18-1X							
FRANCHE-COMTE (Jura)	Forêt d'Arbois SP 39 Alt: 520 m	17	1998	Renccofor	11-14 mai	ri-11a	/	/	/	/	Essence principale Exposition sud-est. Sincirc: F Age en 1997 44 ans	27	
			1999	Renccofor	K-17 mai	130-H7	/	/	/	/			
			1998-99		10-17 mai	130-117 n: 1-1							
LORRAINE (Moselle)	Forêt d'Abreschwiller SP57 Alt: 400 m	7	1997	Renccofor	28 mai	118	/	/	/	/	Essence principale Exposition nord-ouest Structure: F Age en 1997 57 ans.	27	
			1999	Renccofor	3-10 mai	123-130	/	/	/	/			
			1997-99		30 avril-4 mai	120-129 a: 4-8							
AUVERGNE (Puy-de-Dôme)	Forêt du Livradois SP53 Alt: 1040 m	24	1997	Renccofor	12-26 mai	132-146	/	/	/	/	Essence principale Exposition sud-ouest. Structure: F. Age en 1997 111 ans.	27	
			1998	Renccofor	18-25 mai	138-145	/	/	/	/			
			1999	Renccofor	24-31 mai	144-151	/	/	/	/			
			1997-99		18-27 mai	138-147 a: 6-3							
ALSACE (Haut-Rhin)	Forêt de Gnebswiller SP68 Alt: 181 m	8	1997	Renccofor	8-12 mai	125-132	/	/	/	/	Essence principale. Exposition nord-ouest Sincirc: F. Age en 1997 104 ms	27	
			1998	Renccofor	27 avril-4 mai	117-124	/	/	/	/			
			1999	Renccofor	10 mai	130	/	/	/	/			
			1997-99		4-8 mai	124-128 a: 7-4							
RHONE-ALPES (Drome)	Forêt de Lente MET 26 Alt: M2011	26	1997	Renccofor	12-19 mai	132-139	/	/	/	/	Première essence du sous-étage Exposition ouest	27	
			1998	Renccofor	25 mai	145	/	/	/	/			
			1999	Renccofor	17-24 mai	137-144	/	/	/	/			
			1997-99		18-22 mai	138-142 a: 7-3							
AUVERGNE (Puy-de-Dôme)	Forêt de la Bosdillie et autres PS>1 Alt: 751 m	24	1997	Renccofor	5 mai	125	/	/	/	/	Première essence du sous-étage. Exposition nord-ouest	27	
			1998	Renccofor	11 mai	111	/	/	/	/			
			1997-98		8 mai	128 a: 4							
LORRAINE (Vosges)	Forêt de Bnuères PS m Alt: 504 m	7	1997	Renccofor	5 mai (1997)	125	/	/	/	/	Première essence du sous-étage Exposition est.	27	
			1999	Renccofor	7-17 mai	121-117	/	/	/	/			
			1997-99		4-11 mai	124-131 a: 8							
Sapin de Bornwiller (Abies borniolarum Mntfcilb)	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Aitort/Uini d'Amaucc Or des graines Turquie	7	1964	b3 (R)**	12 mai	132	/	/	/	Age des plants 1 ans (1964) à 5 ans (1966) Nb d'indus K ** état du bourgeon terminal.	7	
				1965	b3 (R)**	16 mai	117	/	/	/			/
				1966	b3 (R)**	15 mai	115	/	/	/			/
				1964-66		14 mai	111 (sapin méditerranéen à débour tardif)						
PACA (Var)	Le Ruscis (pépinière) Or des graines Bol*, Turquie	20	1970	b3 (R)	30 avril	120	/	/	/	Age des plants 5 ans.	8		
PACA (Var) 1 plantation	Le Ruscas (forêt des Maures, all'Jini) Le Traps (forêt de Collobrières, alt 520 m) Pellcuq (forêt de Pellenq, alt 600m)	20	1985	b3 (R)*	21 mai (sapin méditerranéen à débour Urdif)	111	/	/	/	Age des plants 12 à 15 ans Obs sur 4 provenances. Obs de 10 arbres par parcelle * mo), des dates de débour obs. dans les 3 plantations ** état du bourgeon terminal	10		
Sapin de Céphalonic (Abies wphalonica Loud.)	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Arboretum d'Amaucc Or des graines Grèce.	7	1964	b3 (R)*	20 mai	110	/	/	/	Age des plants 1 au (1964) à 1 ans (1966) Nb d'indus: 2. ** état du bourgeon terminal	7	
				1965	b3 (R)*	3 mai	123	/	/	/			/
				1966	b3 (R)*	3 mai	123	/	/	/			/
				1964-66		29 avril	119 (sapin méditerranéen à débour précoce)						

ESPECE	LOCALISATION (Région, département, forêt. )	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES		DÉBOURREMENT		SÈNESENCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF	
			STADE	ANNÉE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE	DATES				JJ
	PACA (Var)	Le Ruscas (pépinière) Or.des graitws. Grèce	20	1970	b3 (R)	Provenances h plus précoce: 11 avril (ME-VR) la plus tardive: 10 mai (AG-IL) dale moyenne: 15 avril	01 108 105	/ / /	/ / /	/ / /	Age des plants: 5 ans. Obs. de 11 provenances grèques échantillonnées dans 4 massifs montagneux: le Taygète, le Mainalon, le Pamasse et le Pinde ME-VR: Megali Vrissi (Parnasse) AG-IL: Agios Ihas (Trogite)	8
	PACA (Var) 3 plantations	Le Ruscas (forêt des Maures, ait.97m) Le Treps (forêt de Collobrières, ait.520 m) Pellenq (forêt de Pellenq, ait.600m)	20	1985*	b3 (R)*	7 mai (sapin méditerranéen à débour précoce)	125	/	/	/	Age des plants: 12 à 15 ans. Obs sur 14 provenances Obs. de 30 arbres par provenance. * : moy. des dates de débour obs. dans les 3 plantations ** : état du bourgeon terminal.	10
				1985-1987*	b3 (R)*	Provenances les plus précoces: 11 mai (ME-VR et BROM) la plus tardive: 19 mai (PR-IL) dale moyenne: 15 mai	131 139 135	/ / /	/ / /	/ / /	Obs. de 11 provenances grèques échantillonnées dans 4 massifs montagneux: le Taygète, le Mainalon, le Pamasse et le Pinde ME-VR: Megali Vrissi (Parnasse) BROM: Bromo Pigado (Pinde) PR-IL: Profitisilvas (Taygète)	
	PACA (Vaucluse)	Plantation de Saint-Lambert Ait.: 750 m.	20	1987	b3 (R)*	Provenances: la plus précoce: 5 mai (PARN) la plus tardive: 10 mai (PNAE)	125 130	/ /	/ /	/ /	Exposition: nord Age des indiv idus : 11 ans. Obs. de 9 provenances grèques (100 arbres par provenance). * : d'ales de débour seuil 50% d'arbres dont le bourgeon terminal est au stade b3. PARN Pamelha (Pamis). PNAF. Panaetokilon	13
Sapin de Cilicie (Abies dolicica Ant. et KoisciylJ	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Arboretum d'Amance Or.des graines: Turquie	7	1964 1965 1966 1964-66	b3 (R)* b3 (R)* b3 (R)*	20 avril 8 mai 1 mai 30 avril (sapin méditerranéen à débour précoce)	111 128 121 120	/ / / /	/ / / /	/ / / /	Age des plants: 4 ans (1964) à 6 ans (1966) Nb d'individus: 8 * : état du bourgeon terminal	7
	PACA (Var) 3 plantations	Le Ruscas (forêt des Maures, ait.93m) Le Treps (forêt de Collobrières, ait.520 m) Pellenq (forêt de Pellenq, ait.600m)	20	1985*	b3 (R)*	2 mai (sapin méditerranéen à débour. précoce)	122	/	/	/	Age des plants: 12 à 15 ans. Obs sur 1 ou 2 provenances Obs de 30 arbres par provenance * : moy. des dates de débour obs. dans les 3 plantations. ** : état du bourgeon terminal	10
Sapin bleu du Colorado (Abies vonchar LindlJ	PACA (Var)	Le Ruscas (pépinière) Or des graines: Colorado. USA	20	1970	b3 (R)	23 avril	113	/	/	/	Age des plants: 5 ans	8
	PACA (Var) 3 plantations	Le Ruscas (forêt des Maures, ait.93m) Le Treps (forêt de Collobrières, ait.520 m) Pellenq (forêt de Pellenq, ait.600m)	20	1985*	b3 (R)*	16 mai (sapin à débour. intermédiaire)	136	/	/	/	Age des plants: 12 à 15 ans * : moy. des dates de débour obs dans les 3 plantations. ** : état du bourgeon terminal.	10
Abies equi-trojani Ascheron et Sinienis	PACA (Var) 3 plantations	Le Ruscas (forêt des Maures, ait.93m) Le Treps (forêt de Collobrières, ait.520 m) Pellenq (forêt de Pellenq, ait.600m)	20	1985*	b3 (R)*	9 mai (sapin méditerranéen à débour. intermédiaire)	129	/	/	/	Age des plants: 12 à 15 ans Obs. sur 1 ou 2 provenances Obs de 30 arbres par provenance * : moy. des dates de débour obs. dans les 3 plantations. ** : état du bourgeon terminal	10

ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT STADE	SÉNESCENCE				OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF		
	(Région, département, forêt. . .)					ANNÉES	DÉBOURREMENT DATES CALENDRIÈRES	JJ	STADE			DATES	JJ
Sapin rouge <i>(Abies nuijnitcu Murr.)</i>	PACA (Var)	Le Ruscas (pépinière) Or des graines: Califomic. USA.	20	1970	b3 (R)	30 avril	120	/	/	/	/	Age des plants- 5 ans.	8
	PACA (Var) 3 plantations	Le Ruscas (forêt des Maures, ait 17m) U Treps (forêt de Collobrières, ait.520 m) Pellenq (forêt de Pcllenq, ait 6U0m)	20	1985*	b3 (R)**	-1 juin (snpin à débour tardif)	153	/	/	/	/	Age des plants; 12 à 15 ans * mo\ des dates de débour. obs dans les ? plantations. ** état du bourgeon terminal	10
Sapin du Maroc <i>(Abies marocima TrabutJ</i>	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Arboretum d'Amance Or des graines: Maroc	7	1964 1965 1966 1964-66	b3 (R) * b3 (R) * b3 (R) * b3 (R) *	6 mai 13 mai 5 mai 8 mai	126 133 125 128	/	/	/	/	Age des plants -1 ans (1%4) à 6 ans (1M66). Nb d'individus : 'i ** état du bourgeon terminal.	7
						(sapin méditerranéen à débour. intermédiaire)							
Sapin de Nordmann <i>(Abies nordmanniana SpachJ</i>	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Arboretum d'Amance Or des graines: Turquie	7	1964 1965 1966 1964-66	b3 (R) * b3 (R) * b3 (R) * b3 (R) *	16 mai 16 mai 5 mai 12 mai	136 136 125 132	/	/	/	/	Age des plants: 7 ans j,1%4) à 6 ans (1966). Nb d'individus: 7. ** état du bourgeon terminal.	7
						(sapin méditerranéen à débour. tardif)							
		Arboretum d'Amance Or.des graines: UR.S.S. .		H64 H65 1966 1964-66	b3 (R) * b3 (R) * b3 (R) * b3 (R) *	13 mai 24 mai 14 mai 17 mai	133 144 134 137	/	/	/	/	Age des plants 3 ans < 1%4) à 5 ans (1%6) Nb d'individus:9. ** état du bourgeon terminal.	7
						(sapin méditerranéen à débour tardif)							
	PACA (Var)	Le Ruscas (pépinière) Or. des graines: Caucase. URSS	20	1970	b3 (R)	25 avril	115	/	/	/	/	Age des plants: 5 ans	8
		Le Ruscas (pépinière) Or des graines forêt d'Amance Meurthe et Moselle		1970	b3 (R)	25 avril	115	/	/	/	/		
	PACA (Var) 3 plantations	Le Ruscas (forêt des Maures, ait Mm) Le Treps (forêt de Collobrières, ait.520 m) Pellenq (forêt de Pcllenq, ait.600m)	20	1985*	b3 (R)**	21 mai (sapin méditerranéen à débour. tardif)	141	/	/	/	/	Age des plants 12 à 15 ans Obs sur 1 ou 2 provenances Obs de 30 arbres par prmenncit * mo\ des dates de débour. obs dans les 3 plantations ** :élat du bourgeon terminal	10
Sapin de Numidie <i>(Abies numidica de LannoyJ</i>	LORRAINE (Meurthe et Moselle)	Arboretum d'Amance Or des graines: Algérie.	7	1964 1965 1966 1964-66	b3 (R) * b3 (R) * b3 (R) * b3 (R) *	5 mai 15 mai 5 mai X mai	125 135 125 128	/	/	/	/	Age des plants A ans (1964) à 6 ans (1966) Nddndhidus: 9. ** :état du bourgeon trcrmin.il.	7
						(sapin méditerranéen à débour. intermédiaire)							
	PACA (Var) 3 plantations	Le Ruscas (forêt des Maures, alle in) Le Treps (forêt de Collobrières, ait.520 m) Pellenq (forêt de Pcllenq, ait.600m)	20	1985*	b3 (R)**	16 mai (sapin méditerranéen à débour intermédiaire)	136	/	/	/	/	Age des plants 12 à 15 ans Obs sur 1 ou 1 provenances. Obs de 30 arbres par provenance. * mo\ des dates de débour obs dans les 3 plantations. * état du bourgeon terminal.	10
Sapin d'Espagne <i>(Abies pinsapo Boissier)</i>	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Alt: 150 m	2	1985	Fc	24 avril	114	/	/	/	/	Exposition sommet d'un plateau	28

ESPECE	LOCALISATION (Région, département, forêt. .)	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	STADE	DÉBOLRREMENT		SÉNESCENCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF		
					DATES CALENDRAIRES	JJ	STADE	DATES				ii	
	PACA (Var)	Le Rusonc (pépinière) Or. des graines Rondn Andalousie. Espagn.	20	1970	b3 (R)	24 avril	114	/	/	/	/	Age des plants: 5 ans	8
	PACA (Var)	Le Ruscas (Corel des Manies, ail 43 m) Le Treps (forêt de Collobrières. ail.520 m) Pellenq (forêt de Pellenq. ail 600m)	20	1985*	b3  R **	22 mai (sapin méditerranéen à débour. tardif)	142	/	/	/	/	Age des plants: 12 à 15 ans Obs. sur 1 on 2 provenances. Obs. de 30 arbres par provenance. * mo. des dates de débour obs. dans les 3 plantations **état du bougeon terminal	11
	PACA (Var)	Le Riiscas (forêt des Maures, ail. 5 m) Le Treps (forêt de Collobrières. ail 520 m) Pellenq (forêt de Pellenq. ail.600m)	20	1985*	R**	17 avril	107	/	/	/	/	Age des plants: 12 à 15 ans *mo. des dates de débour obs dans les 3 plantations. **état du bourgeon terminal	11
	Cèdre de l'Atlas ( <i>Cedris ufoitiku</i> Car rj)	PACA (Var)	2	1873 1885	Fc Fe Fc	/	/	CF	17noVembr	321	/	Exposition: sommet d'un plateau.	28
	Mélèze d'Europe ( <i>Larix ilevidau</i> Mill.)	CENTRE (Loiret . Nogetu-sur-Vernisson)	2	1873 1885	Fc Fe Fc	/	/	CF	17noVembr	321	/	Exposition: sommet d'un plateau.	28
		PACA (Hautes-Alpes)	27	1997 1998 1999 1997-99	Renccofor	5-26 mai 11-18 mai 10-24 mai 8-22mai	12J-H6 131-138 130-144 128-142	Renccofor	29 scpt-20 oct 21scpt-5oct 27 scpt-1 oct 25 scpt-12 oct	272-293 264-278 270-284 268-285	168 147 154 156	Essence principale Exposition nord-est Structure: F Age en 1997: 135 ans o: 4-7 o. II	27
	Epicéa commun ( <i>Picea ables</i> (L.) KarslJ)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	2	1881 1885	Fc Fc	26 avril 19a[ri]	116 109	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau	28
		CHAMPAONE-ARDENNE (Ardennes)	6	1997 1998 1999 1997-99	Renccofor	5 mai 4-11 mai 10-17 mai 6 mai-11 mai	125 124-131 130-137 126-131	/	/	/	/	Essence principale. Exposition plat. Structure F Age en 1997: 38 ans o: 3-6	27
		LANGUEDOC-ROUSSILLON (Hérault)	20	1997 1998 1999 1997-99	Renccofor	12 mai (90%) 27 avril-4 mai 19 avril 23 avril-1 mai	131 117-124 109 113-121	/	/	/	/	Essence principale. Exposition plat Structure F Age en 1997: 30 ans. O6-12	27
		FRANCHE-COMTE (Jura)	13	1997 1998 1999 1997-99	Renccofor	5-19 mai 11-25 mai 17-31 mai 11-25 mai	125-139 131-145 137-151 131-145	/	/	/	/	Essence principale Exposition: sud-est Structure: F Age en 1997:61 ans o: 6-6	27
		FRANCHE-COMTE (Jura)	13	1997 1998 1999 1997-99	Renccofor	26 mai-2 juin 1-8 juin 31 mai-7 juin 29 mai-5 juin	146-153 152-159 151-158 149-156	/	/	/	/	Essence principale Exposition: ouest Structure F Age en 1997: 114 ans a: 3-3	27
		AUVERGNE (Puy-de-Dôme)	25	1997	Renccofor	12-19 mai	132-134	/	/	/	/	Essence principale Exposition plat Structure F. Age en 1997: 31 ans	27
		BOURGOGNE (Saône et Loire)	6	1998 1999 1998-99	Renccofor	11-25 mai 10-17 mai 11-21 mai	131-145 130-137 130-141	/	/	/	/	Essence principale Exposition: sud-est Structure: F Age en 1997: 51 ans. o: 1-6	27

ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT		SÈNESCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF	
	(Région département. Coré. )				STADE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE				DATES
RHONE-ALPES <Saloic	Forêt de Bourg-Saiiu-Maunicc EPC 71 Alt : 1701/111	2*	1997	Ronccofo	5-1) moi	121-139	/	/	/	/	Essence principale. Exposition nord-oucl Stniclurc : F Age en 1997 : 1K? ans	27
			199K 199J	Ronccofo Ronccofo	4.11 mai 17-24 mai	124-U1 117-144	/	/	/	/		
RHONE-ALPES Haulc-Saloic)	Forêt de Voicems EPC 74 Alt. 121(1 iii	2*	1997	Ronccofo	19-26 mai	111-M46	/	/	/	/	Essence principale Exposition ouest Structure : F. Age en 1997: 76 ans.	27
			199K 199J	Ronccofo Reneccoro	25 mai-1 juin 17-24 mai	145-152 137-144	/	/	/	/		
MIDI-PYRENEES (Tam)	Forêt de Noic EPC » I Alt : 8211 m	2*	1997	Ronccofo	7-2 «aMil	97.11 «	/	/	/	/	Essence principale. Exposition: nord Simclurc : F Age en 1997:46 ans.	27
			199K 199J 1998-99	Ronccofo Ronccofo Ronccofo	4-1 «mai 3-111 mai 24 a/nl-H mai	124-1.1) 123-130 114-12 « cr: 15-1(1	/	/	/	/		
LORRAINE (Vogcs)	Forêt de Laiclic EPC 88 Alt : 660 m	7	1997	Ronccofo	5-26 mai	125-146	/	/	/	/	Essence principale Exposition siid-oucl Stniclurc : F Age en 1997: 72 ans	27
			199H 199J	Ronccofo Ronccofo	11 « 111-24 mai	11 « 131-144	/	/	/	/		
PACA (Haulc-Alpes)	Foiél de Boscodon SP 05 Alt: 111.0 ni	27	1998	Ronccofo	18-25 mai	13K-145	/	/	/	/	Première essence du sous-clagc. Exposition nord-cl.	27
Pin cembri) (Pinu) centru L.)	CENTRE (Loiret. Nogent-sur-Vcmisson)	2	18K5	Fc	15 mai	135	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plalcatu	28
Pin larici.i tPinuxnlgra Arn. ssp. Itiricw (Poir.) M.lire)	CENTRE (Loiret . Nogent-sur-Vcmisson)	2	1 «?»	Fc	15 avril	105	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau	28
Pin liiricli» île Corse (Pinu) nigra Am. ssli. laricw (Poir.) Maire var. r./^:TM (Liuu.l.l Mil)	CORSE Forêt d'Aitonc PL 211 Alt. 1100 m	22	1997	Ronccofo	9-16 juin	160-K.7	/	/	/	/	Essence principale. Exposition: nord-oucl Structure : F Age en 1997: 176 ans	27
			1999 1997-1999	Ronccofo Ronccofo	10-24 mai 25 mai-4 juin	130-144 145-155	/	/	/	/		
Pin miirilimi: (Pinuxpilijuster AitJ	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vcmisson)	2	18K5	Fc	10 mai	131	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plalcatu	28
POITOU-CHARENTES (Charcnc-Maritimcl)	Forêt des Saumonards PM 17 Ah. 15 m	15	1997	Ronccofo	2 » avril-5 mai	118-125	/	/	/	/	Essence principale Exposition plat Stniclurc : F Age en 1997: 26 ans	27
			199K 1999 1997-99	Ronccofo Ronccofo Ronccofo	20 avril-4 mai 19-26 avril 22 avril-1 mai	110-124 109-116 112-121	/	/	/	/		
CORSE	Forêt de Zonza PM 20 Alt : «50 m	22	1997	Ronccofo	12-26 mai	132-146	/	/	/	/	Essence principale Exposition, nord-ouest. Struclurc : F Age en 1997 45 ans	27
			199K 1999 1997-99	Ronccofo Ronccofo Ronccofo	20 avril(1(>%) 10-25 mai 4-25 mai	110 130-145 124-145	/	/	/	/		
AQUITAINE (Landest)	Forêt de Vielle Saint Girons PM 4(la Alt : 27 m	18	1997	Ronccofo	21 avril-12 mai	111-132	/	/	/	/	Essence principale Exposition: sud-ouest Structure : F Age en 1997 32 ans	27
AQUITAINE (Landes)	Forêt d'Arx PM 40b Alt. 111) m	16	1997	Ronccofo	14-21 avril	104-111	/	/	/	/	Essence principale. Exposition plat Simclurc : F Age en 1997 20 ans.	27
			1998 1999 1997-99	Ronccofo Ronccofo Ronccofo	114 R mai 4-11 mai 29 avril-6 mai	131-138 124-131 119-126	/	/	/	/		

ESPÈCE	LOCALISATION		CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT STADE	DÉBOURREMENT DATES CALENDAIRES		SÉNESCENCE STADE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF
	IRégion dépalicmct. forêt. )					JJ	STADE	DATES	JJ			
	AQUITAINE (Landes)	Forêt de Losse PM 10e AU 150 m	16	1997 <del>1998</del> 1117-9K	Renecofor	14-21 avril 4-11 mai	104-111 124-131	/	/	/	Essence principale. Exposition: ph. Structure: F Aijecn 1197: 1« ans	27
	PAYS DE LA LOIRE (Sartiac)	Forêt de Bercé PM 72 Alt 153 m	14	1998 1991 1998-11	Renecofor Renecofor	11 mai(90%) 13-27 avril 13 avril-1 mai	131 103-117 103-124	/	/	/	Essence principale Exposition: plat. Structure: F Age en 1997: 29 ans	27
Pin pinier ( <i>Pinus pinça</i> L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Banes Alt. 150 m	2	1885	Fc	1 mai	121	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau	28
Pin sylvestre ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)	CENTRE (Loiret : Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Banes. Alt. 150 m	2	1885	Fc	1 mai	121	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau.	28
	PACA (Alpes de Haute-Provence)	Forêt du Fugeret PS 04 Alt 1670 m	27	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	28 avril-19 mai 11 mai-8 juin 24 mai-7 juin 11 mai-1 juin	118-139 131-159 144-158 131-152	/	/	/	Essence principale. Exposition: sud. Structure: F. Age en 1997: 72 ans. er. 13-11	27
	AUVERGNE (Cantal)	Forêt de Paulhac PS 15 Alt.: 1000 in	23	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	21-28 avril 4-11 mai 3-11 mai 29 avril-6 mai	111-118 124-131 123-130 119-126	/	/	/	Essence principale Exposition: plat Structure: F Age en 1997: 63 ans a: 7-7	27
	BRETAGNE (Ile-et-Vilaine)	Forêt de Rennes PS 35 Alt.: 80 m	9	1998 1999 1998-99	Renecofor Renecofor	4 mai (11%) 26 avril-3 mai 30 avril-3 mai	124 116-123 120-123	/	/	/	Essence principale Exposition: plat Structure: F Age en 1997: 44 ans. <r:6	27
	CENTRE (Loir-et-Cher)	Forêt de Lamotte-Beuvron PS 41 Alt 140 m	111	1999	Renecofor	19 avril	109	/	/	/	Essence principale Exposition plat Structure F Age en 1997: 42 ans	27
	PAYS DE LA LOIRE (Loire-Atlantique)	Forêt du Galère PS 44 Alt 38 m	9	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	28 avril-5 mai 27 avril-11 mai 3-10 mai 29 avril-8 mai	118-125 117-131 123-130 119-128	/	/	/	Essence principale. Exposition: plat. Structure: F Age en 1997: 59 ans t.: 3-3	27
	CENTRE (Loiret)	Forêt d'Orléans PS 45 Alt.: 145 m	1	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	19-26 mai 11 mai-1 juin 17 mai-7 juin 15 mai-1 juin	139-146 131-152 137-158 136-152	/	/	/	Essence principale. Exposition plat. Structure F Age en 1997: 57 ans. ci: 4-6	27
	BASSE-NORMANDIE (Orne)	Forêt d'Andaincs PS 61 Alt : 260 m	4	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	28 avril (9%) 27 avril-11 mai 3-24 mai 30 avril-11 mai	MS 117-131 123-144 120-131	/	/	/	Essence principale Exposition: plat. Structure F. Age en 1997: 46 ans. O:4-13	27
	AUVERGNE (Puy-de-Dôme)	Forêt de la Bosdonie et autres PS 63 Alt 750 ni	24	1997 1998 1999 1997-99	Renecofor Renecofor Renecofor	5-12 mai 11-18 mai 10-17 mai 8-15 mai	125-132 131-138 130-137 128-135	/	/	/	Essence principale Exposition: nord-ouest Structure: F. Age en 1997: 97 ans <r: 3-3	27

ESPÈCE	LOCALISATION (Région département, forêt...)	CONTEXTE CLIMATIQUE	ANNÉES	DÉBOURREMENT			SÉNESCENCE			SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REE
				STADE	DATES CALENDAIRES	JJ	STADE	DATES	JJ			
ALSACE (Bas-Rhin)	Forêt Indiv isc de l'ajuchan PS 07a Alt: 175 m	K	1997	Renecofor	12-11 mai	132-139	/	/	/	/	Essence principale. Exposition plat Structure F Age en 1997: <X ans [y>7 fortes jetées en avril]	27
			1998	Renecofor	27a mai-11 mai	117-131	/	/	/	/		
			1999	Renecofor	26a mai-3 mai	116-123	/	/	/	/		
			1997-99		1 mai-11 mai	121-131						
ALSACE (Bas-Rhin)	Foiuld'Imjnillei PS 67b Air: 290 m	K	1997	Renecofor	3-11 mai	125-130	/	/	/	/	Essence principale Exposition plat Strichne F Age en 1447 67 ans	27
			1998	Renecofor	4-25 mai	124-143	/	/	/	/		
			1999	Renecofor	26a mai-17 mai	116-137	/	/	/	/		
			1997-99		1-20 mai	121-140						
HAUTE-NORMANDIE (Seine-Maritime)	Forêt de Bretonne PS 76 AU: 70 m	3	1447	Renecofor	31 mai-14 avril	40-104	/	/	/	Essence principale Exposition-pint Structure F Age en 1447: 46 ans 199x suilcaratlaquediilophvrccn 1447. le pculplmnl réagil avec lenteur	27	
			1998	Renecofor	2(1)avril-11 mai	110-131	/	/	/			/
			1444	Renecofor	26avril-3mai	116-123	/	/	/			/
			1947-44		15 avril-29 avril	105-114						
ILE DE France (Yvelines)	Forêt de Rambouillet PS 7« Alt: 17(1 m)	1	1997	Renecofor	28 avril-19 mai	118-130	/	/	/	/	Essence principale Exposition: plat Structure F Age en 1447 46 ans	27
			1997-99									
			1997	Renecofor	28 avril-19 mai	118-130	/	/	/	/		
			1997-99									
LORRAINE (Vosges)	Forêt de Bnjyères PS «8 Alt: 5(10 m)	7	1447	Renecofor	5-12 mai	125-132	/	/	/	/	Essence principale Exposition est Structure F Age en 1447 64 ans 1947 froid et sec pendant 3 semaines en avril	27
			1949	Renecofor	3-10 mai	123-130	/	/	/	/		
			1997+44		4-11 mai	124-131						
			1997-99									
BOURGOGNE (Yonne)	Forêt de Ponligr PS «9 Alt: 120 m	2	1997	Renecofor	5-12 mai	125-132	/	/	/	/	Essence principale. Exposition plat Strjclure F Age en 1997 61 ans	27
			199X	Renecofor	11-1Kmai	131-13«	/	/	/	/		
			1999	Renecofor	3-1(1 mai	123-130	/	/	/	/		
			1997-99		6-13 mai	126-133						
Douglas LIMOUSIN (Creuse)	Forêt du Maupu) DOU 23 AU 6111m	23	1447	Renecofor	21 avril-2 juin	111-153	/	/	/	/	Essence principale Exposition ouest. Strjclure F Age en 1447 27 ans	27
			1448	Renecofor	4-11 mai	124-131	/	/	/	/		
			1499	Renecofor	3-10 mai	123-130	/	/	/	/		
			1997-99		29 avril-1« mai	119-13«						
LANGUEDOC-ROUSSILLON (Hérault)	Forêt des Alam-Monts DOU 34 Alt: 700 m	20	1448	Renecofor	20avril-4mai	110-124	/	/	/	/	Essence principale. Exposition sud. Strjclurc K Age en 1997: 51 ans	27
			1994	Renecofor	19 av ril-3 mai	104-123	/	/	/	/		
			1998-99		19 av ril-3 mai	104-123						
			1997-99									
BASSE-NORMANDIE (Orne)	Forêt d'Ecoules DOU 61 Alt: 375 m	4	1999	Renecofor	10-24 mai	130-144	/	/	/	/	Essence principale l'position est Structure F Age en 1997 33 ans	27
			1997-99									
			1999	Renecofor	10-24 mai	130-144	/	/	/	/		
			1997-99									
MIDI-PYRENEES (Hautes-Pyrénées)	Forêt de Lourdes DOU 65 Alt: 42(1 m)	28	1997	Renecofor	7-21 avril	97-111	/	/	/	/	Essence principale: l'position nnd-csl Striclitri; F Age LU IW 7 27 ans	27
			1998	Renecofor	2(1-27 avril	110-117	/	/	/	/		
			1999	Renecofor	26 av ril-3 mai	116-123	/	/	/	/		
			1997-99		17-27 avril	107-117						
RHONE-ALPES (Rhône)	Forêt de Brou DOU 6« Alt.: 52(1 m)	17	1997	Renecofor	5-19 mai	125-139	/	/	/	/	Essence principale Exposition ouest Structure F Age en 1997 27 ans	27
			1998	Renecofor	4-25 mai	124-145	/	/	/	/		
			1999	Renecofor	10-17 mai	130-137	/	/	/	/		
			1997-99		6-2(1 mai	126-140						

ESPECE	LOCALISATION (Région, département, forêt, )	CONTEXTE	ANNÉES	DÉBOURREMENT		SÉNESCENCE		SV	OBSERVATIONS GÉNÉRALES	REF			
				CLIMATIQUE	STADE	DATES CALENDRIER	JJ				STADE	DATES	JJ
BOURGOGNE (Saône et Loire)	Forêt d'Anost DOU71 Ail: 650m	6	1998	Renecofor	11-25 mai	131-145	/	/	/	/	Essence principale. Exposition sud-ouest Structure: F. Age en 1997 23 ans	27	
			1999	Renecofor	10-24 mai	130-144	/	/	/	/			
			1998-99		10-24 mai	130-144							
<b>if à baies</b> ( <i>Taxus baccata</i> L.)	CHNTRE (Loiret, Nogent-sur-Vernisson)	Domaine forestier des Barres. Ail: 150 m	2	1881	Fe	27 avril	117	/	/	/	/	Exposition: sommet d'un plateau	28

## **Annexe 1**

### *Débourrement de provenances de hêtre en plantation*

Localisation de l'installation	Contexte climatique	Date de plantation	Age des plants	Code de la prov.	Nom ou n° de la prov.	Localisation de la prov.	Pays ou département d'origine	Région d'origine	Stade phénologique	Dates d'observation du débournement et pourcentage d'arbres dans chaque "classe"		Réf	
BASSE-NORMANDIE (Orne)	Forêt d'Ecoincs (parcelle 136)	4	Avril 1979	3 ans	1	EU	Forêt d'Eu	Seine-Maritime	Bordure Manche	stant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	29/04/81 11.70% 7.3(1% 1%	12/05/81 19.80% 32.30% 47.90%	22c
					2	RETZ1	Forêt de Retz	Aisne	Picardie	sum à b4 (R) b4(R) st post à b4 (R)	15.7(1% 4.30% 0%	23.7(1% 21.50% 54.40%	
					3	RETZ2	Forêt de Reiz	Aisne	Picardie	si an à b4 (R) b4(R) st post à b4 (R)	X3.30% 11.5011 5.20%	15.60% 28.10% 56.30%	
					4	JOCOI	Forêt de Joimille	Haute-Marne	Nord-Est calcaire	st ant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	75.50% 7.40% 17%	18.30% 18.30% 63.40%	
					5	RESE	Forêt de La Réserve	Haute-Marne	Nord-Est calcaire	stant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	4H.R0% 1.20% 0%	40% 28.20% 31.11(1%	
					6	CHAT3	Forêt de Chatillon	Cote d'Or	Nord-Est calcaire	st ont à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	93.60% 6.40% 0%	30.90% 30.90% 38.30%	
					7	CHAT4	Forêt de Chailillon	Côte d'Or	Nord-Est calcaire	si an à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	46. K0% 2.10% 1.10%	47.40% 22.10% 30.5(1%	
					8	AUBE	Forêt d'Aubarve	Haute-Marne	Nord-Est calcaire	st ant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	15.50% 3.40% 1.1(1%	41.40% 25.30% 33.30%	
					9	PEPI	Forêt de la Peiiio Pierre	Bas-Rhin	/	si an à b4 (R) b4(R) st post à b4 (R)	65.60% 14.60% 19.80%	9.50% 13.70% 76.80%	
					10	PETR	Forêt de Perche-Trappe	Orne	/	si an à b4 (R) b4(R) st post à b4 (R)	94.70% 4.20% 1.10%	38.9% 29.50% 31.60%	
					11	BROT	Forêt de Brotonnc	Seine-Maritime	/	st ant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	94.70% 1.10% 4.20%	22.10% 32.60% 45.30%	
					12	COMP	Forêt de Compiègne	Oise	/	si an à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	97 X1% 2.20% 0%	62% 27.20% 10.90%	
					13	MOYE	Forêt de Moÿcuivre	Moselle	/	st an à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	*6.30% 11.60% 2.10%	14.70% 2420% 61.1(1%	
					14	HAYE	Forêt de Haye	Meurthe-et-Moselle	/	st an à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	K7 2(1% X50% 4.30%	29% 18.30% 52.70%	
					15	CALV	Forêt de Calviac	Lot	/	stant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	100% 0% 0%	68.80% 26% 5.20%	
					16	SOUS	Forêt de Souceyrac	Lot	/	st an à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	98.90% 1.10% 0%	50% 23.30% 21.70%	



Localisati... Je Li jhmialioi	Contexte d'implantation	Dale (k- planlati<	Age ilo jiljins	(tle -k- lit lmn	Num ou il" < U l-rt	Localisation de la pe...	Pays ou l'cpiilunici d'origine	Région d'origine	Stade phénologique	Dates d'implantation < > litéluremciil	ROT
										el lulirrenUge il'ulnex <jnx chaque "lrasse"	
19	VELZ					Velvic	Central	/	si.an) j b4 (R) b4(R) Si post fib4 (R)	51.77% .V49% 1. id.1% 94.02% i.	1.U.% 5.K1% 94.02% i.
20	MONO2					Forêt de la Moilligne Noire	Trmi	Sud Missif cœnril	si.:m[.ib4(R) b4 (R) Si posi.à b4 (R)	mi% i.WA, 0%	7.81% 7.81% K-1..8% K-1..8% K-1..8% K-1..8%
21	VEZA					Verac	Central	/	si.Hill Á b4 (R) b4(R) si post il b4 (R)	92.05% 7.95% (1%	1.14% 9.09% 119.77%
22	COMPI					Forêt de Compiègne	Oise	/	si.:uill:ib4(K) b4(R) si.post.i b4 (R)	100% (0)1% (0)1%	19.15% 21.40% 57.45% 57.45% 57.45% 57.45%
23	CHAB					Chabère	Creuse	/	si.am.j b4 (R) b4(R) si posi.à b4(R)	V7.f12% 2.18% 0%	7.14% 9.52% 81.11%
24	LIGN					Forêt de Lign> en Barrois	Meuse		si. > m à b4 (R) b4 (R) Si posi. à b4(R)	95% S7% 19%	7.50% 27.50% 65%
25	LEMB					Forêt de Lonbré	Moselle	Nord-Est calcare	si an i à b4 (R) b4(R) si posi. ib4 (R)	97.71% 2.27% 0%	0% 9.09% 90.91%
26	AULN					Forêt d'Aulnois	Deux-Sèvres	Charentes-Poitou	si am à b4 (R) b4(R) stposi à b4 (R)	K9.2% 111.77% U'A.	0% .108% 9(.92%
27	JUDI					Forêt de Ju'cl d'I'liut	Haut-Gironde	/	si.:nuàb4 (R) b4(R) si posi. ib4 (R)	77.27% 2H.45% 2.27%	0% 2.27% 97.71%
28	BUSS					Forêt de Blisicres	Haito-Marc	Nord-Est calcare	si.an.à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	115.71% 14.29% 0%	0% 1.59% 9H.41%
29	HALAI					Forêt d'Halatte	Oise	Picardie	si an t à b4 (R) b4(R) si posi. à b4 (R)	85.71% 11.90% 2.18%	0% 2.1K% 97.62%
30	CALV					Forêt de Call, iac	Lot	/	si an.ii b4 (R) b4(R) si posi à b4 (R)	1(10% 11% 11%	2.31% H95% 81.72%
31	COLE					Forêt des Colcites	Allier	Nord-Massif Central	stan i à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	95.45% 4.55% 0%	0% 4.55% 95.45% 95.45% 95.45% 95.45%
32	ARCI					Forêt d'Arci/ins-dcssis	Hauts-Pyrénées		si am. à b4 (R) b4(R) si posi à b4 (R)	100% 11% a%.	4.55% 9.09% H6.15%
33	NEAM					Neant	Roumanie		si an t a b4 (R) b4(R) si posi.à b4 (R)	54.55% 2J.7% 16 d7%	0% j)%; 100%.
34	RETZ					Forêt de Retz	Aisne	Picardie	stan i à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	92.75% 7.25% 0%	0% 2.W% 97.111%
35	PERSI					Forêt de Persigny	Sanhe	Peche	stan i:ib4 (R) b4(R) si posi.à b4 (R)	KK.17% 11.63% 0%	(M. 23 1 % 97.67%
36	PLAN					Forêt de Planoise	Saône-et-Loire	Nord-Est Massif Central	st an i à b4 (R) b4(R) stposi à b4 (R)	88.14% 10.17% 1.69%	0% 6.78% 91.22%

Localisation	Parcelle	Date de plantation	Age des plants	Code de parcelle	N° de parcelle	Localisation de l'arbre	Pays ou région d'origine	Région d'origine	Statut phytosanitaire	Dates de fin de récolte	Remarques	RF		
					17	PLEA	Forêt de PLEA	Canal	/	si.am.àb4 (R) b4(R) st.post.à b4 (K)	100% 100% 100%	6.67% 6.67% 86.67%		
					58	CARA	Carré Securin	Roumanie		si.anl.àb4 (R) b4(R) st.post.à b4 (R)	5(1% 25 57% 21.4'.	0% 0% 100%		
					39	BEJU	Bc>rdcs Juillet	Hanics-P) renées		stanl.;ib4(Rt b4(R) si.post.ii b4 (R)	72.5(1% 25% 2.50%	0% 5% 95%		
					40	LANA	La Hjiic Bcrtrix	Belgique		stanl.àb4(R) b4(R) si.post.il b4 (Rj)	101% 100% 1)	6.82% 11.38% 81.82%		
HAUTE-NORMANDI (Eure)	Forêt de L>ons 1811 (parcelle 621)	3	Décembre 1986	2 ans	1	7592		Allemagne	Schleswig-Holstein	st.int.ii b4 (R) b4(R) st.post.à b4 (R)	0% 2% 98%	57% 27% 17%	23% 11% 44%	22c
					2	7585		Allemagne	Niedersachsen	si.anl.àb-t (R) b4(R) si.post.àb4 (R)	0% 1% 99%	18% 18% 44%	11% 27% 61%	
					3	7572		Allemagne	Schleswig-Holstein	stanl.à b4 (R) bJ(R) si.post.à b4 (R)	1% 2% 98%	67% 19% 14%	.16% .10% 14%	
					4	BELLEME	Forêt de Belleme	Orne	Porclie	si.anl.à b4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	1% .1% 93%	72% 21% 7%	60% 2X% 12%	
					5	7613		Turquie	Wcst-Schuar/mccr	s.j.iiil.àb4(R) b-t(R) si.post.à b4 (R)	0% 100% 99%	45% 25% 11%	14% 2X% 57%	
					6	7657		Allemagne	Hessen	sl.ant.àb4(R) b-t(R) si.post.ii b4 (R)	2% 100% 95%	71% 100% 11%	18% 11% 11%	
					7	7588		Allemagne	Niedersachsen	s1.anl.àb4(R) b-t(R) sipo.àb4(R)	1% 100% 99%	53% 28% 18%	29% 2X% 42%	
					8	ARQUES	Forêt d'Arques	Scinc-Miirlinic	Bordure Manche	si.anl.à b4 (R) b4(R) si.post.àb4 (R)	100% 5% 92%	86% (1% 1%	61% 100% 9%	
					9	7571		Allemagne	Schleswig-Holstein	sl.ii.ii.àb4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	.1% 5% 92%	91% 8% .1%	59% 28% 11%	
					10	Belleme		France	Nord-Est calcaire	sl.ii.ii.àb4(R) b4(R) Sl.post.à b4 (R)	1% 2% 95%	71% 20% 7%	50% 11% 21%	
					11	7590		Allemagne	Niedersachsen	stanl.ii b4(R) b4(R) Sl.post.à b4 (R)	1% 1% 94%	6.1% 22% 17%	27% 18% 15%	
					12	Belleme		France	Bretagne	si.anl.àb4(R) b4(R) st.post.àb4 (R)	4% 1% 95%	71% 16% 11%	65% 25% 10%	
					13	ML6		Pays-Bas	Edsc Bos	Sl.ii.ii.àb4(R) b4(R) Stpost.à b4 (R)	1% 2% 95%	72% 17% 11%	40% 17% 21%	
					14	7656		Allemagne	Hessen	sl.anl.à b4 (R) b4(R) sipo.àb4(R)	1% 2% 97%	71% 16% 11%	41% 28% 11%	

Localisation de la plantation	Contexte climatique	Date de plantation	Agrotypologie	Mode de la parcelle	Nom ou n° de la parcelle	Localisation de la prov.	Pays ou département d'origine	Région d'origine	Statut de plantation	Dates d'implantation	Réf.		
										et pourcentage d'arbres dans chaque "trappe"			
					15	Haitau	Forêt d'Haitau	Osse	Picardie	si.jnl.1 b4 (R) W(R) si post.1 b4 (R)	62% 22% 16%	75% 16% 9%	62% 22% 16%
					16	NL2		Pays-Bas	Apeldoorn	si.im.à b4 (R) b-(R) si.post.1 b4 (R)	70% 23% 7%	94% 5% 1%	70% 23% 7%
					17	7581		Allemagne	Schlössen-Jolstein	si.im.lib-1 (R) b4(R) si post.1 b4 (R)	64% 24% 12%	91% 6% 3%	64% 24% 12%
					18	7643		Allemagne	Rheinland-Pfalz	si.sun.à b4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	61% 26% 13%	78% 5% 1%	61% 26% 13%
					19	7584		Allemagne	Niedersachsen	si.ant.à b4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	10% 11% 19%	82% 10% 8%	10% 11% 19%
					20	7617		Danemark	Halsned Kloster	st. mlib4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	20% 14% 18%	64% 24% 1.1%	20% 14% 18%
					21	EU	Forêt d'Eu	Seine-Maritime	Bordure-Manche	si.im.à b4 (R) b-(R) si.post.1 b4 (R)	60% 26% 15%	80% 15% 5%	60% 26% 15%
					22	7594		Allemagne	Nordrhein-Westfalen	si.am.à b4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	9% 10% 71%	37% 2.1% 40%	9% 10% 71%
					23	7582		Allemagne	Nordrhein-Westfalen	st.mlib4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	17% 14% 2%	0% 0% 100%	17% 14% 2%
					24	7641		Allemagne	Sachsen-Anhalt	si.am.à b4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	15% 15% 50%	47% 28% 24%	15% 15% 50%
HAUTE-NORMANDI (Eure)	Forêt de Lyons 1814 (parcelle r>21)	1	Primemps HHH	2 nns	11	7795		Espagne	Castilla-La Mancha	st.ant.à b4 (R) b-(R) st.post.à b4 (R)	100% 100% 100%	22-2.1/04/1991 22-2.1/04/1991	22c
					6	7796		Espagne	Castilla-La Mancha	si.am.à b4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	55% 33% 12%	79% 15% 6%	55% 33% 12%
					5	7671		Allemagne	Göln	si.am.à b4 (R) b4(R) st.post.1 b4 (R)	100% 100% 100%	94% 6% 0%	100% 100% 100%
					7	7675		Allemagne	Baden-Württemberg	si.am.à b4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	11% 11% 78%	11% 11% 78%	11% 11% 78%
					49	7685		Allemagne	Niedersachsen	st.am.à b4 (R) b4(R) st.post.à b4 (R)	100% 100% 100%	69% 27% 4%	100% 100% 100%
					11	7691		Tchécoslovaquie	Bohême	si.am.à b4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	100% 100% 100%	0% 7% 93%	100% 100% 100%
					8	7694		Tchécoslovaquie	Moravie	st.an.à b4 (R) b4(R) st.post.à b4 (R)	100% 100% 100%	7% 11% 80%	100% 100% 100%
					50	7709		Roumanie	Carpathes	si.nnt.à b4 (R) b4(R) si.post.à b4 (R)	100% 100% 100%	69% 19% 13%	100% 100% 100%

Lot n°	Intitulé de la parcelle	Date de création	Age des arbres	Surface (ha)	Nom de la parcelle	Localité	Pays de département d'origine	Région d'origine	Statut	Dates d'observation	Réf	
13	7715						Roumanie	Sucele	si ant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	25% 25% 50%	/	
54	7721						Roumanie	Bain	si ant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	0% 7% M%	/	
2	7723						Roumanie	Salanta	si ant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	1% 16% 81%	/	
25	7726				Forci de Soignes	Belgique		st nul à b4 (R) b4(R) st post à b4 (R)	85% 15% 0%	/		
28	7732					Suisse	Sibuhard	si ant à b4 (R) b4(R) st post à b4 (R)	81% 19% 0%	/		
1	7737					Grande-Bretagne	Westfield-Scolhid	si ant à b4 (R) b4(R) st post à b4 (R)	88% 13% b%	/		
4	7744					Pologne	Toiliis/ov-Lnbelski	si ant à b4 (R) b4(R) st post à b4 (R)	-17% 41% 13%	/		
51	7756					Allemagne	Güldenstcin Schleswig Holstein	si ant à b4 (R) b4(R) st post à b4 (R)	7% 1.1% 8(1%)	/		
16	101					France	Plateau du Jura	si ant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	5.4% 0% 6%	100% 0% 0%		
<hr/>												
HAUTE-NORMANDI (Sciic-MHriiic)	Forêt de Lyons 1835 (parcelle 56)	1	1995	2 ans	2	Unitations	Espagne		si uni à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	8% 16% 77%	(X1-07/05/99)	22c
					5	Anguano	Espagne		si uni à b4 (R) b4(R) st post à b4 (R)	8% 21% 72%		
					9	Fougères	France		si ant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	31% 25% 44%		
					12	Colentes	France		si ant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	12% 15% 71%		
					13	Val d'Esnois	France		si ant à b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	12% 20% -18%		
					19	Léocel	France		si ant à b4 (R) b4 (R) si post à b4 (R)	1% 5% 94%		
					24	Fis	Danemark		si ant à b4 (R) b4 (R) si post à b4 (R)	2% 13% 85%		
					25	Gristen	Danemark		si ant à ht (R) b4(R) st post à b4 (R)	4% 1(1% H6%		
					26	Glomp	Danemark		si ant à b4 (R) b4(R) st post à b4 (R)	3% 13% 84%		

Localisation de la plantation	Culture	Date de plantation	Age (les plants)	Code de plantation	Nom de la plantation	Localisation	Pays d'origine	Région d'origine	Statut phytogène	Détails de l'installation du matériel (pourcentage d'arbres (huit chaque "classe"))	Réf
				16	Osterholz-/Sdumböck		Allemagne	Basse-Saxe	si.ant.áb4(R) b4(R) st.post.áb4 (R)	22% 17% 59%	
				17	Deinet		Allemagne	Basse-Saxe	St.H.H.Li b4 (R) b4(R) si post à b4 (R)	41% 12% H2%	
				38	Harsefeld		Allemagne	Basse-Saxe	si.am.à b4 (R) b4(R) si post.à b4 (R)	14% 22% 41%	
				40	Bovenden		Allemagne	Basse-Saxe	st.uni à b4 (R) b4(R) st.post à b4 (R)	1% 88% 88%	
				41	Busschewald		Allemagne	Basse-Saxe	si.am.à b4 (R) b4(R) si.post.áb-t (R)	4.1% 21% 16%	
				44	Odenhaus		Allemagne	Basse-Saxe	statu à b4 (R) b4(R> st.post.áb4 (R)	1% 15% 82%	
				46	Granscc. Abl. 1082al		Allemagne	Brandenburg	st.iiiit.íl b4(R) b4 (R) st post.áb4 (R)	1.1% 16% 71%	
				66	Dilknbiirg		Allemagne	Hesse	si.am.ábJ (R) b4(R) st.post à b4 (R)	VA, 6% 92%	
				67	Hudamar		Allemagne	Hesse	st.iiiil.áb4 (R) b4 (R) si post à b4 (R)	11% 18% 72%	
				69	Budingcn. Abl. 762		Allemagne	Hesse	si.ani.Ábi (R) b4(R) si post à b4 (R)	7A, 14% 79%	
				70	Bliidingcn. Abl. 761		Allemagne	Hesse	st.iii.áb4 (R) b4(R> si post à b4 (R)	7% 15% 7H%	
				72	Situital. Abl. 411		Allemagne	Hesse	St.ani.áb4(R) b4(R) si post hb-t (R)	12% 1.1% 74%	
				74	SchNüchtern		Allemagne	Hesse	si. ml à b4 (R) b4(R) St post à b4 (R)	7A, 7A, 9<3%	
				76	Bild Zul/ungcii		Allemagne	Thüringen, ex RDA	st.ani.áb4(R) b4 (R) st.post.íl b4 (R)	5% H9% H8%	
				77	Eisenach		Allemagne	Thüringen, ex RDA	st.ani.áb4(R) b4 (R) si.post.à b4 (R)	1% 11% 84%	
				80	Ebeleben		Allemagne	Thüringen, ex RDA	si.am.áb4 (R) b4(R) si post.a b4 (R)	2% 19% 92%	
				81	Heinzebank		Allemagne	Saxe, ex RDA	si.ani à b4 (R) b4(R) st.post.à b4 (R)	1% 1% 94%	
				84	Tharandi (Pferdestall)		Allemagne	Saxe, ex RDA	si.nm à b4 (R) b4<R) si.post à b4 (R)	1% 2% 97%	
				87	Osburg		Allemagne	Rheinland-Pfalz	st.ani.áb4 (R)	8%	

Localisation de la parcelle	Code de la parcelle	Nom ou n° de la parcelle	Localisation de la parcelle	Pays ou département d'origine	Région d'origine	Statut de la parcelle	Dates d'obtention du statut et de la plantation d'arbres dans chaque "classe"	Réf
						b-t(R) si.posi. j b4 (R)	14% 7%	
	88	Morbach	Allemagne	Allemagne	Rheinland-Pfalz	si.inl. à b4 (R) b4 (R) Si.post. ; b4 (R)	VA, 5%, 92%	
	89	Hornscheid	Allemagne	Allemagne	Rheinland-Pfalz	si.inl. ii b4 (R) b4 (R) St.post. à b4 (R)	2%, 6%, 92%	
	W	Kirchlimbotondici	Allemagne	Allemagne	Rheinland-Pfalz	si.inl. ii b4 (R) b4 (R) St.post. à b4 (R)	5%, 7%, 88%	
	92	Eltstein-Std	Allemagne	Allemagne	Rheinland-Pfalz	st.mu. à b4 (R) b4 (R) si.posi. à b4 (R)	24%, 21%, 55%	
	93	Mombach	Allemagne	Allemagne	Rheinland-Pfalz	sl. ; iiiiib4 (R) b4 (R) si.post. à b4 (R)	1%, 7%, 92%	
	94	Eltstein	Allemagne	Allemagne	Baden Württemberg	si.unl. ii b4 (R) b4 (R) si.posi. il b4 (R)	1%, 4%, 9.1%	
	97	Herrnberg	Allemagne	Allemagne	Baden Württemberg	st.am. à b4 (R) b4 (R) St.post. à b4 (R)	22%, 27%, 51%	
	99	Eilingen	Allemagne	Allemagne	Baden Württemberg	si.nul. ii b4 (R) b4 (R) st.post. à b4 (R)	7%, 10%, C1%	
	100	Ebrach	Allemagne	Allemagne	Bayern (Bavière)	si.inl. à b4 (R) b4 (R) St.post. H b4 (R)	7%, 17%, 76%	
	101	Kaufbeuren	Allemagne	Allemagne	Bayern (Bavière)	si.inl. à b4 (R) b4 (R) St.post. ; b4 (R)	1%, 11%, 81%	
	102	Volksbrunn	Allemagne	Allemagne	Bayern (Bavière)	Stant. à b4 (R) b4 (R) si.post. à b4 (R)	2%, 1%, 97%	
	104	Zwiesel	Allemagne	Allemagne	Bayern (Bavière)	Stant. iib-t (R) b4 (R) si.posi. it b4 (R)	0%, 2%, 98%	
	108	Yonice	Allemagne	Allemagne	Bayern (Bavière)	si.inl. à b4 (R) b4 (R) si.post. ii b4 (R)	VA, 4%, VJ%	
	110	Kladsko	Allemagne	Allemagne	Bayern (Bavière)	st.ant. j b4 (R) b4 (R) st.post. il b4 (R)	11%, 7%, > m'	
	111	Český Krumlov	Allemagne	Allemagne	Bayern (Bavière)	siam. à b4 (R) b4 (R) si.posi. j b4 (R)	1%, 2%, 97%	
	115	Sary Saez	Allemagne	Allemagne	Bayern (Bavière)	Slant. à b4 (R) b4 (R) st.post. à b4 (R)	1%, 1%, %	
	124	Zámarov	Allemagne	Allemagne	Bayern (Bavière)	Sl. am. à b4 (R) b4 (R) sl.post. à b4 (R)	1%, 2%, 97%	

Localisation de la plantation	Contexte climatique	Décl. de plantation	Ajç des plants	Code lit. V. prov.	Nom ou n° de la lign.	Localité/Kiçin de la prov.	PAYS ou (partenariats) d'origine	Région d'origine	Statut (hémisphère) et/ou	Dates (l'installation) de l'installation et l'origine de l'origine dans cette "classe"	Résultat
					129	Stolencic	Slovaquie		St. n. à b4 (R) b4 (R) si post. à b4 (R)	2% 4% 94%	
					130	Trencin	Slovaquie		st. n. à b4 (R) b4 (R) si post. à b4 (R)	0% 4% 96%	
					P2	Murati	Slovaquie		st. n. à b4 (R) b4 (R) si post. à b4 (R)	1% 8% 91%	
					146	Beins-Bilov	Roumanie		si. mil. à b4 (R) b4 (R) si post. à b4 (R)	1% 7% 92%	
					161	Fkling	Allemagne	Schilfsutg. Holsicm	si. ant. à b4 (R) b4 (R) si post. à b4 (R)	11% 19% 50%	

## Annexe 1

*Observations phénologiques de la fin du  
XIXème siècle*

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Clivure des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	
Plantes vivaces													* Région: Centre Département Loiret Commune Noyen-sui-Yernisson Altitude 150 m Exposition sommet d'un plateau Observations faites hors-bois et sous-bois La station sous-bois est à 168 m de la station hors-bois sous un perchis de chênes Le domaine d'une contenance de 67 hectares 50 ares est boisé sur 43 hectares environ en essences feuillues et résineuses.
Achillée millefeuille <i>Achillea millefolium</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 juin	160	/	/			
Aconit napel <i>Aconitum napellus</i> L.	1873	Domaine Forestier des Barres *	/	/	/	/	17 mai	137	/	/			
Adonis flamme <i>Adonis vernalis</i> Jacq	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 juin	155	/	/			
Aigremoine eupatoire <i>Agrimonia eupatoria</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 juin	170	/	/			
Bugle rampante <i>Ajuga reptans</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 avril	111	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 avril	109	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 mai	123	/	/			
Plantain d'eau <i>Alisma plantago</i> L.	1885	Domaine forestier des Barres *	25 février	56	10 mars	69	10 mai	69	/	/			
Vulpin genouillé <i>Alapeurus geniculatus</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 mai	140	/	/			
Vulpin des prés <i>Alopecurus pratensis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 juillet	184	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mai	129	/	/			
Guimauve officinale <i>Althaea officinalis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 juillet	197	/	/			
Amarante réfléchie <i>Amaranthus retrofractus</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 juillet	203	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 juin	178	/	/			
Anagyris fétide <i>Anagyris foetida</i> L.	1872	Département: Pyrénées-Orientales, Collioure.	/	/	/	/	20 janvier	20	/	/			
Buglosse d'Italie <i>Anthus italicus</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 mai	144	/	/			
Anémone des bois <i>Anemone nemorosa</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 mars	82	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 mars	77	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mars	86	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mars	87	/	/			
Anthémis des champs <i>Anthemis arvensis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 mai	143	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 mai	139	/	/			
Muflier majeur (gueule-de-loup) <i>Antirrhinum majus</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mai	130	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 mai	137	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres V	/	/	/	/	24 mai	145	/	/			
Ancolie vulgaire <i>Aquilegia vulgaris</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 mai	134	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 mai	121	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 mai	132	/	/			
Arabette <i>Arabis caucasica</i>	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 février	58	/	/			
	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mars	67	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 mars	71	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mars	68	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mars	66	/	/			
	1875	Département: Aisne, Coucy-le-château.	/	/	/	/	18 mars	77	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Boisgermement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	
Aristolochie siphon <i>Aristolochiti siphon</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mai	128	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 mai	146	/	/			
Armoise vulgaire <i>Artemisia vulgaris</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 août	223	/	/			
<i>Arum commune</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 mai	122	/	/			
Arum d'Italie <i>Arum italicum</i> Mill]	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	(9 avril	109	/	/			
Arum tacheté <i>Anthriscus silvestris</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 avril	105	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 avril	112	/	/			
Reine des bois (aspérule odorante) <i>Asperula odorata</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 mai	125	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	1 mars	60	/	/	22 mars	81	/	/			
Asphodèle <i>Asphodelus luteus</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 mai	121	/	/			
Aster <i>Aster novae angliae</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 septembre	251	/	/			
Belladone <i>Atropa belladonna</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 juin	169	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 mai	127	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 mai	132	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 mai	139	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 avril	108	/	/			
Avoine <i>Avena sp</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 juin	165	/	/			
Avoine pubescente <i>Avena pinnatifida</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mai	142	/	/			
Avoine cultivée <i>Avena sativa</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	13 juillet	194			
Pâquerette vivace <i>Campanula medium</i> L.	1872	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	1	22 février	53	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	1	/	1	1	11 janvier	11	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	1	25 janvier	25	/	1			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	1	21 février	52	/	1			
	1872	Département: Aisne. Soissons	1	/	1	1	4 février	35	/	1			
	1875	Département Aisne. Coucy-le-château	1	1	1	1	27 janvier	27	1	1			
	1872	Département: Maine-et-Loire La Baumette	/	1	1	/	28 janvier	28	1	1			
Bident tripartit <i>Centropogon tripartitus</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	/	27 août	239	1	1			
Briza intermédiaire <i>Briza media</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	/	5 juin	156	1	1			
	1874	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	/	6 juin	157	1	1			
Brome dressé <i>Bromus ciliaris</i> Huds.	1874	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	/	4 juin	155	1	1			
Brunelle vulgaire <i>Bromus vulgaris</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	/	8 juin	159	1	1			
Bryone dioïque <i>Bryonia dioica</i> Jacq.	1874	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	/	12 mai	132	1	1			
	1676	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	/	26 mai	147	1	1			
Butome en ombelle (Onc fleuri) <i>Butomus umbellatus</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 juin	171	/	/			
Calament officinal <i>Calamintha sylvatica</i> Bromf.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 août	225	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calendrier	J.J	Date calendrier	J.J	Date calendrier	J.J	Date calendrier	M	Date calendrier	J.J	
<i>Calendula vulgiris</i>	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 février	41	/	/			
Populage des marais ( <i>allhiapahtsnis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mars	87	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	31 mars	90	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 avril	92	/	/			
	1872	Département: Aisne, Soissons.	/	/	/	/	3 mars	63	/	/			
<i>Campanula pyramidalis</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 août	221	/	/			
Campanule raiponce <i>Campanula rapuntillis</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 juin	161	/	/			
Chanvre cultivé <i>Cannabis saliva</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 juillet	198					
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 juin	153	/	/			
Capselle bourse à pasteur <i>Capsella bursa-pastoris</i> Moench.	1872	Département: Aisne, Soissons.	/	/	/	/	4 février	35	/	/			
Cardamine des prés <i>Cardaminac pratensis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 avril	94	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 avril	97	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 avril	94	/	/			
Chardon penché <i>L'ardms milans</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 mai	147	/	/			
Centauree chausse-trape (chardon étoilé) <i>Centaurea calcitrapa</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 juillet	196	/	/			
Centauree bleuet <i>Centaurea cyanus</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 mai	143	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 mai	143	/	/			
Céaiste des champs <i>Cerastium anense</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 mai	121	/	/			
Giroflée Violier <i>Chiranthum chéri</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 janvier	12	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mars	67	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	31 mars	90	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 mars	74	/	/			
	1875	Département: Aisne, Coucy-le-château.	/	/	/	/	31 mars	90	/	/			
Giroflée de murailles	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 avril	99	/	/			
Chélidoine grande ( <i>helkhnim imijns</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 avril	106	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 avril	119	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 avril	109	/	/			
Chrysanthème des moissons ( <i>hiysanihanum segetum</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mai	148	/	/			
Chicorée intybe ( <i>ihoiitn intyblis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 juillet	184	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 juin	175	/	/			
Clématite vigne-blanche <i>Clematis vitalba</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 juillet	188	/	/			
Colchique d'automne <i>Colchicum autumnale</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 septembre	250	/	/			
Ciguë <i>Caniin sp</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 avril	110	/	/			
	1884	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 mars	79	/	/			
Muguet <i>Conrallaria maialis</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 mai	121	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 mai	124	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 avril	115	/	/			
							7 mai	127	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Mahuilé		Chute des feuilles		Localisation et obstinations générales
			Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ			
Liseron des champs <i>fonvnlvuhSLinvnsis</i> L.	1873	Domaine foiclicrdes lianes *	.	.	.	.	17 juin	168	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	.	.	.	.	29 mai	149	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	.	.	.	.	19 mai	139	/	/			
<i>Ct&gt;imlvillit&gt;miHubiiv</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	.	.	.	.	14 juillet	195	/	/			
Liseron des haies <i>Convotvulm svpium</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 juin	179	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 juin	153	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 juin	152	/	/			
Coronille emerus <i>Coronifh emems</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 avril	114	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 avril	111	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 avril	117	/	/			
Coronille minime <i>Comnillii minima</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mai	129	/	/			
Coronille variée ( <i>oronilhi varia</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 juin	171	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 juin	157	/	/			
Safran printanier <i>Cnn-iis renms</i> AH	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mars	70	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 février	58	/	/			
	IS75	Departement Aisne. Coucy-le-château.	/	/	/	/	11 mars	70	/	/			
Cyclamen ( <i>ycakmcn sp</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 juillet	209	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 août	229	/	/			
Cynosure à crêtes <i>Cynmum crislatm</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 juin	166	/	/			
Dactyle aggloméré <i>Dactylis glomcmia</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mai	148	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 mai	150	/	/			
<i>Dahlia variabilis</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 juillet	185	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 juillet	197	/	/			
Dauphinelle d'Ajaj <i>Delphinium ajacis</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 juin	159	/	/			
Dauphinelle consoude <i>l'klphinhim consolida</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 juin	168	/	/			
Œillet arméria <i>Dianthi.s armcriti</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 juin	171	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 juin	170	/	/			
Œillet barbu <i>Dianthits birhuitf</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 mai	150	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 mai	150	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mai	149	/	/			
<i>Dianllms plunmrins</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 mai	N0	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 mai	133	/	/			
Digitale pourpre <i>Digitalis pwpnrcu</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 juin	169	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 juin	165	/	/			
Cardère sauvage <i>Dipsaais silvestris</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 juillet	201	/	/			
Vipérine d'Italie <i>I-xhium ifalictm</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 juin	151	/	/			
Vipérine vulgaire <i>Echium vulgäre</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 mai	142	/	/			
Epilobe hérissé <i>Epilobium hirsutum</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 juillet	195	/	/			
	1874	Domaine forestier des Banes *	/	/	/	/	26 juin	177	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et obsei^ » lions générales
			Dnele cilendaire	JJ	Date calendnhe	JJ	Date crieri<-laire	JJ	Date ci tend aire	JJ	Date ci lend airt	JJ	
Epip.oids	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 juillet	199	/	/			
Eranthis d'hiver	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 janvier	25	/	/			
<i>Eranthis lanalis</i> Salisb	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 janvier	30	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 février	51	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 février	37	/	/			
Erigeron du Canada <i>Erigeron vanadcmis</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 mai	149	/	/			
Erodium à feuilles de ciguë <i>Erodium lularint</i> l.Héiit	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 février	54	/	/			
<i>Erysinmm perfoliatum</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 mai	140	/	/			
Erythrée petite-centaurée <i>Erythraeacclnlatiitiii</i> Pers	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 juillet	190	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 juin	176	/	/			
Erythrée élégante <i>Erythra pulche</i> Ua Horn.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 juillet	188	/	/			
Eupaioire chanvrine <i>Eupalortiini cannab'tmmt</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 juillet	209	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 juillet	210	/	/			
Euphorbes <i>Euphorbia sp</i>	1872	Département: Pyrénées-Orientales. Collioure.	/	/	/	/	20 janvier	20	/	/			
Euphorbe faux-amandier <i>Euphorbia aniygdaioides</i> L.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 avril	110	/	/			
Euphorbe petit-cyprès <i>Euphorbia cyparissias</i> L	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 avril	110	/	/			
Euphorbe épurge <i>Euphorbia lalhyris</i> L	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/			
Euphorbe des bois <i>Euphorbia silvatica</i> L	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 avril	100	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 avril	101	/	/			
<b>Féluque</b> <i>Festmca glanca</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 juin	158	/	/			
Ficaire fausse-renoncule <i>Pkaria ramunculaides</i> MoencU.	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 février	51	/	/			
	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	Février	/	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 février	54	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mars	68	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 février	47	/	/			
	1872	Département: Pyrénées-Orientales Collioure.	/	/	/	/	20 janvier	20	/	/			
Fenoil sauvage <i>Foeniailiin vulgäre</i> Mill	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 juin	178	/	/			
Fraisier des bois <i>Fragaria sylvestris</i>	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 février	47	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 mars	73	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 mars	62	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mars	68	29 juin	180			
	1885	Domaine forestier des Barres *	1 avril	91	/	/	2 mai	122	10 juin	161			
Fraisier comestible <i>Fragaria resta</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 mars	77	/	/			
<b>Frillilaire</b> <i>Fritillaria imperialis</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mars	85	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 avril	91	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 mars	85	/	/			
<i>Fumaria media</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 avril	104	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Ftoaison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calculaie	M	Dnle rniembraire	M	Date calendaire	-JJ	Date calendaire	JJ	Date citeulaire	JJ	
Fumeloue officinale <i>lutmuiofilwal's L</i>	1876	Domaine Ibreslici des Dnne*	?	?	?	?	31 mars	91	?	?			
Galanthe des neiges (perce-neige) <i>(nitint'u.Minv/rsL</i>	1872	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	12 février	43	?	?			
	1873	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	12 janvier	12	?	?			
	1874	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	3 février	34	?	?			
	1875	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	27 janvier	27	?	?			
	1876	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	17 février	48	?	?			
	1881	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	3 février	34	?	?			
	1884	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	12 janvier	12	?	?			
	1875	Département: Aisne Coucy-le-château.	?	?	?	?	16 février	47	?	?			
	1872	Département Vosges Epinal	?	?	?	?	21 février	52	?	?			
Galéya officinal <i>(ialega offhinalis L</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	1 juillet	182	?	?			
Gaillet croisetie <i>Galium LMeitta Scop</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	11 avril	101	?	?			
Géranium mou <i>Geranium »mle L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	12 avril	102	?	?			
	1876	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	21 avril	112	?	?			
Géranium herbe-à-Robert <i>Geranium robeniauu/n L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	13 avril	103	?	?			
	1876	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	16 mai	137	?	?			
Benoîte commune <i>Gewti urbaim L</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	15 mai	135	?	?			
Glécoma faux-lierre <i>(lechiHiiti licJeniLVii L</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	22 mars	81	?	?			
	1874	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	24 mars ; 5 avril	83 ; 95	?	?			
	1875	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	15 avril	105	?	?			
	1876	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	25 mars ; 7 avril	85;98	?	?			
Hélianthe annuel <i>Helitthus timnis L</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	20 juillet	201	?	?			
Héliotrope d'Europe <i>Hdiotropium itnôpucum L</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	3 août	215	?	?			
	1874	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	30 juin	181	?	?			
Hellébore félide <i>Hekhorus foeticlx L</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	23 janvier	23	?	?			
	1874	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	2 février	33	?	?			
	1875	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	24 février	55	?	?			
	1876	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	15 mars	75	?	?			
	1881	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	6 avril	96	?	?			
<i>Helleboris niger</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	28 novembre	332	?	?			
	1876	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	17 novembre	322	?	?			
	1872	Jardin botanique de Dijon	?	?	?	?	1 février	52	?	?			
Hépatique à 3 lobes <i>HejKifien irilohn Chaix</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	1 février	32	?	?			
	1875	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	10 mars	69	?	?			
	1876	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	25 février	56	?	?			
<i>Hepolied Irilobu nr coemleir</i> <i>HejKilica irilobu vnr roscu</i>	1875	Département: Aisne Coucy-le-château	?	?	?	?	17 janvier	17	?	?			
	1875	Département: Aisne Coucy-le-château	?	?	?	?	10 mars	69	?	?			
Berce spodyle <i>Heraclium spndyituni L</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	8 juillet	189	?	?			
Julienne des dames <i>Hesperis maironalis L.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	6 mai	126	?	?			
	1875	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	17 mai	137	?	?			
<i>Hibiscus syriacus</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	5 août	217	?	?			
	1874	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	1*7 juillet	198	?	?			
<i>Hieracium maculatiim L</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	?	?	?	?	17 avril	107	?	?			

Nains d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Mniillité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	
Epervière des nims <i>Hieracium munitum</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 avril	112	/	/			
Epervière piloselle <i>Hieracium pilosella</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 mai	123	/	/			
Orge vulgaire <i>Hordeum vulgare</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	24 juillet	205			
Houblon lupulin <i>Humulus lupulines</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 août	222	/	/			
Jacinthe sauvage = jacinthe des bois <i>Hyacinthoides non-scripta</i> (L.) Chouard ex Rothm.	1885	Domaine forestier des Barres *	3 mars	62	/	/	19 mars	78	/	/			
Jacinthe d'Orient <i>Hyacinthus orientalis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	1	23 mars	82	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	1	20 mars	79	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	1	26 mars	86	/	/			
Jusquiame noire <i>Hyoscyamus niger</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	1	27 mai	147	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	1	13 mai	133	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	1	8 mai	128	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	1	20 mai	141	/	/			
Millepertuis perforé <i>Hypericum perforatum</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	1	14 juin	165	/	/			
Porcelle lâchée <i>Hypochaeris maculata</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 avril	102	/	/			
Inule dysentérique <i>Inula dysenterica</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 juillet	187	/	/			
Iris <i>Iris sp</i>	1884	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 mars	78	/	/			
<i>Iris flouvaula</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 avril	95	/	/			
Iris d'Allemagne <i>Iris germanica</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 mai	123	/	/			
Iris nain <i>Irisjuncifolia</i> Vill	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 avril	91	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 mars	83	/	/			
Iris des marais = iris faux-acore <i>Iris pseudacoris</i> L.	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 avril	116	/	/			
Centrophylle laineuse <i>Kentrophylla lanata</i> DC	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 juillet	192	/	/			
Ortie blanche (lamier blanc) <i>Lainium album</i> L.	1885	Domaine forestier des Barres *	6 février	37	/	/	26 février	57	/	/			
	1875	Département Aisne Coucy-le-château	/	/	/	/	18 février	49	/	/			
Lamier pourpre <i>Lainium purpurcum</i> L.	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 février	57	/	/			
	1873	Domaine forestier des Barres \	/	/	/	/	1 mars	60	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 mars	61	/	/			
	1872	Département: Aisne Soissons.	/	/	/	/	4 février	35	/	/			
Lampsane commune <i>Lampsana coultmms</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 juin	156	/	/			
Bardane commune <i>Lappa Lommms</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 juillet	198	/	/			
Bardane <i>Lappa major</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 juillet	191	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calendrier	JJ	Date calendrier	JJ	Date calendrier	JJ	Date calendrier	JJ	Date calendrier	JJ	
Gesse <i>Lilijhyrus littifolitt</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 juin	153	/	/			
Gesse des prés <i>Mlinpstrammii. L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 juin	163	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 juin	152	/	/			
Gesse tubéreuse <i>Lilijhni Hibatisiis L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 juin	170	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 juin	158	/	/			
Marguerite <i>Liticunlhi&gt;nvi vulgura Lam.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	31 mai	151	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 mars	79	/	/			
<i>Lilim camlitliim</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 juin	176	/	/			
Lis faux-safran <i>Lilium aocctm Chaix.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 juin	163	/	/			
Lis des Pyrénées <i>Lilium pyrctiuiam Gouan.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mai	146	/	/			
Linaire eyinbalaire <i>L. marin cymbaltiria L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 avril	99	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 avril	102	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 avril	95	/	/			
Linaire vulgaire <i>L. inaha vulgaris Moench</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 juin	180	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 juillet	203	/	/			
<i>Linuni perenne</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mai	129	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 mai	146	/	/			
Grémil des champs <i>Lithosprimini unensc L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 avril	93	/	/			
Grémil officinal <i>Lithosprimini officinale L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mai	141	/	/			
Yraie vivace <i>LoHimi perenne L.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 juillet	186	/	/			
Lotier corniculé <i>Lotus corniculaiis L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mai	148	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 mai	143	/	/			
Lychnis dioïque <i>Lychnis Jioicah</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 juin	154	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 avril	119	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 mai	141	/	/			
Lychnis fleur de coucou <i>Lychnis flos-ciiaili L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mai	131	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mai	130	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 mai	136	/	/			
Lycopsis des champs (Face de loup) <i>Lycopsis Linvnsis L.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 juin	155	/	/			
Lysimaque vulgaire <i>Lysimachia vulgaris L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 juillet	191	/	/			
Lythrum salicaire <i>lythnim saicaria L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 juillet	185	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 juin	174	/	/			
<i>Malva ttHischata</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 juillet	196	/	/			
Luzerne en faucille <i>Medicago falcala L.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 juin	174	/	/			
Luzerne cultivée <i>Medicago sauva L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 juin	162	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calenriaire	JJ	Date calendaire	JJ	Dale calendaire	JJ	Dale calendaire	JJ	Date calendnite	JJ	
Mélampyre à crête <i>Melampyris pratensis</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 juin	174	/	/			
Mélampyre des prés <i>Melampyris pratensis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mai	148	/	/			
Mélilot officinal <i>Melilotus officinalis</i> Lam.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 juin	164	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 juin	152	/	/			
Méfilite à feuilles de mélisse <i>Melilotus incissophyllum</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mai	128	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 mai	122	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 mai	135	/	/			
Menthe aquatique <i>Martha aquatica</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 juillet	202	/	/			
Menthe à feuilles rondes <i>Mentha rotundifolia</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 juillet	209	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 juillet	200	/	/			
Muscari à toupet <i>Muscari comosum</i> Mill.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 avril	97	/	/			
Muscari en grappe <i>Muscari racemosum</i> Mill.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 avril	106	/	/			
Myosotis des marais <i>Myosotis palustris</i> With.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 mars	72	/	/			
Narcisse <i>Narcissus sp</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mars	65	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	25 mars	14	/	/	25 avril	115	/	/			
Narcisse des poètes <i>Narcissus poeticus</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 avril	111	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 avril	113	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 avril	114	/	/			
Narcisse faux-narcisse <i>Narcissus pseudo-narcissus</i> h.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 mars	73	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mars	68	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mars	87	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mars	69	/	/			
	1875	Département Aisne, Coucy-le-château.	/	/	/	/	28 mars	87	/	/			
Népéta chataire <i>Nepeta cativria</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 juillet	184	/	/			
Nénupharjaune <i>Nitphar hitcimi</i> Sibth et Smitti	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mai	149	/	/			
Nénuphar blanc <i>Nymphaea alba</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 juin	153	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 mai	149	/	/			
Oenanthe phellandre <i>Oenanthe phellandri</i> Lam.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 juin	167	/	/			
Omphalodès du printemps <i>Omphalodes verna</i> Moench	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 mars	76	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mars	70	/	/			
Sainfoin cultivé <i>Onobchis saliva</i> Lam.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 mai	124	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 avril	120	/	/			
Ononis <i>Ononis arvensis</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 juin	167	/	/			
Ophrys abeille <i>Ophrys apifera</i> Huds.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 mai	138	/	/			
Orchis <i>Orchis sp</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 avril	104	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Clivage des feuilles	Localisation et observations générales
			D.ile	calenúVue	.))	Date	calendaire	.JU	Date	calendaire		
Ochis à 2 feuilles <i>Orchis bifida</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 mai	150	/	/		
<i>Orchis hirtellii</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mai	146	/	/		
Orchis tacheté	1877	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 avril	118	/	/		
<i>Orchis maculata</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 avril	112	/	/		
Orchis male <i>Orchis nitidissima</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 avril	101	/	/		
Origan vulgaire <i>Origanum vulgare</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 juillet	189	/	/		
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 juin , 8 juillet	155:189	/	/		
Ormithogale des Pyrénées <i>Ormithogalum pyrenaicum</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 juin	156	/	/		
Ormithogale <i>Ormithogalum fenuifolium</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 mai	135	/	/		
Ormithogale en ombelle <i>Ormithogalum umbellatum</i> L.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mai	131	/	/		
Orobanche améthyste <i>Orobanchaceae anichystica</i> Thuill.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 juin	169	/	/		
Pivoine	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 mai	137	/	/		
<i>Paeonia officinalis</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mai	131	/	/		
<b>Papaver orientales</b>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 mai	147	/	/		
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 mai	142	/	/		
Coquelicot	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 mai	139	/	/		
<i>Papaver rhoeas</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 mai	136	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mai	147	/	/		
	1884	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 juin	164	/	/		
Pédiculaire des marais <i>Pedicularis palustris</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mai	131	/	/		
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 mai	144	/	/		
<b>Phacelia paniculata</b>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 juillet	192	/	/		
Coqueret alkénoche <i>Physalis alkekengi</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 juin	160	/	/		
Raionce en épi <i>Phyteuma spicatum</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mai	148	/	/		
Plantain lancéolé <i>Plantago lanceolata</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 avril	108	/	/		
Plantain moyen <i>Plantago media</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 juin	166	/	/		
Paturin des forêts <i>Poa nemoralis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 juin	175	/	/		
Polygala commune	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 avril	115	/	/		
<i>Polygala vulgaris</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 avril	118	/	/		
Polygonatum multiflore <i>Polygonatum multiflorum</i> Ail	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 mai	122	/	/		
Polygonatum vulgaire	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 avril	112	/	/		
<i>Polygonatum vulgare</i> Desf.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 mai	123	/	/		

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Mat mûre		Chute des feuilles Date d'efflorescence	Localisation et observations générales
			Date calendrier	J	Date calendrier	J	Date calendrier	J	Date calendrier	J		
Renouée amphibie <i>Polygonum amphibium</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 juin	173	/	/		
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 juin	154	/	/		
Renouée des oiseaux <i>Polygonum aviculare</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 juillet	206	/	/		
<i>Polygonum futescens</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 août	235	/	/		
Potentille anserine <i>Potentilla anserina</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 mai	142	/	/		
Potentille droite <i>Potentilla recta</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 juin	165	/	/		
Potentille rampante <i>Potentilla reptans</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 juin	154	/	/		
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mai	128	/	/		
Potentille tormentille <i>Potentilla tormentilla</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mai	126	/	/		
Potentille printanière <i>Potentilla verna</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 mars	88	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 mars	87	/	/		
Pimprenelle sanguisorbe <i>Poterium sanguisorba</i> L.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 mai	122	/	/		
Primevères <i>Primula sp</i>	1872	Saint-Martin de Hinx	/	/	/	/	7 février	38	/	/		
Primevère acaule <i>Primula acaulis</i> (L.) Hill.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 mars	71	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 février	48	/	/		
	1875	Département Aisne. Coucy-le-château	/	/	/	/	7 mars	66	/	/		
Primevère élevée <i>Primula elatior</i> Jacq	1872	Département Aisne. Soissons	/	/	/	/	3 mars	63	/	/		
Primevère officinale = fleur de coucou <i>Primula officinalis</i> Jacq.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 mars	84	/	/		
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 mars	84	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 avril	92	/	/		
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mars	65	/	/		
	1885	Domaine forestier des Barres *	25 mars	84	/	/	25 avril	115	/	/		
<i>Primula veris</i>	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 février	37	/	/		
Pulmonaire <i>Pulmonaria sp</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mars	65	/	/		
	1884	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 mars	61	/	/		
	1885	Domaine forestier des Barres *	1 mars	60	28 mars	87	19 mars	78	/	/		
Pulmonaire officinale <i>Pulmonaria officinalis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mars	68	/	/		
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 mars	78	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 mars	73	/	/		
<i>Pulmonaria virginiana</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 mars	83	/	/		
	1875	Département Aisne. Coucy-le-château	/	/	/	/	24 mars	83	/	/		
Renoncule acre (bouton d'or) <i>Ranunculus acris</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 avril	111	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mars	81	/	/		
	1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 avril	95	/	/		
Renoncule aquatique <i>Ranunculus aquatilis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 mai	132	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 mai	133	/	/		
Renoncule tête-d'or <i>Ranunculus auricomus</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 mars	88	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mars	88	/	/		
Renoncule flammette <i>Ranunculus flammula</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mai	131	/	/		

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Fininison		Mali iii (é)		Chule des feuilles		Localisation et observations générales
			Date c.nleniliiiie	JJ	Date cale ml aire	JJ	Date cniendaire	JJ	Date calendaie	J.I	Date cilendaire	.I	
Renoncule rampante <i>Ranunculus repens</i> L.	1876	Domaine foiusûcr des lianes *	/	/	/	/	16 avril	107	/	/			
Réséda jaune <i>Rusviki hitvti</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mai	130	/	/			
	187-1	Domaine forestier des B.iires *	/	/	/	/	31 mai	151	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 mai	124	/	/			
F rayon piquant <i>Rii.scns (latciifus)</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 janvier	27	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 janvier	28	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 février	56	/	/			
Sagittaire à feuilles en flèche <i>Sugintria sagithicrnia</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	31 juillet	212	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 juillet	197	/	/			
Sauge des prés <i>Salvia pralcnsis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 mai	145	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 mai	140	/	/			
Sauge sclérée <i>Stilvia sclarca</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 juillet	187	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 juillet	182	/	/			
Saxifrage crassifolia <i>Saxifraga crassifolia</i>	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 février	55	/	/			
Saxifrage granulée <i>Saxifraga granulata</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 avril	106	/	/			
Saponaire officinale <i>Saponaria officinalis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	16 juillet	197	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	11 juillet	192	/	/			
Saxifrage à feuilles rondes <i>Saxifraga rnm.Jifolia</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 mai	122	/	/			
Scabieuse <i>Scabiosa arvensis</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 juin	153	/	/			
Saibiii.Mi ttropurpurea	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 juin	181	/	/			
Seule à 2 feuilles <i>Scilla bifolii</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 mars	64	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 mars	77	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 mars	73	/	/			
Scrofulaire aquatique <i>Scrofularia aquatica</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 juin	157	/	/			
Scrofulaire noueuse <i>Scrofularia nodosa</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	28 mai	148	/	/			
Scutellaire à feuilles hastées <i>StuidUma hústifolia</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	21 juin	172	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	13 juin	164	/	/			
Seigle céréale <i>Scenic cccalc</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	14 mai	134	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	4 mai	124	28 juin	179			
	1875	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	5 mai	125	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	16 mai	137	/	/			
Sédum acre <i>Saiim acre</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	8 juin	159	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	11 juin	162	/	/			
Sédum réfléchi <i>St'iwii rejlexwii</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres **	/	/	/	/	8 juillet	189	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 juin	177	/	/			
Sédum reprise <i>Sedum telephium</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 août	225	/	/			
Séneçon vulgaire <i>Scnecio vulgaris</i> L.	1872	Département: Maine-et-Loire La Baumette.	/	/	/	/	26 janvier	26	/	/			
	1872	Département: Aisne Soissons.	/	/	/	/	4 février	35	/	/			
Silène à tige courte <i>Silene acaulis</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 avril	117	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date	État	Date	État	Date	JJ	Date	JJ	Date	JJ	
Cladastris à bois jaune <i>Ckulisirh linectmitti</i> Rafin. C. V. L. (C. V. L. hitcu MichxJ)	1871	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 juin	152	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	9 novembre	313	
Bagueaudier arborescent ( <i>'ohitca arharscens</i> L.)	1874	Domaine Forestier des Barres *	/	/	/	/	30 mai	150	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 mai	135	/	/			
Cornouillier <i>Cornu.1 sp</i>	1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	21 avril	111	/	/	/	/			
Cornouiller de Floride <i>Cornus florida</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 avril	118	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 mai	138	/	/			
Comouillier mâle ( <i>'ornus mas</i> L.)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 mars	75	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 février	59	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mars	67	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 mars	61	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 février	54	/	/			
	1875	Département: Aisne. Coucy-le-château.	/	/	/	/	9 mars	68	/	/			
Comouillier sanguin <i>Cornus sanguina</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 juin	152	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 avril ; 27 mai	118;147	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mai	126	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	15 avril	105	/	/	/	/			
Noisetier <i>Corylis ivellanu</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 janvier	6	/	/	16 novembre	320	
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 janvier	24	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 janvier	21	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 février	44	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	7 mars	66	9 avril	99	5 février	36	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	22 février	53	25 mars	84	20 février	51	/	/			
	1872	Département: Aisne. Soissons.	/	/	/	/	4 février	35	/	/			
	1875	Département: Aisne. Coucy-le-château	/	/	/	/	20 janvier	20	/	/			
1872	Département Landes Beyrie	/	/	23 février	54	/	/	/	/				
1872	Département: Loir-el-Cher Vendôme.	/	/	/	/	fin janvier	/	/	/				
1872	Département: Maine-et-Loire. LaBaumette.	/	/	/	/	28 janvier	28	/	/				
1872	Saint-Martin de Hinx	fin février	/	/	/	/	/	/	/				
Cotonéaster <i>Cotoneaster sp</i>	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 mai	143	/	/			
Cotonéasier buisson-ardent <i>Cotoneasler pyracantha</i> Spach	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 mai	149	/	/			
Aubépine <i>Cralaegus sp</i>	1885	Domaine forestier des Barres *	12 mars	71	1 avril	91	23 avril	113	20 septembre	263			
	1872	Département: Hérault. Béziers	/	/	10 février	41	/	/	/	/			
Epine d'Espagne (Aubépine azerolier) ( <i>'ralacgus azarolm</i> L.)	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 mai	122	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mai	130	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	8 mars	67	15 avril	105	9 mai	129	/	/			
Epine blanche (Aubépine épineuse) <i>Cralaegus oxycantha</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 avril	109	/	/	18 novembre	322	
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 avril	112	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 mai	123	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 avril	115	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	19 février	50	19 mars	78	/	/	/	/			
Cognassier commun <i>Cydatia communis</i> Loisel. (=(" vufgaris Pers.)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 avril	109	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 avril	114	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	25 mars	84	10 avril	100	/	/	/	/			
1872	Département: Pyrénées-Orientales, Collioure.	/	/	20 février	51	/	/	/	/				
1872	Saint-Martin de Hinx	/	/	fin février	/	/	/	/	/				

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Flotaison		Maturité		Chuie des feuilles	Localisation et observations générales
			Date calend.	JJ	Date calend.	JJ	Date calend.	JJ	Date calend.	JJ	Date calend.	
Daphné auréole <i>Daphne aureola</i> L.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 janvier	11	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 février	55	/	/		
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 février	45	/	/		
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 janvier	26	/	/		
	1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 mars	76	/	/		
Deutzie grêle <i>Deutzia gracilis</i> Sieb. et Zucc.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 mai	133	/	/		
Deutzie scabre <i>Deutzia scabra</i> Sieb. et Zucc.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	1	16 juin	167	/	/		
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	1	1 juin	152	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	1	17 mai	138	/	/		
Diervilla à fleurs roses <i>Diervilla lonicera</i> Walp. (= <i>Diervilla lonicera</i> Lindl.)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	1	16 mai	136	/	/		
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	1	3 mai	123	/	/		
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	1	9 mai	129	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	1	13 mai	134	/	/		
Plaqueminier lotier <i>Diospyros lotus</i> L.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	1	22 juin	171	/	/		
Plaqueminier de Virginie <i>Diospyros virginiana</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 juin	174	/	/		
Fusain <i>Lonicera xylosteum</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 mai	125	/	/		
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 mai	124	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mai	142	/	/		
	1881	Domaine forestier des Barres *	19 février	50	25 mars	84	/	/	/	/		
Forsythia <i>Forsythia sp.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mars	85	/	/		
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 avril	92	/	/		
Forsythia veit <i>Forsythia viridissima</i> Lindl.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 mars	74	/	/		
Frêne commun <i>Fraxinus excelsior</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	31 mars	90	/	/	13 novembre	317
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	10 novembre	315
	1881	Domaine forestier des Barres *	6 avril	96	/	/	10 avril	100	27-29 octobre	300-302		
	1885	Domaine forestier des Barres *	1 mars	60	6 avril	96	27 avril	117	/	/		
	1872	Département: Pyrénées-Orientales Collioure	/	/	/	/	20 janvier	20	/	/		
Genêt	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	22 juin	173			
	1885	Domaine forestier des Barres *	20 février	51	/	/	29 mars	88	15 juillet	199		
Genêt d'Espagne <i>Genista hispanica</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 juin	167	/	/		
Févier à 3 pointes <i>Erica tetralix</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 juillet	183	/	/	1 novembre	305
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 juin	171	/	/		
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 juin	157	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	30 octobre (fin CD)	304
Jasmin midi flore <i>Jasminum multiflorum</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 mars	64	/	/		
Jasmin officinal <i>Jasminum officinale</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 juin	170	/	/		
Noyer commun <i>Juglans regia</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	17 novembre	321
	1881	Domaine forestier des Barres *	4 avril	94	15 avril	105	/	/	/	/		
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	9 novembre	314
	1885	Domaine forestier des Barres *	15 mars	74	24 avril	114	30 avril	120	/	/		
Noyer mésange <i>Juglans regia</i>	1872	Département: Vosges. Epinal Observatoire du château Alt.: 370 m.	/	/	28 février (début)	59	/	/	/	/		
Kenia du Japon <i>Kenia japonica</i> DC (= <i>Corchorus japonica</i> Thunb.)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 mars	84	/	/		
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 avril	101	/	/		

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Dale ralenti aire	JJ	Date caleulaire	JJ	Date Cillendaie	JJ	Date caledaire	JJ	Date cnledaire	JJ	
Cytise faux ébénier	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mai	129	/	/			
<i>Libwinin anagyrohics Med</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 avril	116	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 mai	121	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 avril	119	/	/			
	1831	Domaine forestier des Barres *	/	/	4 avril	94	23 avril	113	/	/			
Troéne vulgaire	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 juin	155	/	/			
<i>Ligustrini vulgäre L.</i>													
Tulipier de Virginie	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	1	23 juin	174	/	/			
<i>1, 'trioikinlroniillipiferaL.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	1	22 juin	173	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 juin	168	/	/			
Chèvrefeuille sauvage	1881	Domaine forestier des Barres *	/	1	16 février	47	3 mai	123	/	/			
<i>Lonicera</i>	1885	Domaine forestier des Barres *	1 février	32	2 avril	92	1 mai	121	/	/			
Chèvrefeuille des jardins	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	18 février	49	/	/	/	/			
<i>Lonicera caprifoliuni L.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 avril	116	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mai	131	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mai	130	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 mai	137	/	/			
	1875	Département: Aisne. Coucy-le-château	/	/	17 mars	76	/	/	/	/			
Symphorine commune	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 juin	153	/	/			
<i>Lonicera symphoricarps L.</i> (=Symphoricarqnis vulgaris Michx.)													
Symphorine	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 mai	137	/	/			
<i>Symphoricarpus sp</i>													
Chèvrefeuille deTartarie	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 avril	107	/	/			
<i>Lonicera tatarica L.</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mai	126	/	/			
Camérisier à balais	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 avril	119	/	/			
<i>Limitera xylasleuin L.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 avril	115	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 mai	122	/	/			
Magnolier à feuilles acuminées	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 mai	138	/	/			
<i>Magnolia acuminata L.</i>													
<i>Magnolia yulan</i>	1873	Domaine foiesier des Banes *	/	/	/	/	28 mars	87	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 mai	136	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 avril	97	/	/			
Mahonia	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 mars	78	/	/			
<i>Mahonia sp</i>													
Mahonia à feuilles de houx	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mars	85	/	/			
<i>Mahonia aqtiifoliuin Nutt</i>	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 avril	98	/	/			
Mahonia du Japon	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 mars	72	/	/			
<i>Mahonia /aponica DC</i>													
<i>Mahonia repent</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 mars	66	/	/			
Pommier	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/		25-28 août	237-240			
<i>Malus sp</i>													
Pommier doucin	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 avril	MO	/	/			
<i>Mains coinnitnis Poir</i>	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 avril	113	/	/			
Pommier acerbe = pommier sauvage	1881	Domaine forestier des Barres *	10 mars	69	2 avril	92	8 avril	98	/	/			
<i>Malus syhestnis Mill. = M acerba Mérat</i>	1885	Domaine forestier des Barres *	6 février	37	13 avril	103	13 avril	103	/	/			
<i>Malus flore-?</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 avril	109	/	/			
Néflier	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	20 mars	79	/	/	/	/			
<i>Mcspilus sp</i>	1885	Domaine forestier des Barres *	20 février	51	2 avril	92	/	/	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	
Néflier d'Allemagne <i>Mespilus xaviani</i> L.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mai	131	/	/			
Bibacier du Japon (néflier du Japon) <i>Mespilus japonica</i> Thunb. (= <i>Eriohoya japonica</i> Lindl.)	1872	Département Hérault Béziers	/	/	10 février	41	/	/	/	/			
Paulownia majestueux <i>Paulownia imperialis</i> Sieb. et Zucc.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mai	131	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	3 novembre	308	
Pêcher <i>Persica vulgaris</i> Mill.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 mars	60	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 mars	65	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mars	69	/	/			
	1872	Département; Pyrénées-Orientales Collioure.	/	/	/	/	20 février	51	/	/			
	1872	Saint-Martin de Hinx	/	/	/	/	fin février	/	/	/			
	1872	Larressore	/	/	/	/	19 février (en fleur)	50	/	/			
Philadelphie en couronne <i>Philadelphie cornariis</i> L.	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	19 février	50	/	/	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 mai	144	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 mai	136	/	/			
Philaria à feuilles étroites <i>Phyllirea angustifolia</i> L.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mai	126	/	/			
Poirier commun <i>Pyrus (pyrus) communis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres.	/	/	/	/	/	/	/	/	3 novembre	307	
	1874	Domaine forestier des Barres.	/	/	1	/	4 avril	94	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres.	/	/	1	/	4 avril	95	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres	14 mars	73	4 avril	94	9 avril	99	20-25 août	232-237			
	1885	Domaine forestier des Barres.	15 février	46	5 avril	95	6 avril	96	/	/			
Platane <i>Platanus</i> sp.	1885	Domaine forestier des Barres *	19 avril	109	30 avril	120	20 mai	140	/	/			
Platane d'Orient <i>Platanus orientalis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	21 novembre	325	
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/			
Peuplier <i>Populus sp.</i>	1872	Larressore (cours de récréation).	/	/	29 février	60	/	/	/	/			
Peuplier blanc <i>Populus alba</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	16 novembre	320	
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 février	55	/	/			
Peuplier d'Athènes, peuplier faux-tremble <i>Populus atheniensis</i> C. Koch (= <i>P. tremula</i> Michx.)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 mars	83	/	/			
Peuplier grisaille <i>Populus x Lincocns</i> Sm. = hybride <i>P. tremula</i> x <i>P. alba</i> var. <i>nivea</i>	1885	Domaine forestier des Barres *	20 février	51	8 avril	98	21 mars	80	/	/			
Peuplier noir pyramidal <i>Populus fastigiata</i> Desf. (= <i>P. nigra</i> var. <i>pyramidalis</i> Spach.)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	11 novembre	315	
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	9 novembre	314	
Peuplier de Virginie <i>Populus monilifera</i> Michx.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	12 novembre	316	
Peuplier noir <i>Populus nigra</i> L.	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	10 avril	100	/	/	/	/			
Peuplier tremble <i>Populus tremula</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 mars	83	/	/	13 novembre	317	
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 mars	64	/	/	9 novembre	314	
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	8 avril	98	26 février	57	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	15 février	46	8 avril	98	20 mars	79	/	/			
Cerisier <i>Prunus</i> sp.	1881	Domaine forestier des Barres *	14 mars	73	1 avril	91	3 avril	93	15 juin	166			
	1885	Domaine forestier des Barres *	14 février	45	/	/	/	/	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des Feuilles		Localisation et observations générales
			Date c.ilendaire	JJ	Date c.ilendaire	JJ	Date c.ilendaire	JJ	Date c.ilendaire	JJ	Date c.ilendaire	JJ	
Prunier <i>Prunus sp.</i>	1885	Domaine forestier des Barres *	18 février	49	17 avril	107	7 mars	66	/	/			
	1872	Laressore	/	/	/	/	19 février (en fleur)	50	/	1			
Merisier = cerisier sauvage <i>Prunus avium</i> L. (= <i>Cerasus avium</i> Moench)	1885	Domaine forestier des Barres *	12 février; 1 mars	43-60	13 avril	103	13 avril	103	9 juin	160			
Cerisier à fruits acides <i>Prunus cerasus</i> L. (= <i>P. acida</i> Dumortier = <i>Ce. rasus vulgaris</i> Nouv. Duham. = (* <i>acida</i> Gaertn.)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	1	/	/	27 mars	86	/	/	15 novembre	319	
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	/	5 avril	95	1	1			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	1	/	/	5 avril	96	/	1	10 novembre	315	
Prunier domestique <i>Prunus domestica</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	/	27 mars	86	1	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	/	2 avril	92	1	1			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	/	13 avril	103	1	1			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	/	29 mars	89	/	/	11 novembre	316	
Prunier sauvage <i>Prunus insititia</i> L. var. Prunier de Reine Claude <i>Prunus insititia</i> L. var. Prunier de Monsieur	1873	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	/	/	/	9 août	221			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	1	1	/	/	1	31 juillet	212			
	1874	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	/	/	/	27 juillet	208			
Cerisier mahaleb (bois de Ste-Lucie) <i>Prunus mahaleb</i> L. ( <i>Cerasus mahaleb</i> Mill.)	1873	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	/	14 avril	104	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	/	20 avril	110	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	1	1	1	/	11 avril	102	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	15 mars	74	13 avril	103	/	/	/	/			
Prunier myrobolan (cerisette) <i>Prunus myrobalana</i> Nouv. Duham.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 avril	91	/	1			
	1876	Domaine forestier des Barres *	1	/	/	/	26 mars	86	1	1			
	1881	Domaine forestier des Barres *	1	/	/	/	11 mars	70	/	/			
Merisier à grappes <i>Prunus padus</i> L. (= <i>Cerasus padus</i> DC.)	1873	Domaine forestier des Barres *	1	/	/	/	19 avril	109	1	1			
	1875	Domaine forestier des Barres *	1	/	/	/	26 avril	116	1	1			
	1876	Domaine forestier des Barres *	1	/	/	/	17 avril	108	1	/			
Prunier épineux (prunellier) <i>Prunus spinosa</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	1	/	1	/	26 mars	85	1	1	22 novembre	326	
	1874	Domaine forestier des Barres *	1	/	1	/	2 avril	92	1	1			
	1875	Domaine forestier des Barres *	1	/	1	/	9 avril	99	1	1			
	1876	Domaine forestier des Barres *	1	1	/	/	31 mars	91	1	/			
	1872	Département: Pyrénées-Orientales, Collioure	/	/	15 février	46	/	/	/	/			
<i>Cerasus flore-?</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	1	/	/	/	16 avril	106	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 avril	93	/	/			
Nerprun alateme <i>Rhamnus alaternus</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 mai	140	/	/			
	1872	Département: Pyrénées-Orientales, Collioure.	1	/	/	/	5 février	36	/	/			
Nerprun Bourdaine <i>Rhamnus frangula</i> L.	1881	Domaine forestier des Barres *	14 mars 19 février	73 50	14 avril 10 avril	104 100	/	/	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *											
Sumac de Virginie <i>Rhus typhina</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 juin	174	/	/			
Groseillier <i>Ribes sp.</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	3 juillet	184			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	26 mars	85	28 mars	87	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	20 février	51	1 avril	91	10 avril	100	18 juin	169			
Groseillier rouge <i>Ribes rubrum</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 mars	75	/	/			
Groseillier sanguin <i>Ribes sanguinum</i> Pursh.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 mars	89	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	31 mars ; 6 avril	90 ; 96	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 avril	94	/	/			
Groseillier raisin-crêpe (groseillier épineux) <i>Ribes uva-crispa</i> L.	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	14 février	45	/	/	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mars	66	/	1			
	1872	Département: Vosges, Epinal Observatoire du château. Alt : 370 m. Obs. réalisées sous la II <sup>e</sup> .	/	/	21 février (R)	52	/	/	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chûte des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	
Robinier faux-acacia <i>Hobinia psemhucacia</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 juin	156	/	/	19 novembre	323	
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 mai	142	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 mai	136	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	9 novembre	314	
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	19 avril	109	23 mai	143	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	1 mars	60	30 avril	120	31 mai	151	/	/			
Rosiers <i>Rosa xp</i>	1872	Département. Pyrénées-Orientales. Collioure	15 au 31 janvier	15 au 31	/	/	/	/	/	/			
Rosier des chiens <i>Rosa vaminal.</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mai	131	/	/			
<i>Rosa poinpr-?</i>	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 mai	144	/	/			
Framboisier <i>Kubus idavus</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	9 juillet	190			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 mai	125	27 juin	178			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 mai	125	/	/			
Ronce bleuâtre <i>liubus cacshis</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 mai	135	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 mai	148	/	/			
Saule blanc <i>Salix alba</i> L.	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	10 avril	100	/	/	/	/			
Saule pleureur <i>Salix babylonien</i> L.	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	20 février	51	/	/	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	13 mars	72	/	/	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	2 mars	61	15 avril	105	6 mai	126	/	/			
Saule marceau <i>Salix capraea</i> L.	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 février	46	/	/			
	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mars	80	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mars	68	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mars	69	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 mars	72	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	16 avril	106	10 mars	69	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	15 février	46	7 avril	97	18 mars	77	/	/			
	1875	Département Aisne. Coucy-Is-Château.	/	/	/	/	10 mars	69	/	/			
Sureau <i>Siwibitcits sp</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	19 février	50	24 mars	83	27 mai	147	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	15 février	46	2 mai	122	30 mai	150	/	/			
	1872	Département Loir-et-cher Blois	/	/	12 février	43	/	/	/	/			
Sureau yèble (pelil sureau) <i>Sambucus cbulus</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 juillet	183	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 juin	172	/	/			
Sureau noir <i>Sambifus tiigm</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mai	141	/	/			
	1871	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 mai	145	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 mai	136	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mai	147	/	/			
	1872	Département Vosges Epinal Observatoire du château Alt. 370 m Obs réalisées sous taillis.	/	/	21 février (R)	52	/	/	/	/			
Sureau raineux <i>Sambria/x racemosa</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 avril	107	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 avril	103	/	/			
Genêt à balais (sarottiamne commun) <i>Sarothtwints scojarhis</i> Syme. (= <i>S viifgaris</i> Wimmer ( <i>tenista scojxiria</i> Lamk.))	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 avril	99	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 avril	111	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 avril	111	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 avril	114	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 avril	104	28 juin	179			
Alisier blanc <i>Sorbis aria</i> Crantz	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 mai	123	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mai	130	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mai	127	/	/	10 novembre	315	
	1881	Domaine forestier des Barres *	19 février	50	17 avril	107	/	/	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	8 février	39	4 avril	94	3 mai	123	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calendaire	JJ	Date entendaht	M	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	
Sorbier des oiseleurs <i>Sorbus aucuparius</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 avril	100	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	118	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	5 mars	64	31 mars	90	19 avril ; 5 mai	109;128	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	27 mars	86	16 avril	106	30 avril	120	/	/			
Sorbier domestique (Cormier) <i>Sorbus thibeticus</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 mai	133	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mai	130	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 mai	139	/	/	15 novembre	320	
	1881	Domaine forestier des Barres *	8 avril	98	23 avril	113	/	/	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	18 mars	77	12 avril	102	19 avril	109	/	/			
Sorbier hybride <i>Sorbus hybrida</i> L. = <i>S. aitaiparki</i> x <i>S. aria</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 mai	127	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	22 mars	81	14 avril	104	30 avril	120	/	/			
Alisier à larges feuilles <i>Sorbus latifolia</i> Pers.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mai	130	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mai	130	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	14 avril	104	3 mai	123	/	/			
Alisier terminal <i>Sorbus forinialis</i> Crantz	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	1	1	19 mai	139	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	1	1	10 mai	130	/	/			
Spartier à tiges de jonc (spartier d'Espagne, genêt d'Espagne) <i>Spartium junceum</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 juin	154	/	/			
Lilas <i>Syringa sp</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	9 février	40	20 mars	79	1	/	/	1			
	1885	Domaine forestier des Barres *	7 février	38	1 avril	91	2 mai	122	/	1			
	1872	Département: Hérault. Béziers.	/	/	6 février	37	/	/	/	1			
	1872	Département: Landes. Beyrie.	/	/	23 février	54	/	/	/	1			
Lilas de Perse <i>Syringa persica</i> L. (= <i>Lilac persica</i> Lamk.)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 avril	106	/	1			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 avril	118	/	1			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 avril	114	/	1			
Lilas vulgaire <i>Syringa vulgaris</i> L. (= <i>Lilac vulgaris</i> Lamk.)	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	25 février	56	/	/	1	1			
	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	1	1	16 novembre	320	
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 avril	110	1	1			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 avril	111	1	1	11 novembre	316	
Lilas blanc <i>Syringa vulgaris alba</i> DC. (= <i>Lilac album</i> Renault)	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 avril	115	1	1			
	1876	Domaine forestier des Barres *	1	/	/	1	19 avril	110	1	1			
Tamaris de France <i>Tamarix gallica</i> Webb (= ? <i>gallica</i> L)	1874	Domaine forestier des Barres *	1	/	/	1	4 mai	124	1	1			
	1876	Domaine forestier des Barres *	1	1	/	1	19 mai	140	1	1			
Tamaris des Indes <i>Tamarix indica</i> Willd	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 mai	142	/	/			
Tecoma de Virginie <i>Tecoma radicans</i> Juss	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 août	216	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 juillet	200	/	/			
Tilleul à petites feuilles <i>Tilia cordata</i> Mill.	1885	Domaine forestier des Barres *	26 mars	85	15 avril	105	/	/	/	/			
Tilleul à grandes feuilles <i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	30 octobre (fin CF)	304	
	1881	Domaine forestier des Barres *	19 mars	78	6 avril	96	/	/	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	30 mars	89	18 avril	108	/	/	/	/			
Tilleul d'Europe <i>Tilia x vulgaris</i> Hayne = <i>T. europaea</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	22 novembre	326	
Ajonc <i>Hex.sp</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mars	85	/	/			
	1884	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 février	33	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	20 février	51	/	/	/	/	/	/			
Ajonc d'Europe = jonc marin <i>Ulex europaeis</i> L. (= <i>Ulex maritimus</i> )	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 janvier	20	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mars ; 6 novembre	69;310	/	/			
	1875	Département: Aisne. Coucy-le-château	/	/	/	/	10 mars	69	/	/			

Nouveaux d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maliirilé		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Dale calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Dale calendaire	JJ	Dale calendaire	JJ	
Oime champêtre	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mars	80	/	/	21 novembre	325	
<i>† limits ctim/&gt;i:lrñ L.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 mars	74	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 mars	73	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 mars	65	/	/	20-27 novembre	325-332	
	1881	Domaine forestier des Barres *	10 mars, 3 avril	69 ; 93	10 avril	120	9 avril	99	2 mai	122			
	1885	Domaine forestier des Barres *	1 mars	60	16 avril	106	28 avril	103	/	/			
	1875	Département Aisne Coucy-le-château.	/	/	/	/	19 mars	78	/	/			
Viorne lantane (mançienne)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 mai	122	/	/			
<i>l'ihurmin linlami L.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 avril	115	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 avril	121	/	/			
Viorne obier	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 mai	136	/	/			
<i>Viburnum opulus L.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mai	129	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mai	131	/	/			
Viorne tin	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 mars	84	/	/			
<i>l'ibiiritim linns L.</i>													
Vigne	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	17 novembre	321	
<i>Vilix linifera L.</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 juin	163	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 juin	153	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 juin	177	/	/			
	1884	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 juin	169	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	18 avril	108	2 mai	122	31 mai	151	30 septembre	273			
Zelkova à feuilles crénelées	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 avril	105	/	/			
<i>Zelkova crenula Spach. (=l'lwcnl ircnalu Desf )</i>	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 avril	100	/	/			
Sapin pectine	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/			
<i>Ahiciialhi Mill</i>	1885	Domaine forestier des Barres *	20 février	51	21 avril	111	28 mai	148	/	/			
Sapin d'Espagne	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 avril	116	/	/			
<i>Abics p/msapo Boissier</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 avril	118	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 avril	120	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	16 mars	75	24 avril	114	/	/	/	/			
Biota d'Orient	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 février	50	/	/			
<i>Riula oricnialis Endl</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 mars	63	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 mars	60	/	/			
Biola d'Orient	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 mars	78	/	/			
<i>Hiolti uricnialis Endl var (imvu Hon l=nlng aurai Hort)</i>													
Cèdre de l'Atlas	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 septembre	259	/	/			
<i>Cedrus atlantica Carr</i>													
Cephalotaxus	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 avril	104	/	/			
<i>Çphahiaux drupncva Siev et Zucc.</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 mars	78	/	/			
Genévrier commun	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 avril	120	/	/			
<i>Junipcnis coiüimimis L.</i>													
Genévrier de Virginie	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 mars	83	/	/			
<i>Junipcrtis virginiana L.</i>													
Mélèze	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 mars	79	/	/	17 novembre	321	
<i>iMrix decidua Mill</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	27 mars ; 8 avril	86 ; 98	/	/	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	24 février	55	30 mars	89	/	/	/	/			
Epicéa	1881	Domaine forestier des Barres *	30 mars	89	26 avril	116	20 avril	110	/	/			
<i>J'icca abics Karst</i>	1885	Domaine forestier des Barres *	28 mars	87	19 avril	109	28 mai	148	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bmrçlcmncinct		Feuillaison		Floraison		MitturiO		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Dille cncndnrc	Jl	Date calcmlairc	Jj	Date uilcnritirc	JJ	Date cùtmlaire	JJ	Dalcrcktntnrc	JJ	
Kpicça bleue / s. ipmdic blanche 1 <i>Picea nana</i> Link <i>P. bic</i> <maisoni Mill 1	187-1 187?	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26aMil	116	/	/	/	/	
Siipincitc bleue <i>Picea abies</i> Link \ jr <i>uvitka</i> Hon (= <i>Pinus cembra</i> Forster)	1875 1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 jivril 27aMil	117 117	/	/	/	/	
Lpicça noir (sapineue noir) <i>Picea nigra</i> Link (= <i>Abies niera</i> Poir.)	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/	/	/	
Pin cembro <i>Pinus cembra</i> L	1885	Domaine forestier des Barres *	14 mars	75	15 mai	155	/	/	/	/	/	/	
Pin laricio <i>Pinus laricio</i> Poir	1881 1885	Domaine forestier des Barres *	30 mars : 14 avril H <sup>1</sup> : 104 H) mars	m	15 avril	105	11 mai 26 mai	n i N6	/	/	/	/	
Pin laricio noir d'Ailriche <i>Pinus laricio</i> Poir. var. <i>mninuco</i> Loud	1871 1874 1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 mai 15 mai 14 mai	141 155 154	/	/	/	/	
Pin laricio de Calabre <i>Pinus laricio</i> Poir. var. <i>catabrica</i> (Loud.) Shicid.	1871 1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 mai 24 mai	146 145	/	/	/	/	
Pin laricio de Corse <i>Pinus harkio</i> Poir. var. <i>corsicana</i> (Loud.) HVI	1874 1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mai 24 mai	146 145	/	/	/	/	
Pin laricio de Caramanie (pin de Tauride) <i>Pinus laricio</i> Poir. var. <i>pcithsiono</i> Endl (= <i>P. caramanica</i> Oliv. = <i>P. laurica</i> Hori)	1871 1874 1875 1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mai : 21 mai 11 mai 14 mai 24 mai	141 : 140 135 134 135	/	/	/	/	
Pin mugho <i>Pinus mugho</i> Tenra	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mai	148	/	/	/	/	
?munitimc <i>Pinus pinaster</i> (Ait.) Sol.	1871 1874 1875 1876 1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 avril 3 mai 9 mai 9 mai 10 mai	118 123 129 130 130	/	/	/	/	
Pin pinicr (pin parasol) <i>Pinus pinaster</i> L.	1885	Domaine forestier des Barres *	1 mars	60	10 mai	120	10 mai	150	/	/	/	/	
Pin pignail <i>Pinus pungens</i> Michx.	1871 1874 1875 1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 avril 25 avril 1 mai 5 mai	105 115 121 124	/	/	/	/	
Pin dur <i>Pinus rigida</i> Mill.	1871 1874 1875 1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 mai 4 mai K1 mai 15 mai	132 124 150 156	/	/	/	/	
Pin gl' h esarc <i>Pinus sylvestris</i> L.	1873 1874 1875 1876 1881 1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 mai 14 mai 11 mai 15 mai 1 mai 50 mai	157 154 150 116 129 150	/	/	/	/	
Pin ss-1csirc dc Riga <i>Pinus sylvestris rigemh</i> Hon (= <i>P. rigensis</i> Dcsf.)	1871 1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 mai 14 mai	157 114	/	/	/	/	
Pin à crochcis <i>Pinus uncinata</i> Mill c\ Mirb	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 mai	139	/	/	/	/	
<i>Pinus suffis</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 mai	145	/	/	/	/	
<i>Pinus cembra</i>	1871	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 avril	92	/	/	/	/	
Tiixodium distique (=c-prcs de Louisiane) <i>Cupressus virginiana</i> Tradescanti Ray. (= <i>Taxodium distichum</i> Rich)	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 mars	81	/	/	/	/	
If à baies = if commun <i>Taxus baccata</i> L.	1874 1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mars 20 février	80 51	/	/	/	/	
Thuya géani = Thuya dc Lobb <i>Thuja gigantea</i> Nun. (= <i>T. plicata</i> Donn.)	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 janvier	15	/	/	/	/	

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Malmité		Chine des feuilles		Localisation et obstinations générales
			Date cahnünié	JJ	Date caiendaire	JJ	Date caendaire	JJ	Date calent'laire	JJ	Date caendaire	JJ	
Silène enflée	1871	Domaine foiestie des Barres *	/	/	/	/	31 mai	151	/	/			
<i>Silene inflata</i> Sm	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 mai	147	/	/			
Silène penchée	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 mai	144	/	/			
<i>Silene milans</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mai	141	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 mai	141	/	/			
Morelle douce-amère	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 juin	158	/	/			
<i>Solatum dulcamara</i> L.													
Morelle tubéreuse (pomme de terre)	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 juin	168	/	/			
<i>Solatum tuberosum</i> L.													
Soudage verge-d'or	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 août	224	/	/			
<i>Salidago virga-aurea</i> L.													
Spéculaire miroir	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 juin	161	/	/			
<i>Specularia perfoliata</i> Alph. DC													
Spirée à feuilles de millepertuis	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 avril	99	/	/			
<i>Spiraea hypericifolia</i> L.													
Spirée à feuilles de Saule	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 juin	167	/	/			
<i>Spiraea salicifolia</i> L.													
Spirée ulmaire (reine des prés)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 juin	174	/	/			
<i>Spiraea ulmaria</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 juin	167	/	/			
Epière des marais	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 juillet	190	/	/			
<i>Stachys palustris</i> L.													
Epière droite	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 juin	160	/	/			
<i>Stachys recta</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 juin	155	/	/			
Stellaire holostée	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 mars	88	/	/			
<i>Stellaria holostea</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 avril	107	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 avril	108	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 avril	102	/	/			
Stellaire intermédiaire	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 mars	63	/	/			
<i>Stellaria media</i> Vill.													
	1872	Département Aisne, Soissons	/	/	/	/	4 février	35	/	/			
	1872	Département: Maine-et-Loire, La Baumette.	/	/	/	/	28 janvier	28	/	/			
Consolide officinale	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 avril	120	/	/			
<i>Symphitum officinale</i> L.													
Pissenlit officinal	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 février	42	/	/			
<i>Taraxacum dens-leonis</i> Desf	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 mars, 8 avril	67, 99	/	/			
rW officinale We6 )	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 mars	79	/	/			
Germandrée scorodaine (saug des bois)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 juillet	186	/	/			
<i>Teucrium scorodonia</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	29 juillet	180	/	/			
Pigamon jaune	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 juillet	188	/	/			
<i>Thalictrum flavum</i> L.													
Tabouret	1872	Département Maine-et-Loire La Baumette.	/	/	/	/	28 janvier	28	/	/			
<i>Thlaspi bursa-pastori</i>													
Thym serpolet	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	1 juin	152	/	/			
<i>Thymus serpyllum</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mai	148	/	/			
Thym	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 avril	120	/	/			
<i>Thymus vulgaris</i> L.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 mai	127	/	/			
Trèfle incarnat	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 avril	110	/	/			
<i>Trifolium incarnatum</i> L.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 mai	124	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mai	127	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Dale calend.ihe	JJ	Date c:ilendaie	JJ	Date caleulaie	JJ	Dalecalendaie	JJ	Dale calenaire	JJ	
<i>Triticum vulgare</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	15 juillet	199			
Ble	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 juin	154	/	/			
<i>Triticum vulgare</i> Vill.	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mai	148	/	/			
<i>Triticum aestivum</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	24 avril	114	/	/			
Tussilage farfara	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mars	70	/	/			
<i>russilafarfara</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 mars	66	/	/			
	1872	Département: Maine-el-Loire La Baumette.	/	/	/	/	18 janvier	18	/	/			
Ulriculaire vulgaire	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 août	228	/	/			
<i>Utricularia vulgaris</i> L.													
Valériane dioïque	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	17 avril	107	/	/			
<i>Valeriana dioica</i> L.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 avril	101	/	/			
Valériane officinale	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 juin	155	/	/			
<i>Valeriana officinalis</i> L.													
Valériane phu	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 mai	142	/	/			
<i>Valeriana phu</i> L.													
<b>Valeriana rubra</b>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 mai	142	/	/			
Molène floconneuse	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 juin	176	/	/			
<i>Verbascum floccosum</i> W. et K.													
Molène lhapsus (Bouillon blanc)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 juillet	194	/	/			
<i>Verbascum lhapsus</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 juillet	181	/	/			
Véronique beccabonga	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 mai	139	/	/			
<i>Veronica beccabunga</i> L.													
Véronique petit-chêne	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 avril	96	/	/			
<i>Veronica chamaedrys</i> L.													
Véronique officinale	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 mai	138	/	/			
<i>Veronica officinalis</i> L.													
Vesce cracca	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 juin	156	/	/			
<i>Vicia cracca</i> L.													
<b>Vicia segetalis</b>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mai	146	/	/			
Vesce des haies	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mai	127	/	/			
<i>Vicia sepium</i> L.													
Pervenche	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	25 février	56	/	/			
<i>Viola sp</i>	1885	Domaine forestier des Barres *	1 mars	60	/	/	21 mars	80	/	/			
Pervenche	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 janvier	6	/	/			
<b>Vinca major</b>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 février	35	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 avril	107	/	/			
<b>Vincetoxicum</b>	1872	Département: Pyrénées-Orientales. Collioure.	/	/	/	/	20 janvier	20	/	/			
Pervenche mineure	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 février	52	/	/			
<i>Vinca minor</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mars	69	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 mars	86	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 mars	76	/	/			
	1875	Département: Aisne. Coucy-le-château	/	/	/	/	27 mars	86	/	/			
<i>Vinca minor rar alba</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mars	65	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 février	35	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 mars	75	/	/			
	1875	Département: Aisne. Coucy-le-château.	/	/	/	/	16 mars	75	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Mûriss.		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calendrier	JJ	Date calendrier	JJ	Date calendrier	JJ	Date calendrier	JJ	Date calendrier	JJ	
Violette <i>Vmhs.,</i>	1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 février	40	/	/			
Violette odorante <i>Viola ottonitti</i> L.	1872	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 février	34	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	16 février	47	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 mars	74	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 mars	65	/	/			
	1875	Département: Aisne Coucy-Is-Château.	/	/	/	/	15 mars	74	/	/			
<i>Agrostis viui githugo</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 mai	148	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 juin	155	/	/			
<i>Anbryetii iletoirfeunt</i>	187-1	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 mars	82	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mars	69	/	/			
Couronne impériale <i>Diefytra fmnno)a</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mars	80	/	/			
	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 avril	100	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 avril	97	/	/			
<i>Fitnkiti Mibcorduta</i>	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 août	220	/	/			
<i>Sysintbrinin allinriu</i>	187-1	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 avril	105	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 avril	108	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	19 avril	110	/	/			
<i>Yucca pendilla</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 juin	161	/	/			
<i>Youca</i>	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 juillet	185	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonne meut		Feuilles		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	
Arbres, arbustes et arbrisseaux													
Hêtre <i>Fagus sylvatica</i> L.	1381	Domaine forestier des Barres *	12 avril	102	27 avril	117	/	/	/	/			* Région Centre Département Loiret Commune: Noizien-sur-Vernisson. Altitude 150 m. Exposition : sommet d'un plateau. Observations faites hors-bois et sous-bois La station sous-bois est à 168 m de la station hors-bois sous un percluis de chênes Le domaine d'une contenance de 67 hectares 50 ares est boisé sur 43 hectares environ en essences feuillues et résineuses.
	1884	Domaine forestier des Barres *	27 février	58	/	/	/	/	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	27 février	58	21 avril	111	1 mai	121	/	/			
Chêne <i>Quercus sp</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	29 octobre	302	
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	20 novembre (fin CF)	325	
Chêne aquatique <i>Quercus aquatica</i> Walt	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mai	142	/	/			
Chêne écarlate <i>Quercus coccinea</i> Muenchh	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mai	126	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 mai	125	/	/			
Chêne ferrugineux <i>Quercus ferruginea</i> Michx.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 mai	136	/	/			
Chêne glanduleux <i>Quercus glandulifera</i> Blume.	1885	Domaine forestier des Barres *	20 mars	79	9 avril	99	22 avril	112	/	/			
	1874	Domaine Forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/			
	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 mai	122	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mai	129	/	/			
1885	Domaine forestier des Barres *	29 mars	88	15 avril	105	6 mai	126	/	/				
Chêne à feuilles d'Yeuse <i>Quercus ilex</i> L. (= <i>Q. banisteri</i> Michx.)	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	7 mai	127	/	/			
Chêne à feuilles de laurier <i>Quercus ilex</i> L.	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	10 mai	130	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 mai	142	/	/			
Chêne à gros glands <i>Quercus ilex</i> L.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/			
Chêne occidental <i>Quercus ilex</i> L.	1885	Domaine forestier des Barres *	10 mars	69	1 mai	121	18 mai	138	/	/			
Chêne des marais <i>Quercus laevis</i> Mill.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 avril	118	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	6 mai	126	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 mai	126	/	/			
	1885	Domaine forestier des Barres *	4 avril	94	18 avril	108	22 avril	112	/	/			
Chêne sessile <i>Quercus petraea</i> (Mill.) Liebl	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	10 avril	100	29 avril	119	2 mai	122	25-28 octobre	298-301	27 novembre	331	
	1885	Domaine forestier des Barres *	27 mars	86	23 avril	113	10 mai	130	29 septembre	272			
Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 avril	112	/	/			
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 avril	120	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 mai	125	/	/			
	1881	Domaine forestier des Barres *	5 avril	95	19 avril	109	1 mai	121	25-28 octobre	298-301	18 novembre <CF partielle>	323	
1885	Domaine forestier des Barres *	19 mars	78	23 avril	113	29 avril	119	29 septembre	272				
Chêne pyramidal (variété de chêne pédonculé) <i>Quercus fastigiata</i> Lam. (= <i>Q. pyramidalis</i> Gmel.)	1885	Domaine forestier des Barres *	1 mars	60	11 avril	101	/	/	/	/			
Chêne rouge ( <i>Quercus rubra</i> Durai = <i>Q. han'alis</i> Michx.)	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/			
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 mai	123	/	/			
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 mai	124	/	/			
Chêne liège <i>Quercus suber</i> L.	1885	Domaine forestier des Barres *	12 mars	71	26 avril	116	/	/	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	11 our goon neinent		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calenlnre	JJ	Date calendaire	JJ	Date calendaire	JJ	Dnte calendaire	JJ	Dale calenlnre	JJ	
Chêne des ictitricrs <i>Quercus ilex</i> Michx.	1874 1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/			
Chêne tauzin <i>Quercus pubescens</i> Willd.	1881 1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	12 avril	102	26 Mai	114	/	/			
Erable champêtre <i>Acer camphre</i> L.	1873 1874 1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 avril	108	/	/			
Erable rouge <i>Acer rubrum</i> L.	1874 1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 mars	86	/	/			
Erable de Naples <i>Acer napolitanum</i> Ten.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	5 avril	95	/	/			
Erable à fruits coloniaux <i>Acer glabrum</i> Kirchner (= <i>Acer dasycarpum</i> Ehrh.)	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	11 mars	71	/	/			
Marronnier <i>Aesculus hippocastanum</i> L.	1873 1874 1875 1876 1881 1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	18 avril	108	/	/	14 novembre	318	
Marronnier à petites fleurs <i>Aesculus parviflora</i> Wall. (= <i>Aesculus mucroniflora</i> Loisel.)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 juillet	207	/	/			
Marronnier palier <i>Aesculus parviflora</i> Lamk.	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	2 juillet	183	/	/			
Ailante glandifère (Vernis du Japon) <i>Ailanthus glandulosa</i> Desf.	1873 1874 1875 1876 1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	21 juin	172	/	/	14 novembre	318	
Anne à feuilles en cœur (aune cordé) <i>Alnus cordata</i> Loisel.	1873 1875 1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mars	h7	/	/			
Aulne gluifère <i>Alnus glutinosa</i> Gaenn.	1873 1881 1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	15 avril	115	1 mars	60	21 novembre	325	
Amélanchier <i>Amelanchier alnifolia</i> Moench.	1873 1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 avril	102	/	/			
Amandier commun <i>Prunus amygdalus</i> L.	1873 1876 1884 1885	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	12 mars	71	/	/			
	1872	Département: Pyrénées-Orientales. Collioure.	/	/	/	/	8 février (pleine floraison)	39	/	/			
	1872	Saint-Martin de Hinx	/	/	/	/	fin février (pleine floraison)	1	/	/			

Noms d'espèces	Année	Localisation	Bourgeonnement		Feuillaison		Floraison		Maturité		Chute des feuilles		Localisation et observations générales
			Date calendaire	JJ	Dnle calendaire	JJ	Dale calendaire	JJ	Dare calendaire	JJ	Dale calendaire	JJ	
<i>Abricotier</i> <i>Prunus vulgaris</i> Lam.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	/	20 novembre	324
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 mars	84	19 juillet	200	/	/	
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 mars	74	/	/	/	/	
	1884	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mars	68	/	/	/	/	
	1872	Département: Landes Belrie	/	/	/	/	début février	/	/	/	/	/	
	1872	Département: Pyrénées-Orientales. Collioure.	/	/	/	/	5 février	36	/	/	/	/	
	1872	Département: Vosges. Epinal. Observatoire du château Alt.: 37» m.	/	/	/	/	28 février	59	/	/	/	/	
Epine-à-icite <i>Herbertus vilgaris</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	31 mars	90	/	/	/	/	
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 avril	98	/	/	/	/	
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	9 mai	129	/	/	/	/	
	1885	Domaine forestier des Barres *	14 mars	73	1 avril	91	27 avril	117	/	/	/	/	
Bouleau <i>Betula sp</i>	1881	Domaine forestier des Barres *	14 mars	73	4 avril	94	6 avril	96	/	/	/	/	
	1885	Domaine forestier des Barres *	17 février	48	12 avril	102	1 avril	91	/	/	/	/	
Bouleau blanc <i>Ikluh alba</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27 novembre	331
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	3 avril	93	/	/	/	/	
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 avril	113	/	/	/	/	
<i>Iielula papyracca</i> Dryand. (=B papyrifera Marsh)	1874	Domaine forestier des Barres \	/	/	/	/	3 avril	93	/	/	/	/	
Buis toujours vert <i>Ihixis sempervirens</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	13 avril	103	/	/	/	/	
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 mars	79	/	/	/	/	
	1885	Domaine forestier des Barres *	2 mars	61	1 avril	91	/	/	/	/	/	/	
Calicanthe ( <i>Calycanthus sp</i> )	1872	Département: Maine-et-Loire. La Baumette.	/	/	/	/	28 janvier	28	/	/	/	/	
Calicanthe d'Occident <i>Calycanthus occidentalis</i> Hook et Arn (=C. macrophyllus Hort.)	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 septembre	247	/	/	/	/	
Caragan <i>Caragana sp</i>	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	28 avril	118	/	/	/	/	
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	20 avril	111	/	/	/	/	
Caragan allagan ( <i>Caragana allagana</i> Poir)	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mai	128	/	/	/	/	
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	27 avril	117	/	/	/	/	
Charme <i>Carpinus betulus</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 avril	104	/	/	/	19 novembre	323
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15 octobre	2R8
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10-20 novembre	315-325
	1881	Domaine forestier des Barres *	10 mars	69	3 avril	93	20 mars : 14 avril	79 ; 104	15-20 août	227-232	/	/	
	1885	Domaine forestier des Barres *	7 février : 1 mars	38 : 60	11 avril	101	12 avril	102	/	/	/	/	
Châtaignier <i>Casanea saliva</i> Mill.	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 juin	174	/	/	/	/	
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	14 juin	165	/	/	/	/	
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	4 juillet	186	/	/	/	30 octobre (CF partielle)	304
	1881	Domaine forestier des Barres *	13 avril	103	29 avril	119	/	/	17-20 octobre	290-293	/	/	
	1885	Domaine forestier des Barres *	28 février	59	24 avril	114	3 mai	123	/	/	/	/	
Catalpa commun <i>Catalpa fNgnonnik/cs</i> Walt.	1873	Domaine forestier des Banes *	/	/	/	/	11 juillet	192	/	/	/	/	
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	23 juin	174	/	/	/	/	
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	/	/	/	/	/	9 novembre	314
Gainierciliquastrc (arbre de Judée) <i>Cercis siliqtiQsintm</i> L.	1873	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	8 mai	128	/	/	/	/	
	1874	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	26 avril	116	/	/	/	/	
	1875	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	30 avril	120	/	/	/	/	
	1876	Domaine forestier des Barres *	/	/	/	/	22 avril	113	/	/	/	/	
Chénomèle du Japon (cognassier du Japon) <i>Chaenomeks japonico</i> Lindl. (=Pinis japonicaThunb.= <i>Cydonia japonica</i> Pers.)	1873	Domaine forestier des Barres.	/	/	/	/	11 mars	70	/	/	/	/	
	1874	Domaine forestier des Barres.	/	/	/	/	25 mars	84	/	/	/	/	
	1875	Domaine forestier des Barres.	/	/	/	/	1 avril	91	/	/	/	/	
	1881	Domaine forestier des Barres *	24 février	55	/	/	/	/	/	/	/	/	
1875	Département: Aisne Coucy-te-château,	/	/	/	/	29 mars	88	/	/	/	/		

## ANNEXE 2

### *Description de quelques systèmes linéaires et exponentiels de prédiction du débourrement et de la floraison*

L'annexe 2 présente, sous forme de tableaux, une synthèse de quelques travaux de la littérature dans lesquels ont été utilisés des calculs de degrés-jours ou de  $Q_{10}$ . La liste des espèces de ces tableaux figure page 57.

Pour les observations concernant des provenances en plantation sont indiquées non seulement la localisation de la plantation, mais aussi, chaque fois que possible, celle de l'origine des provenances. Les numéros des équations et des interprétations sont ceux de la partie 5.1.1. Dans certains cas, les paramètres sont fixés arbitrairement, et les sommes thermiques indiquées ne sont que de simples observations. Dans d'autres, les paramètres définissant un système ont été testés, afin de déterminer le meilleur système. La méthode utilisée par les différents auteurs afin de déterminer le meilleur système, ainsi que la précision du système, sont alors indiqués.

#### *Abréviations utilisées dans l'annexe 2*

Cale: calculé  
cov.: covariance  
DD: degrés-jours  
débour.: débourrement  
E: est  
j:jour  
Lat: latitude  
Long: longitude  
moy.: moyenne  
N: nord  
Nb: nombre  
Obs.: observation  
Opt.: optimale  
Prgm: programme  
Prov.: provenance  
rq: remarque  
S: sud  
S: somme  
Sp: espèce  
st.: stade  
T: température  
var.: variance  
W: ouest

b4 (R): stade b4 du Renecofor

Espèces, provenances éventuelles	Localisation des observations, des provenances, nombre d'observations	Méthodes et formules utilisées pour le calcul des degrés-jours	Dates d'initialisation	Seuils ou $Q_n$	Sommes de température ou de QIO	Stades phénologiques de débournement observés	Choix du système, de la date, ou du seuil	Precision de la méthode	References
Sapin pectiné ( <i>Abies alba</i> MILL.) Prov. Ecouves	Nancy (Meurthe-et-Moselle)	Somme de températures Formule: équation 1 Comparaison de la Tmoy journalière au seuil	Date utilisée: 1 janvier	Seuil utilisé: 2°C	490 T-jours	Débour. moyen (aiguilles partiellement libérées) du bourgeon terminal de la flèche pour déjeunes arbres	La S de T indiquée est la nioy des X cale, jusqu'au 5 mai (débour estimé moyen) sur la période 1949-1967	L'écart entre la valeur vraie de la somme thermique (moy des S de T cale pour différentes dates de débour) et la valeur indiquée est probablement faible	Aussenac 1973
Sapin gracieux ( <i>Abies concolor</i> (Dougl.) Forbes)	Etats-Unis Mamquam Valley (15 km à l'E de Squamish) 49°45'N; 123°00'W Prov. du NW d'Amérique du N (W des Rocheuses) 1 an d'obs. à 2 plantations (Alt.: 1100m et 1400 m)	Somme de températures mesurée avec des "accumulateurs de degrés-jours"	Les "accumulateurs de degrés-jours" sont enfouis dans la neige au début de l'été de l'année d'obs	Seuils utilisés: 3 à 7°C  Seuil estimé: 3,8°C 3,6°C 4,2°C 4,8°C 5,3°C	172 °C-jours 185°C-jours 180 °C-jours 173°C-jours 168°C-jours	50% des jeunes arbres ont un bourgeon au Stb3 (R)	Détermination du seuil : calcul des différences entre les sommes de degrés-jours apparentes (voir 6.1.4)	/	Worrall 1973
Sapin subalpin ( <i>Abies lasiocarpa</i> (Hook.) Null.)	Etats-Unis Mamquam Valley (15 km à l'E de Squamish) 49°45'N; 123°00'W Prov. du NW d'Amérique du N (W des Rocheuses): 1 an d'obs à 2 plantations (Alt.: 1100m et 1400 m)	Somme de températures mesurée avec des "accumulateurs de degrés-jours"	Les "accumulateurs de degrés-jours" sont enfouis dans la neige au début de l'été de l'année d'obs	Seuils utilisés: 3 à 7°C  Seuil estimé: 2,4°C 2,8°C	115 °C-jours 122°C-jours	50% des jeunes arbres ont un bourgeon au st.b3 (R)	Détermination du seuil : voir 6.1.4 (calcul des différences entre les sommes de degrés-jours apparentes)	/	Worrall 1983
Galmier siliquastre ( <i>Cercis siliquastrum</i> L.)	Italie Orislano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); Alt.: 11m 11 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12°C Seuil retenu: 0°C	1029°C-jours	Débour	a minimum, en jours moyens de débournement	o. 36 j moyens de débour (rq o en DD: 392)	Spano et al 1999
Hêtre ( <i>Fagus sylvatica</i> L.)	France Aquitaine (Landes: forêt de Laveyron) Alt.: 97-140 m 8 ans d'obs.	Somme de températures Formule: équation 2  Somme de $Q_{10}$ Formule: équation 4  Somme de $Q_n$ Formule: équation 4	Dates testées: du 10/12 au 10/04 Date retenue: 1 avril  Dates testées: du 10/12 au 10/04 Date retenue: 1 avril  Dates testées: du 10/12 au 10/04 Dates retenues: 20 janvier et 1 février	Seuils testés: -3 à 7°C Seuil retenu: 3°C  $Q_{10}$ testés: 2,5 à 4 $Q_{10}$ retenu: 2,5  $Q_n$ testés: 1,5 à 4 $Q_n$ retenu: 1,5	/	Seuil 50% des arbres au st. b4 (R)  idem  idem	2a minimum, en jours moyens de débournement  idem  idem	2o = 6,5 j moyens de débour  2o = 6,5 j moyens de débour  2a = 4,3 j moyens de débour	Comps et al 1987
	Pays-Bas 57 ans d'obs. (dans des sites différents)	Somme de températures Formule, équation 3 Interprétation 1	Dates testées: 1 novembre au 1 mai Date retenue: 1 janvier	Seuils testés: -5 à 10°C Seuil retenu: 4,5°C	206,4 °C-jours	Quelques feuilles sont visibles, mais n'ont pas encore atteint leur taille maximale	1 (dates observées - dates prédites) <sup>2</sup> minimale, notée SSres	SSres = 488	Kramer 1994b

Espèces, provenances éventuelles	Localisation des observations, des provenances, nombre d'observations	Méthodes et formules utilisées pour le calcul des degrés-jours	Dates testées	Seuils testés	Sommes de températures ou de Q <sub>10</sub>	Stades phénologiques de débournement observés	Choix du système, de la date, nu du seuil	Précision de la méthode	Références
<i>Pinetie noire</i> <i>Picea marianus</i> (Mill.) B.S.P. 14 clones	Etats-Unis Verger au N de l'Ontario (48°23' 89°80') 1 an d'obs.	Somme de température	?	Seuil utilisé: 5°C	Clone le + précoce: 127°C-jours Le + tardif: 190 °C-jours moy.: 150°C-jours	Débour, des flèches terminales et de 4 branches latérales	Le système n'est pas testé, il s'agit de simples obs.	/	O'Reilly et Parker 1982
<i>Pin sylvestre</i> ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)	Finlande 2 plantations (séries Heikinheimo), datant de 1931 3 ans d'obs.	Somme de températures	Date utilisée: 1 janvier	Seuil utilisé: 5°C		1 <sup>er</sup> jour où un bourgeon est ouvert	Le système n'est pas testé, il s'agit de simples obs.	/	Beuker 1994
Pays d'origine des prov Finlande (4 prov.) Russie (1 prov.)	Entre 67°30' et 60°22' de Lat ; Alt moy 429 m Lat.: 60°25', Long.: 29°45', Alt.: 50 m				203,5 T-jours 235 °C-jours				
<b>Pistachier</b> <b>lentisque</b> ( <i>Pistacia</i> <i>lentiscus</i> L.)	<b>Italie</b> Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); Alt.: 11m  <b>11 ans d'obs</b>	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12°C  Seuil retenu: 0°C	1102°C-jours	<b>Débour.</b>	o minimum, en jours moyens de débournement	o 26 j moyens de débour  (rq a en DD: 289)	Spano <i>et al.</i> 1999
<i>Douglas</i> ( <i>Pseudotsuga</i> <i>menziesii</i> (Mirb.) Franco) Prov. Farges	Nancy (Meurthe-et-Moselle)	Somme de températures Formule équation 1 Comparaison de la T moy journalière au seuil	Date utilisée: 1 janvier	Seuil utilisé: 2°C	540 °C-jours	Débour moyen (aiguilles partiellement libérées) du bourgeon terminal de la flèche pour déjeunes arbres	La T de T indiquée est la moy des T cale, jusqu'au 10 mai (débour estimé moyen) sur la période 1949-1967	L'écart entre la valeur vraie de la somme thermique (moy. des L de T cale pour différentes dates de débour.) et la valeur indiquée est probablement faible	Aussenac 1973
	Canada University of British Columbia Research Forest  10 ans d'obs	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Dates testées: entre le 01/03 et le 01/04  Date retenue: 12 mars  Date retenue: 20 mars  Date retenue: 13 mars  Date retenue: 15 mars	Seuils testés: 0 à 6,67°C  Seuil retenu: 2,78°C  Seuil retenu: 4,44°C  Seuil retenu: 2,78°C  Seuil retenu: 1,11°C	578°C-jours  220°C-jours  407°C-jours  940°C-jours	Date moy de débour. complet de 154 douglas  Date de débour. du 1 <sup>er</sup> bourgeon  Date de débour. complet de l'arbre le plus précoce  Date de débour. complet de l'arbre le plus tardif	i. (date observé-date prédite) / nb d'obs. minimale  idem  <b>idem</b>  idem	Prédiction avec 0,946 jours d'erreur  Prédiction avec 1,5095 jours d'erreur  Prédiction avec 2,2430 jours d'erreur  Prédiction avec 1,7631 jours d'erreur	Thomson et Moncrieff 1982
<b>Chêne vert</b> ( <i>Quercus ilex</i> L.)	Italie Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); Alt.: 11m  6 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: (janvier)	Seuils testés: 0 à 12°C  Seuil retenu: 0°C	1494°C-jours	<b>Débour.</b>	o minimum, en jours moyens de débournement	o 16 j moyens de débour  (rq a en DD: 183)	Spano <i>et al.</i> 1999
<b>Chêne pédoncule</b> ( <i>Quercus robur</i> L.)	France Aquitaine (Landes; forêt de Laveyron) Alt 97-140 m  7 ans d'obs.	Somme de températures Formule: équation 2  Somme de Q <sub>10</sub> Formule: équation 4	Dates testées: du 10/12 au 20/02 Date retenue: 1 janvier  Dates testées: du 10/12 au 20/02 Date retenue: 1 janvier	Seuils testés: 3 à 5°C Seuil retenu: 5°C  Q <sub>10</sub> testés: 2 à 4 Q <sub>10</sub> retenu: 3,25	/	Seuil 50% des arbres au si. b5 (R)  idem	2n minimum, en jours moyens de débournement  idem	2a - 3,6 j moyens de débour.  2a - 6,6 j moyens de débour	Comps <i>et al.</i> 1987

Espèces, provenances éventuelles	Localisation des observations, des provenances, nombre d'observations	Méthodes et formules utilisées pour le calcul des degrés-jours	Dates d'initialisation	Seuils ou Qn,	Sommes de température ou de QIC	Stades phénologiques de débouriement observés	Choix du système, de la date, ou du seuil	Précision de la méthode	Références
Olivier sauvage ( <i>Olea europaea</i> L.)	Italie Ovizzano (Jardin de Recherche phénologique, Sardaigne); Ail.: 1 Im  6 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Ermin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12T  Seuil retenu: 0°C	1008 °C-jours	<b>Débour</b>	a minimum, en jours moyens de débournement	σ: 11 j moyens de débour	Spano <i>et al</i> 1999
Epicéa commun ( <i>Picea abies</i> (L.) Kant.) Prov. La Joux	Nancy (Meurthe-et-Moselle)	Somme de températures Formule: équation 1 Comparaison de la Tmoy journalière au seuil	Date utilisée: 1 janvier	Seuil utilisé: 2°C	600 °C-jours	Débour. moyen (aiguilles partiellement libérées) du bourgeon terminal de la flèche pour déjeunes arbres	La T de T indiquée est la moy. des 2. cale. jusqu'au 15 mai (débour. estimé moyen) sur la période 1949-1967	L'écart entre la valeur vraie de la somme thermique (moy. des S de T cale. pour différentes dates de débour) et la valeur indiquée est probablement faible	Aussenac 1973
Clones d'arbres + sélectionnés à partir d'arbres du S de la Suède	S de la Suède 3 plantations 1 sur la côte W (Skällasvågen) 2 continentales, à 40 km au N de Växjö (57°10'N; 14°47'E)  1 art d'obs (3 sites)	Somme de températures Formule: équation 1 Comparaison de la Tmoy journalière au seuil	Date utilisée: 1 avril	Seuil utilisé: 5°C	155°C-jours	50% des jeunes plants au st. b3 (R)	Le système n'est pas lesté, il s'agit d'une simple obs.	/	Langvall <i>et al</i> 2001
17 clones originaires d'Europe centrale	Suède (S et centre) Ekebo (55°58'N, 15°54'E): 4 ans d'obs. Vipången (59°48'N, 17°38'E): 7 ans d'obs.	Somme de températures Formule: équation 1 Comparaison de la Tmoy journalière au seuil	Dates lestées: 1/01, 1/02, 1/03, 1/04, 1/05  Dates retenues: 1/01, 1/02, 1/03	Seuils testés: 2 à 8°C  Seuil retenu: 5°C	/	Débour. des bourgeons terminaux des branches latérales les plus hautes	Ecart-type des différences entre dates observées et dates prédites minimum	Prédiction avec 2,1 j d'erreur	Hannerz 1999
<b>Provenances</b>	Finlande Plantation. Punkaharju (Séries Mikola), datant de 1978 Lat.: 61°48'; Long.: 29°20'; Alt. 83 m 3 ans d'obs	Somme de températures	Date utilisée: 1 janvier	Seuil utilisé: 5°C		1er jour où un bourgeon est ouvert	Le système n'est pas lesté, il s'agit de simples obs.	/	Beuker 1994
Pays d'origine des prov. : Finlande (15 prov.) Estonie (1 prov.) Lituanie (1 prov.) Russie (1 prov.) Pologne (1 prov.) Roumanie (1 prov.) France (1 prov. Vosges)	<b>Entre 68°00' et 60°39' de Lat.</b> ; AU moy: 139 m Lat.: 58°00'; Long.: 27°30'; Alt.: 100 m Lat.: 56°42'; Long.: 20°30'; Alt.: 100 m Lat.: 61°50'; Long.: 40°00'; Alt.: 200 m Lat.: 53°54'; Long.: 23°00'; Alt.: 120 m Lat.: 47°20'; Long.: 25°20'; Alt.: 350 m Lat.: 48°04'; Long.: 6°53'; Alt.: 800 m				141 °C-jours 189 °C-jours 233 °C-jours 160 °C-jours 238 °C-jours 255 °C-jours 206 °C-jours				
<b>Provenances</b>	Finlande 4 plantations (séries Heikinheimo), datant de 1931 3 ou 2 ans d'obs, selon la plantation	Somme de températures	Date utilisée: 1 janvier	Seuil utilisé: 5°C		1er jour où un bourgeon est ouvert	Le système n'est pas lesté, il s'agit de simples obs.	/	Beuker 1994
Pays d'origine des prov. : Finlande (6 prov.) Norvège (1 prov.) Allemagne (2 prov.)	Entre 67°30' et 60°21' de Ut Lat.: 60°35'; Long.: 10°30'; Alt.: 250 m Entre 50°38' et 50°30' de Lat.; Alt. moy.: 750 m				162,5 °C-jours 171 °C-jours »97 °C-jours				
Epine blanche ( <i>Picea glauca</i> (Moench.) Voss.) 13 clones	Etats-Unis Verger au N de l'Ontario (48°23' 89°80') 1 an d'obs	Somme de température		Seuil utilisé: 5°C	Clone le + précoce: 67 °C-jours Le + tardif: 144 °C-jours moy.: 91,1 °C-jours	Débour. des flèches terminales et de 4 branches latérales	Le système n'est pas lesté, il s'agit de simples obs.	/	O'Reilly et Parker 1982

Espèces, provenances éventuelles	Localisation des observations, des provenances, nombre d'observations	Méthodes et formules utilisées pour le calcul des degrés-jours	Dates d'initialisation	Seuils ou Q,n	Sommes de température ou de QIO	Stades phénologiques (le débournement observé)	Choix du système, de la date, ou du seuil	Précision de la méthode	Références
Roi-Mièner Faux-Acacia ( <i>Rohinia</i> <i>pxemloacacia</i> L.)	Italie Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); Alt : 11 m  11 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12 T  Seuil retenu: 0°C	988 X-jours	Débour	a minimum, en jours moyens de débournement	a: 13 j moyens de débour  (rq: a et DD 139)	Spano <i>et al.</i> 1999
Saule ( <i>Salix</i> <i>clivosa</i> L.)	Italie Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); Alt : 11 m  11 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12 T  Seuil retenu: OT	779 T-jours	Débour	a minimum, en jours moyens de débournement	a: 33 j moyens de débour  (rq: a en DD 348)	Spano <i>et al.</i> 1999
Tilleul à petites feuilles ( <i>Tilia contina</i> Mill.)	Italie Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne), Alt : 11 m  11 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12 T  Seuil retenu: OT	1089°C-jours	Débour	a minimum, en jours moyens de débournement	a: 11 j moyens de débour.  (rq: a en DD 115)	Spano <i>et al.</i> 1999
8 espèces ci-dessous	Etats-Unis S de la Nouvelle-Angleterre (entre 41° et 42°N) 3 sites Hammonasset, Madison, Connecticut 3 ans d'obs Natchaug, Eastford, Connecticut: 2 ans d'obs Arcadia, Rhode Island. 2 ans d'obs	Dérivé de la méthode des sinusoides Prgm FORTRAN (Allen 1976)	Dates testées: 1 janvier au 30 avril  Date retenue pour les 8 espèces groupées: 15 avril	Seuil utilisé: 4,4°C		St utilisés pour déterminer la meilleure date d'initialisation: DD10%, DD 50%, DD90% DD 10%: nb de DD au moment où les feuilles apparaissent pour 10% des bourgeons d'un arbre	Pour chaque date testée calcul de DD10% ; DD50% , DD90% pour (8 sp x 2 ans x 3 sites + 8 sp x 1 an à Hammonasset)  cz> 56 groupes de 3 variables La date choisie est celle associée au plus petit déterminant de la matrice var-cov (3 x 3) pour les 3 variables (DD10% , DD50% ; DD90%)>		Valentine 1983
Erable rouge ( <i>Acer rubrum</i> L.)	Hammonasset Natchaug Arcadia		Date opt. pour l'érable rouge seul: 9 avril		75,3 T-jours 96,6 T-jours 92,5 T-jours 86,3 T-jours	Début du débour idem idem		o: 32,5 °C-jours o: 13 °C-jours q: 29,1 T-jours o: 28,3 °C-jours	
Erable à fruits cotonneux ( <i>Acer saccharum</i> Marsh.)	Hammonasset Natchaug Arcadia		Date opt pour l'érable à sucre seul: 16 avril		H3,4°C-jours 117,1 °C-jours 111,5 °C-jours 113,9°C-jours	Début du débour idem idem		o: 43,6 °C-jours a: 29,7 T-jours o: 24,6 °C-jours a: 34,4 T-jours	
Bouleau jaune ( <i>Betula</i> <i>alleghaniensis</i> Britton)	Hammonasset Natchaug Arcadia		Date opt pour le bouleau jaune seul: 14 avril		/	/		/	
Bouleau merisier ( <i>Betula lenta</i> L.)	Hammonasset Natchaug Arcadia		Date opt. pour le bouleau noir seul: 15 avril		/	/		/	
Hêtre d'Amérique ( <i>Fagus grandifolia</i> )	Hammonasset Natchaug Arcadia		Date opt. pour le hêtre seul: 15 avril		126,9 T-jours 149,9 T-jours 113,5 T-jours 129,7 T-jours	Début du débour idem idem		o: 21,5 °C-jours o: 26,2 °C-jours o: 31,9 °C-jours o: 29 T-jours	
Chêne blanc ( <i>Quercus alba</i> L.)	Hammonasset Natchaug Arcadia		Date opt pour le chêne blanc seul: 11 avril		129,8 °C-jours 177,7 T-jours 132,5 °C-jours 144,3 T-jours	Début du débour idem idem		a: 31,6 T-jours a: 12,1 T-jours a: 17,1 T-jours a: 31,4 T-jours	
Chêne rouge ( <i>Quercus rubra</i> L.)	Hammonasset Natchaug Arcadia		Date opt. pour le chêne rouge seul: 21 avril		109,5 °C-jours 140,2 °C-jours 106,5 °C-jours H8T-jours	Début du débour. idem idem		a: 30,4 T-jours o: 29,3 T-jours o: 22,9 T-jours a: 30,8 T-jours	
Chêne des teinturiers ( <i>Quercus velutina</i> Lam.)	Hammonasset Natchaug Arcadia		Date opt pour le chêne noir seul: 13 avril		99,5 °C-jours 124 T-jours 110,8 °C-jours 109,7°C-jours	Début du débour idem idem		o: 18,1 T-jours o: 16,1 T-jours o: 12,8 T-jours a: 18,8 T-jours	

Espèces, provenances éventuelles	Localisation des observations, des provenances, nombre d'observations	Méthodes et formules utilisées pour le calcul des degrés-jours	Dates d'initialisation	Seuils ou $Q_{10}$	Sommes de température ou de $Q_{10}$	Stades phénologiques de floraison observés	Choix de système, de la date, ou du seuil	Précision de la méthode	Références
Gaiiier siliquasre ( <i>Cercis siliquastrum</i> L.)	Italie Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); ait.: 11 m  11 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12°C  Seuil retenu: 0°C	  1058 °C-jours	Floraison	o minimum, en jours moyens de floraison	C 14 j moyens de floraison  (rq: a en DD: 157)	Spano <i>et al.</i> 1999
Pommier ( <i>Malus sylvestris</i> Mill.) 11 variétés différant par leur précocité de floraison	Clermont-Ferrand, Bordeaux et Angers  6 ans d'obs. (3 sites)	Somme de températures formule: équation 2  Somme de $Q_{10}$ formule: équation 4	Dates testées: du 10/12 au 20/02 Date retenue: 20 janvier	Seuils testés: -3 à 9°C Seuil retenu: 3°C	<i>f</i>	Floraison: 50% des inflorescences ont atteint ou dépassé le stade FI (stade repère de Fleckinger)	2a minimum, en jours moyens de floraison	2T = 5,1 j moyens de floraison	Bidabe 1967
			Dates testées: du 10/12 au 20/02 Date retenue: 20 janvier	On, testés: 2,5 à 3,5 $Q_{10}$ retenu: 3	<i>f</i>	idem	idem	2Tj = 4,1 jours moyens de floraison	
Olivier sauvage ( <i>Olea europaea</i> L.)	Italie Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); ait.: 11 m  6 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12°C  Seuil retenu: 0°C	  1504 °C-jours	Floraison	a minimum, en jours moyens de floraison	O: 19 j moyens de floraison  (rq: CT en DD: 225)	Spano <i>et al.</i> 1999
Pistachier lentisque ( <i>Pistacia lentiscus</i> L.)	Italie Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); ait.: 11 m  11 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12°C  Seuil retenu: 0°C	  1219 °C-jours	Floraison	o minimum, en jours moyens de floraison	o 18 j moyens de floraison  (rq: r en DD: 203)	Spano <i>et al.</i> 1999
Chêne vert ( <i>Quercus ilex</i> L.)	Italie Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); ait.: 11 m  6 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12°C  Seuil retenu: 0°C	  1598 °C-jours	Floraison	a minimum, en jours moyens de floraison	o: 20 j moyens de floraison  (rq: o en DD: 241)	Spano <i>et al.</i> 1999
Robinier Faux-Acacia ( <i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	Italie Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); ait.: 11 m  11 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12°C  Seuil retenu: 0°C	  1341 °C-jours	Floraison	a minimum, en jours moyens de floraison	o: 11 j moyens de floraison  (rq: a en DD: 130)	Spano <i>et al.</i> 1999
Saule ( <i>Salix chrysocoma</i> L.)	Italie Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); ait.: 11 m  11 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12°C  Seuil retenu: 0°C	  998 °C-jours	Floraison	o minimum, en jours moyens de floraison	o: 38 j moyens de floraison  (rq: o en DD: 416)	Spano <i>et al.</i> 1999
Tilleul à petites feuilles ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Italie Oristano (Jardin de recherche phénologique, Sardaigne); ait.: 11 m  11 ans d'obs.	Méthode des sinusoides ("single sine-wave method") (Baskerville et Emin 1969)	Date utilisée: 1 janvier	Seuils testés: 0 à 12°C  Seuil retenu: 0°C	  1767 °C-jours	Floraison	CT minimum, en jours moyens de floraison	o 33 j moyens de floraison  (rq: o en DD: 413)	Spano <i>et al.</i> 1999