



HAL
open science

Développement végétatif chez les Rhododendrons ornementaux et contrôle expérimental de la forme

Beaujard François, Joëlle Fustec, Jean-Daniel Viémont, C. Denoel

► **To cite this version:**

Beaujard François, Joëlle Fustec, Jean-Daniel Viémont, C. Denoel. Développement végétatif chez les Rhododendrons ornementaux et contrôle expérimental de la forme. *Naturalia Monspeliensia. Série Botanique*, 1991, H.S., pp.397-415. <hal-04996931>

HAL Id: hal-04996931

<https://hal.inrae.fr/hal-04996931v1>

Submitted on 19 Mar 2025

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

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



HAL Authorization

**DEVELOPPEMENT VEGETATIF
CHEZ LES RHODODENDRONS ORNEMENTAUX
ET CONTROLE EXPERIMENTAL DE LA FORME**

F. BEAUJARD* - J. FUSTEC* - J.D. VIÉMONT - C. DENOEL***

* *Station d'Agronomie, INRA, route de St-Clément, Beaucouzé, 49000 Angers, France*

** *FRD Biotechnologies, UFR Environnement, 2 Bd. Lavoisier,
49045 Angers Cédex, France*

RESUME

Le développement végétatif du Rhododendron est présenté en insistant sur la croissance rythmique et son rôle sur l'évolution des bourgeons axillaires et leur expression éventuelle en ramifications acrotones ou basitones. L'analyse des croissances foliaires a permis l'introduction d'une relation entre la date d'émission d'une feuille, la vitesse maximale de croissance et la taille maximale. Il est présenté un contrôle sur l'expression des ramifications par des transferts des plantes d'une photopériode à une autre couplés à une modification de l'alimentation azotée. Les bourgeons apicaux et axillaires distaux des différents types morphologiques (arbustif à buisson) ont été caractérisés par leur teneur en manganèse à différents moments des expériences. L'analyse des résultats amène à penser que le rythme d'un point de vue physiologique apparaît comme le mode croissance le plus stable.

ABSTRACT

Vegetative development of Rhododendron is described. We insist on the fact of rhythmic growth and its consequence on axillary buds evolution and its possible expression in acrotonous and basitonous branching. The analysis of foliar growth has led to the introduction of a relation between the date of leaf emission, the maximal growth speed and the maximal size. A control on branching expression by removing plants from one photoperiod to another in conjunction with a modifying of nitrate feeding is shown here. Apical underlying axillary buds of different morphological types (shrubby to bush) have been characterized by the manganese content at different moments of experiments. The analysis of the results leads to think that the rhythmic growth in a physiological view, appears as the most stable way of growing.

INTRODUCTION

Faite en pépinière et soumise à une artificialisation et une industrialisation croissantes, la production des plantes ligneuses d'ornement est principalement issue de la multiplication végétative traditionnelle (KRUSSMAN, 1981) et de la culture *in vitro* (ZRYD, 1988 ; LABAUME & al., 1989 ; ANDERSON, 1975, 1978, 1984 ; AUGÉ & al., 1982 ; ECONOMOU & al., 1981). Elle se fait de plus en plus en conteneur mais aussi avec un contrôle du support de culture et de la fertilisation (LEMAIRE & al., 1989 ; GRAS, 1988). Cependant, le produit obtenu en fin de culture a une forme qui est le plus souvent constatée plutôt que désirée au départ de la culture. Dans la situation actuelle, tenter de maîtriser la formation du végétal par des techniques agronomiques serait une évolution qui pourrait conduire à une véritable gestion de mécanismes du développement végétal à l'échelle de la culture. Le préalable à cette démarche est cependant de regrouper des connaissances suffisantes sur les potentialités morphogénétiques des plantes cibles.

Avec le modèle des Rhododendrons ornementaux, nous présenterons notre approche de la biologie de la plante puis son exploitation et les premiers résultats expérimentaux à finalité agronomique que nous avons obtenus.

QUELQUES COMPOSANTES DU DEVELOPPEMENT VEGETATIF

Les Rhododendrons sont des végétaux ligneux sélectionnés et cultivés depuis longtemps pour leur valeur esthétique. De dimensions généralement modestes (de 0.5 à 2 mètres de hauteur pour la production de plantes d'ornement), ils produisent au printemps de volumineuses inflorescences terminales dont le nombre est en relation avec l'effectif des ramifications.

Comme la plupart des végétaux ligneux de pays tempérés ou de pays tropicaux, les plantes présentent une croissance rythmique accusée qui, dans une première approche, semble dominer le développement végétatif de l'appareil caulinaire, en particulier pour le développement des ramifications. Si on se réfère aux modèles architecturaux définis par HALLE & OLDEMAN (1970), les Rhododendrons sont conformes aux premiers stades au modèle de RAUH et adoptent ensuite le modèle de LEEUWENBERG imposé par la floraison. Le rythme est de nature endogène mais l'interaction avec le milieu (climat et culture) permet une exploitation diversifiée des mécanismes de croissance : une culture contrôlée permet l'expression ou la non expression d'une potentialité à la régénération (basitonie par le développement de rejets issus de bourgeons préformés). Le port de buisson peut, en particulier, être exploité pour des finalités horticoles et peut être opposé à un port plus arbustif.

CONSTITUTION DES UNITES DE CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT DE RAMIFICATIONS

Parmi les études sur le rythme de croissance des végétaux ligneux (CHAMPAGNAT & al., 1986 a et b ; EL-MORSY & MILLET, 1989), celle du Rhododendron prend une place particulière. Le feuillage persistant et l'absence de stipules donne au modèle une certaine similitude avec la bruyère cultivée *in vitro* (BEAUJARD, 1984).

Le rythme est caractérisé par la formation cyclique et régulière d'un bourgeon terminal en concordance avec des phases de croissance. En fin de vague de croissance, le repos du bourgeon apical est rompu par une forte reprise de l'activité organogène du méristème terminal rapidement suivie par un dégagement en nombre limité des organes constitutifs du bourgeon

(fig. 3.a-b-c). Entre-noeuds et feuilles grandissent ensemble mais les uns après les autres, selon leur ordre d'initiation. En fin de vague de croissance, l'organogenèse est réduite alors que le bourgeon apical est déjà reconstitué (morphogenèse des écailles). De la même façon, mais avec des caractéristiques anatomiques et géométriques différentes, les bourgeons axillaires sont formés. Pendant la croissance de l'unité, ils ne dépassent pas le stade de leur constitution. A la fin de la croissance, les deux tiers de l'unité depuis la base comportent des écailles et des entre-noeuds de plus en plus longs alors que les feuilles assimilatrices distribuées dans le tiers distal ont des entre-noeuds de plus en plus courts (fig. 1). Il en résulte une véritable couronne de bourgeons axillaires disposée autour du bourgeon apical. Globalement et en fin de vague de croissance, les bourgeons sont d'autant plus volumineux qu'ils sont apicaux.

Lors du départ d'une nouvelle vague de croissance, les bourgeons axillaires distaux reprennent une activité plus ou moins synchronisée à l'activité apicale. Selon les plantes et la culture, elle peut conduire au débourrement et permettre (pl. 1.a) la constitution de ramifications dont les caractéristiques sont souvent proches de celles de l'unité apicale (fig. 2.a).

Chez certaines plantes, l'apex a un développement limité à la phase organogène ; les ramifications distales assurent alors l'expansion de la plante.

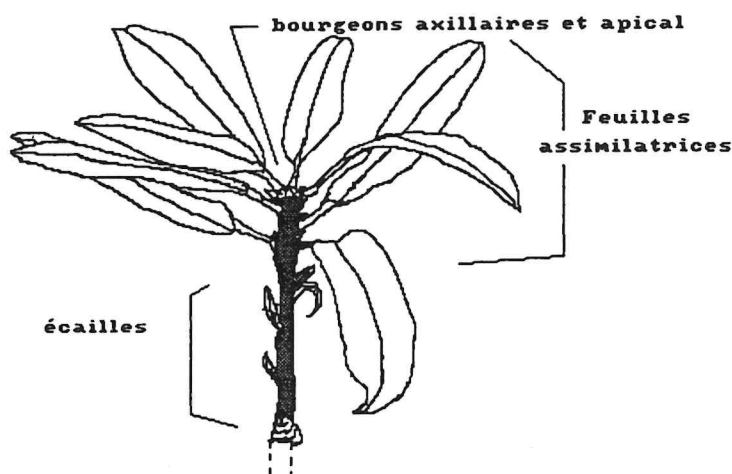


FIGURE 1

*Schéma d'une unité de croissance type
chez les Rhododendrons ornementaux*

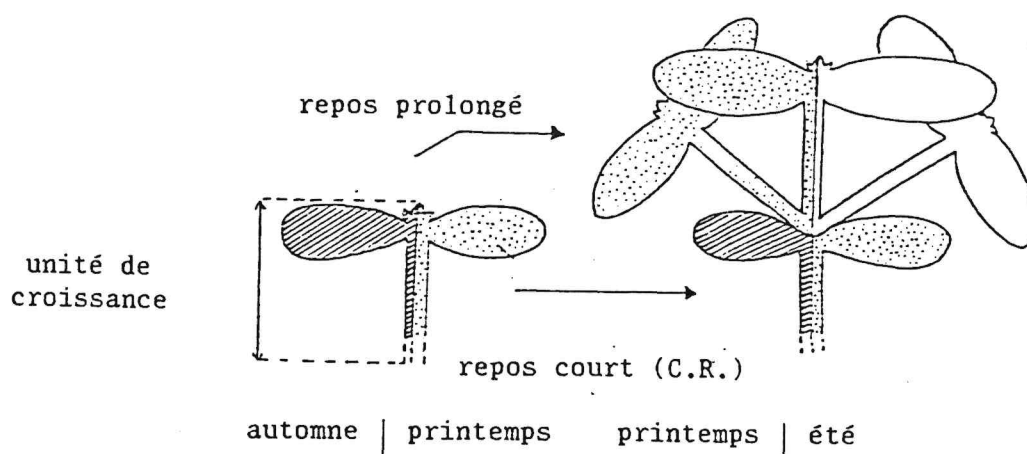
Ce mécanisme lié aux variations de la croissance propre au rythme conduit à un type de développement analogue à celui que l'on rencontre dans le cas de la floraison ou d'un débourrement acrotone de printemps (fig. 2.a-b).

Chez les jeunes Rhododendrons (issus de semis ou de culture *in vitro*), on observe assez souvent des plantes à croissance apparemment continue. L'axe est unique, les bourgeons axillaires sont peu développés et il faut attendre un premier arrêt de croissance suivi d'une reprise de l'organogenèse apicale pour observer une évolution conséquente des bourgeons distaux et peut-être un développement des ramifications.

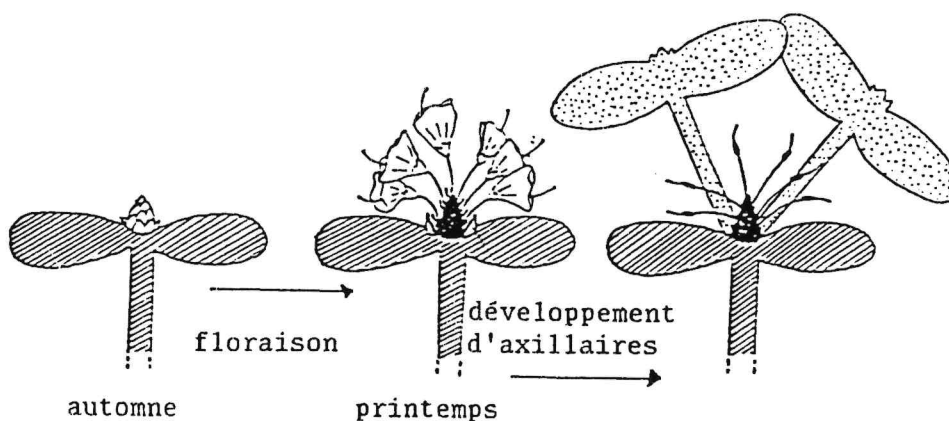
Les mécanismes liés au rythme de croissance semblent dès lors être une des pierres angulaires du développement végétatif des Rhododendrons.

REGENERATION OU BASITONIE PAR DEVELOPPEMENT DE REJETS

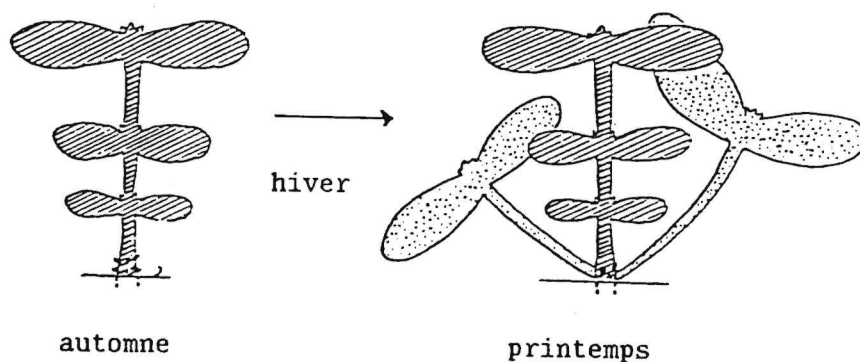
Depuis son origine et jusqu'à la découverte des mimétiques auxiniques, la multiplication végétative des Rhododendrons ornementaux se faisait par greffage. La maîtrise des techniques de rhizogenèse a ensuite permis le bouturage d'explants correspondant à une unité de croissance (aujourd'hui le procédé est encore largement utilisé). Avec la vulgarisation de la multiplication *in vitro*, le matériel végétal de départ pour une culture a changé ; les vitro-boutures produites ont des aspects morphologiques équivalents à ceux d'un épicotyle prélevé sur une plante issue de germination (entre-noeuds courts, axe grêle et feuilles de type juvénile).



a : Ramifications acrotones liées au développement végétatif



b : Incidence de la floraison terminale



c : Dormance des bourgeons apicaux et développement basitone



FIGURE 2

Approche schématique du développement des ramifications chez le Rhododendron

Les premiers stades de développement diffèrent alors en fonction du mode de multiplication. Dans le cas d'une bouture traditionnelle, la croissance de l'ensemble des bourgeons de la couronne distale est à la base du développement. Pour des plantes issues de culture *in vitro* (ou de semis) la croissance apicale assure le développement d'un axe orthotrope. La croissance devient progressivement rythmique et la base des plantes est garnie par une forte densité de bourgeons axillaires (fig. 2.c). Nous ne nous intéresserons qu'à la deuxième origine pour cette présentation.

Durant la première année de végétation, les plantes cultivées en serre sous une photopériode naturelle et une alimentation minérale équilibrée (FUSTEC, 1988) développent un axe le plus souvent unique constitué de trois à quatre unités de croissance. Dès l'automne la croissance de la plante est arrêtée (photopériode courte, 12h/12h et maintien d'une température estivale, 20°C) et le repos apparent des bourgeons subsiste durant l'hiver jusqu'au début de l'année suivante. En février, avec l'ascendance de la photopériode, l'activité générale de la plante reprend. Les bourgeons distaux évoluent sans toutefois débousser tandis que les bourgeons proximaux de la souche reprennent une phase organogène puis se développent.

L'évolution des bourgeons proximaux conduit à la formation de rejets dont la "vigueur" dépend de l'entretien d'une dormance des bourgeons distaux de l'axe principal. En mars/avril, certains bourgeons distaux peuvent débousser et engendrer la formation d'unités de croissance. Dans ce cas, le développement acrotonne masque la croissance des rejets qui resteront petits ou grêles. En contrepartie, une croissance exclusive des rejets conduit à la formation de plusieurs axes qui présentent une croissance rythmique analogue à celle de l'axe principal quand elle se fait. Les apex multiples d'une même plante ont alors un fonctionnement relativement synchrone. Ces plantes, avec les dimensions des rejets en longueur et en nombre de feuilles (par rapport à celles de l'axe principal), répondent à la définition de la basitonie donnée par TROLL (1967) dont l'expression est sous la contrainte de variations culturelles comme chez d'autres espèces ligneuses de pays tempérés (BARNOLA, 1976).

Le déboussement en pépinière, en raison des températures plus fraîches en début de printemps, est beaucoup plus tardif qu'en serre ; il est généralement acrotonne. D'un point de vue général, il apparaît que la régénération chez le Rhododendron est influencée par les variations photopériodiques dans la mesure où les températures permettent la croissance.

La formation des Rhododendrons ornementaux peut être envisagée comme l'exploitation d'une balance entre acrotonie avec la croissance rythmique et basitonie avec la dormance des bourgeons distaux (pl. 1.b).

ANALYSE DU DEVELOPPEMENT

DEVELOPPEMENT DU SYSTEME FOLIAIRE LORS D'UNE CROISSANCE RYTHMIQUE MARQUEE OU D'UNE CROISSANCE APPAREMMENT CONTINUE

Les études sur le dégagement des feuilles à différentes phases du rythme traduisent l'évolution rythmique du plastochrone apparent, mais il est aussi intéressant d'approcher le développement du système foliaire au cours de la croissance rythmique depuis les cinétiques de croissance de chacune des feuilles comme le présente SCHÜEPP (1966).

Chez les jeunes Rhododendrons issus de culture *in vitro* la croissance rythmique est souvent irrégulière alors que les conditions de culture pour chaque plante sont très semblables (culture sur substrat inerte, fertilisation par subirrigation avec une solution nutritive contrôlée, même climat pour les essais, BEAUJARD & DENECHERE, 1987).

L'analyse de cette variabilité sous l'angle du développement des feuilles assimilatrices donne des indications sur l'origine du rythme de croissance.

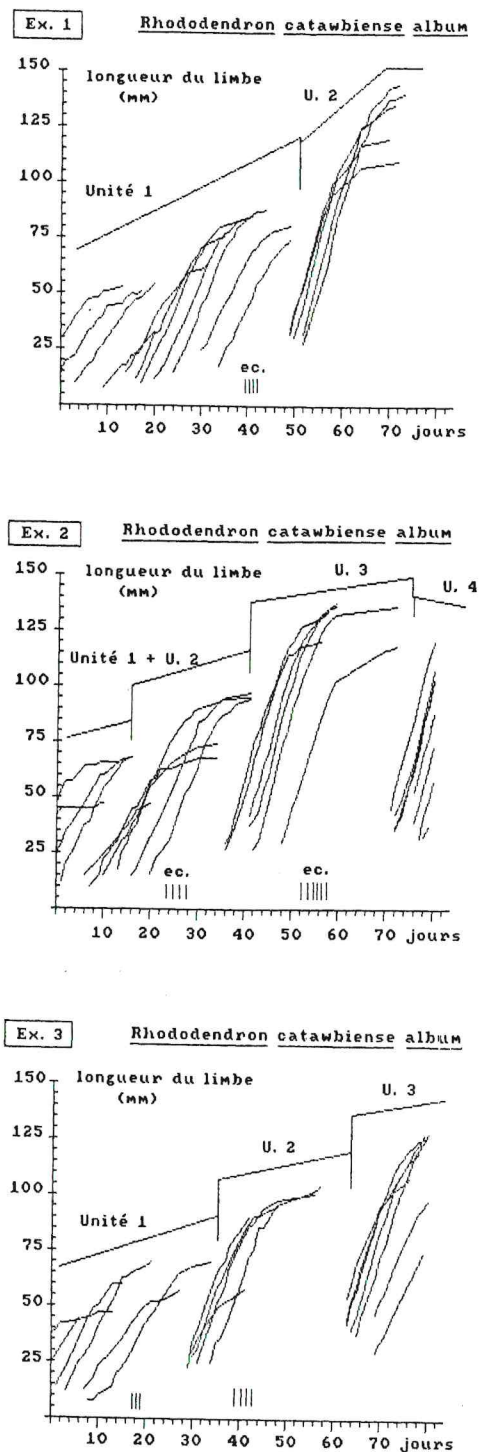


FIGURE 3

Exemples de croissance en longueur des limbes lors de la croissance rythmique chez de jeunes *Rhododendrons*

Chez deux cultivars de *Rhododendron*, *R. catawbiense album* (noté R.c) et *R. wilgen's ruby* (noté R.w), la "régularisation" du rythme est différente : le premier acquiert assez rapidement une croissance rythmique alors que le second (R.w) présente souvent une croissance apparemment continue ou présentant, comme chez la bruyère (VIEMONT & BEAUJARD, 1985 a), un simple ralentissement de la croissance de l'axe (absence de la formation d'un bourgeon apical et présence de feuilles assimilatrices plus petites). Avec des cultures effectuées dans des conditions standard (FUSTEC, 1988), la mesure régulière (5 jours par semaine pendant 10 à 15 semaines) de chacune des feuilles référencées sur les plantes et dans les essais (longueur et largeur des limbes en croissance) donne une image dans le temps et dans l'espace de la mise en place du système foliaire. Répétée durant trois ans, l'histoire du développement de plusieurs centaines de plantes en première année de culture a été enregistrée. Nous ne présenterons qu'un échantillon de la somme des données qui ont été recueillies ; il réunit les cas les plus marqués.

D'une façon générale dans le cas d'un rythme marqué, les feuilles assimilatrices numérotées de la base vers le haut de l'unité ont, en fin de croissance, des dimensions de plus en plus grandes à l'exception de la dernière ou des deux dernières feuilles qui sont plus petites. Avec le débourrement les feuilles sont émises rapidement mais la croissance de la première feuille dégagée est très généralement plus lente que les suivantes. Avec les autres feuilles, la vitesse maximale de croissance augmente jusqu'à un maximum ; puis, pour la dernière feuille de l'unité qui est souvent émise avec retard, elle chute de façon assez brutale (fig. 3).

La croissance des limbes d'une unité N se termine alors que l'unité N+1 est en pleine édification. Avec l'accumulation des unités de croissance (trois à quatre), on observe une accélération générale des vitesses d'allongement des nouvelles feuilles qui respecte toutefois les caractéristiques précédentes.

Pour une croissance continue (morphogénèse très retardée du bourgeon terminal), les feuilles atteignent des dimensions de plus en plus grandes jusqu'à une limite supérieure. L'émission des organes est régulière et les vitesses maximales de croissance apparaissent semblables. Dans les quelques cas d'un "rythme peu marqué", les croissances d'une ou deux feuilles assimilatrices sont beaucoup plus lentes que celles des autres feuilles qui les encadrent. Rien au niveau expérimental ne semble les avoir prédisposées à ces différences de croissance. Ces plantes offrent comme chez les fluctuations observées chez la bruyère (VIEMONT & BEAUJARD, 1985 b) un intermédiaire entre croissance continue et croissance rythmique accusée.

La comparaison des plantes issues d'une même culture montre la variabilité du développement. On pourrait probablement attribuer ces différences à des facteurs physiologiques endogènes mais, par une autre voie, nous pouvons rechercher un domaine d'invariance dans le comportement de chacun des cultivars.

NOUVELLE CONSTANTE DANS LE DEVELOPPEMENT MALGRE UN COMPORTEMENT ERRATIQUE DES PLANTES

La croissance d'une feuille peut être représentée de façon synthétique par le grandissement en longueur du limbe et une fonction de croissance qui prenne en compte trois facteurs :

- une taille maximale en fin de culture,
- une date d'émission,
- une vitesse maximale de croissance.

Un ajustement par une fonction de relaxation de la croissance de chacune des feuilles rend plus agréable la présentation (fig. 4) des résultats (modèle différent de ceux présentés par AMER & WILLIAMS, 1957) mais procure aussi les coordonnées dans le temps et dans l'espace des points d'inflexion ou date (ou courte période) à laquelle l'accroissement en longueur est maximum. Ces valeurs calculées pour toutes les feuilles d'une même plante permettent une autre estimation de l'évolution du plastochrone apparent en prenant en compte, cette fois, l'écart de temps qui sépare les points d'inflexion des courbes de croissance de deux feuilles de rangs consécutifs. En présentant en ordonnée le rang des feuilles défini par l'ordre d'initiation des primordia qui leur ont donné naissance et, en abscisse, les temps correspondant aux points d'inflexion, on observe directement l'évolution du plastochrone apparent.

L'analyse de deux lots de 24 plantes issues de culture *in vitro*, cultivés dans des conditions identiques et suivis pendant trois mois (trois à quatre vagues de croissance), montre que le plastochrone apparent tel que nous l'avons défini est proche de la linéarité (régression linéaire pour chaque profil de croissance des plantes) et est spécifique du cultivar (tab. 1).

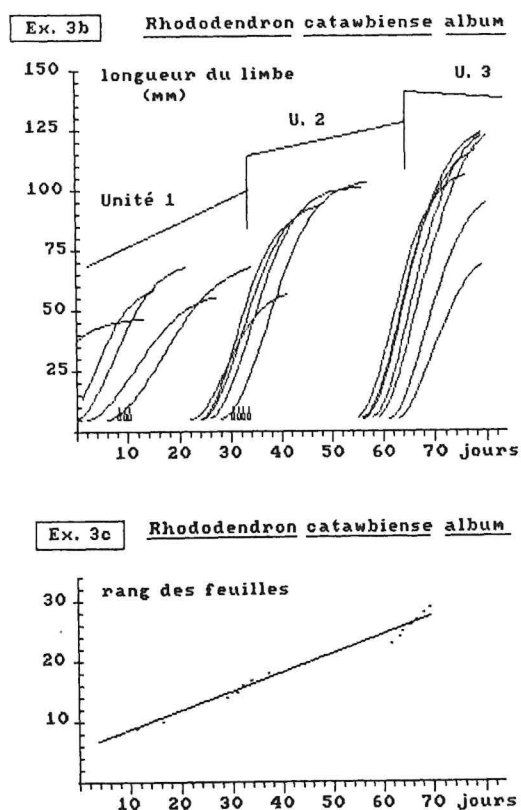


FIGURE 4
Croissance des limbes et constante dans le développement

croissance intense (processus de régénération), l'apex et les bourgeons distaux de l'axe s'engagent dans une phase organogène mais ne débourent pas. Leur dormance permet la croissance des bourgeons proximaux. De la même façon, nous comparons ce fonctionnement à celui de la bruyère dont le développement est parfois apparenté à un sympode (VIEMONT & BEAUJARD, 1985 a). Chez *Erica x darleyensis* cultivée *in vitro* manifestant un développement d'apparence sympodial, on a pu montrer que l'apex de l'axe principal forme un bourgeon écaillé qui accumule de nouveaux organes (écailles et primordia) à la cadence des vagues de croissance du rameau relais (VIEMONT, 1984 ; VIEMONT & BEAUJARD, 1985 a) ; le phénomène est amorti dans le temps et le bourgeon devient pratiquement incapable d'un nouveau débourement. Les mécanismes, à la caulinarité près, nous paraissent avoir la même origine. L'arrêt puis la reprise de la croissance des bourgeons de toute ou partie de la plante procède d'un fonctionnement rythmique.

LE RYTHME DE CROISSANCE

La principale caractéristique du développement végétatif des *Rhododendrons* est la formation d'unités de croissance dont le type est acrotone. La distribution spatiale des organes conduit à la formation d'une couronne de bourgeons distaux sensiblement équivalents entre eux. Chez les plantes constituées de plusieurs unités, l'apex et les axillaires de la couronne distale évoluent de façon synchrone avec la nouvelle vague. Les croissances relativement équivalentes des ramifications quand elles existent, contrecarrent, au moins pendant quelques temps, la distinction d'un axe central dans la plante. La conséquence directe du rythme est bien souvent le développement de ramifications.

Chez les *Rhododendrons*, la croissance rythmique de l'axe orthotrope est comparable à celle de la bruyère cultivée *in vitro*. Cependant, alors que la phase d'organogenèse intense de l'apex est toujours constatée au moment de la préparation d'un nouveau flush ou débourement (cas général chez les végétaux ligneux et rythme du plastochrome réel), le contenu en primordia du bourgeon apical est nettement supérieur au nombre d'organes foliaires constitutifs d'une unité de croissance (chez la bruyère, la plupart des feuilles d'une unité de croissance sont initiées au départ de la vague de croissance).

La culture de *Rhododendron* dans des conditions variées conduit à des modifications du rythme qui, de façon originale par rapport aux autres recherches (CRABBE, 1987), permet le développement d'unités de croissance plus petites qu'elles ne sont *in situ*. La formation de ces unités réduites (une à deux feuilles dégagées en jour court) comparée à celle d'unités dites normales (7 à 8 feuilles assimilatrices), nous fait penser que l'un des aspects majeurs du rythme pourrait être dans la capacité d'un primordium ou d'un ensemble de primordia à entrer dans un processus de développement intense. Cette hypothèse va dans le sens des résultats biochimiques obtenus chez d'autres végétaux ligneux à croissance rythmique (BARNOLA & al., 1986) où les apex en phase de repos ont des caractéristiques énergétiques qui varient de la même façon que celles de bourgeons véritablement dormants. Il reste que l'hypothèse vaut pour le débourement mais semble plus difficilement applicable à la formation et la différenciation du bourgeon terminal.

Le rythme s'exprime par le fonctionnement des bourgeons et il existe très certainement des corrélations entre les différents organes (écailles, entre-noeuds, méristème, primordia ...) qui doivent aussi évoluer au cours du développement. Mais, lorsque les flushes sont dans des positions spatiales différentes, dans le cas d'une basitonie par exemple, on peut raisonnablement penser que le contexte général et interne à la plante est en cause. Le système racinaire pourrait être impliqué et être le lien comme cela a déjà été évoqué pour d'autres recherches. Chez la bruyère, l'efficacité des racines, au sens d'un travail relatif à l'absorption minérale, présente un rythme de même fréquence que le rythme de formation des unités de

croissance du système caulinaire (BEAUJARD & VIEMONT, 1989 ; VIEMONT & BEAUJARD, 1989). Le regain d'activité racinaire précède au débourrement des bourgeons, mais il est difficile, peut-être impossible, de préciser le premier rôle (racine ou tige).

Les observations de plantes à croissance apparemment continue (sans discontinuités morphologiques apparentes) ou présentant de simples ralentissements ou fluctuations laissent à penser que le rythme au sens de la morphogenèse d'un bourgeon terminal, n'est pas inéluctable. Chez ces plantes génétiquement identiques, on observe des variations dans la croissance des feuilles, mais d'une façon fondamentale, le battement de l'horloge interne que nous avons présentée n'est pas différent de celui des plantes à croissance rythmique. L'émission des feuilles est plus régulière et la morphologie générale de l'"unité" de croissance est différente. La notion d'horloge, sans être une explication au rythme, précise cependant l'existence d'une relation entre la date de dégagement d'une feuille et sa cinétique de croissance, vitesse maximale et taille finale (la relation n'est pas encore précisée, mais elle doit lier les trois paramètres).

Dès lors, la formation et la différenciation d'un bourgeon terminal semblent davantage correspondre à la réponse d'un apex à des variations suffisamment puissantes de conditions de croissance externes à l'organe lui-même, plutôt que d'être le résultat d'une simple autorégulation entre composants apicaux. Si la spécificité des relations entre constituants d'un apex n'est pas à mettre en cause, il reste que les corrélations qui en résultent s'expriment dans le contexte de croissance du rameau, voire de la plante entière. Ainsi dans l'exemple du manganèse, la charge en ion, en relation avec la qualité des puits (mais sans être un effecteur direct de la morphogenèse) pourrait conduire à des modifications métaboliques et entraîner un repos cellulaire. La conséquence en serait alors une réorientation du programme morphogénétique du tissu.

Une des composantes du rythme est très certainement d'origine trophique. Les croissances racinaire et caulinaire nécessitent la répartition d'éléments chimiques importés (N et C par exemple) et donc de flux. Pour une plante, une gestion de ces flux qui minimiserait les variabilités dans le temps entre puits et sources devrait conduire, probablement avec précarité, à un développement continu alors que la formation et la remobilisation de réserves conduiraient à des phénomènes de compression/dilatation. Dès lors, le rythme d'un point de vue physiologique apparaît comme le mode de croissance le plus stable. Des variations physiologiques aux niveaux de flux, il en découlerait l'induction de programmes morphogénétiques impliqués dans le rythme de croissance.

Le développement des plantes ligneuses, pour des conditions de culture précises, est suffisamment régulier et répétitif pour que l'on puisse l'étudier. Les études des rythmes et la description des plantes par des modèles architecturaux (HALLE & OLDEMANN, 1970) en sont quelques exemples. Une approche nouvelle, par la biologie théorique, de la formation des ramifications (LÜCK & LÜCK, 1990) devrait nous aider à ordonner, comprendre et peut-être dominer les mécanismes de croissance à l'échelle de la plante entière.

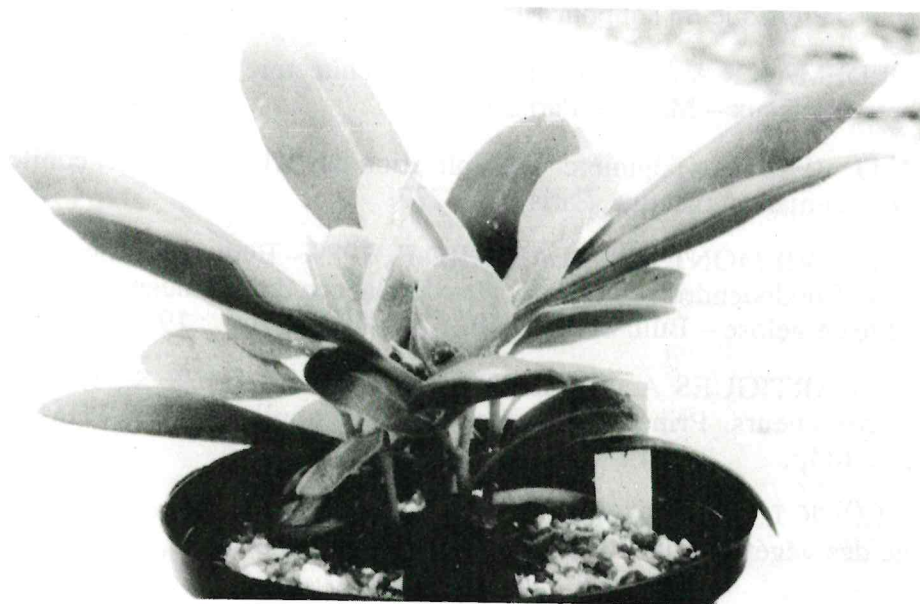
BIBLIOGRAPHIE

- AMER F.A., WILLIAMS W.T., 1957 – Leaf-area Growth in *Pelargonium zonale* – Ann. Bot. N. S., vol. 21, 83 : 339-342.
- ANDERSON W.C., 1984 – A revised tissue culture medium for shoot multiplication of *Rhododendron* – J. Amer. Bot. Hort. Sci., 109 : 343-347.

- ANDERSON W.C., 1978 – Tissue culture propagation of Rhododendrons – *In vitro*, 14 : 334.
- ANDERSON W.C., 1975 – Propagation of Rhododendrons by tissue culture. Part 1. Development of a culture medium for multiplication of shoots – Proc. Pl. Propagators Soc., 25 : 129-135.
- AUGE R., BEAUCHESNE G., BOCCON-GIBOD J., DECOURTYE L., DIGAT B., GALANDRIN J.C., MINIER R., MORAND J.C.I., OUDIN Y., VIDALIE H., 1982 – La culture *in vitro* et ses applications horticoles. J.B. Baillière ed., Paris, 152p.
- BARNOLA P., CROCHET A., PAYAN E., GENDRAUD M., LAVARENNE S., 1986 – Modification du métabolisme énergétique et de la perméabilité dans le bourgeon apical et l'axe sous jacent au cours de l'arrêt de croissance momentané de jeunes plants de chêne – *Physio. Vég.*, 24 : 307-314.
- BARNOLA P., 1976 – Recherches sur la dormance et la morphogenèse de quelques espèces ligneuses buissonnantes – Th. Doc. Etat, Clermont-Ferrand, 153p.
- BEAUJARD F., 1984 – Culture *in vitro* des bruyères et croissance rythmique chez l'*Erica x darleyensis* (Ericacées). Th. 3ème cycle, Univ. Angers, 89p.
- BEAUJARD F., DENECHERE J.L., 1987 – Matériel pour l'étude de la nutrition minérale des vitro-plants lors de la phase d'acclimatation. L'exemple des Rhododendrons ornementaux – Plante Micropropagation in Horticultural Industries. Symp. Florizel Arlon : 170-175.
- BEAUJARD F., VIEMONT J.D., 1989 – Les bruyères *in vitro*. VII. pH du milieu de culture et morphogenèse de l'*Erica x darleyensis*. Méthode d'interprétation des données – *Can. J. Bot.*, 67 : 156-160.
- BURKE D.G., WATKINS K., SCOTT B.J., 1990 – Manganese Toxicity Effects on Visible Symptoms, Yield, Manganese Levels, and Organic Acid Levels in Tolerant and Sensitive Wheat Cultivars – *Crop Sci.*, 30(2) : 275-280.
- CHAMPAGNAT P., BARNOLA P., LAVARENNE S., 1986 – Quelques modalités de la croissance rythmique endogène des tiges chez les végétaux ligneux – in : L'Arbre, 1er Colloque International, Montpellier 9-14 sept. 1985, *Naturalia Monspeliensia* n° h.s.: 279-302.
- CHAMPAGNAT P., PAYAN E., CHAMPAGNAT M., BARNOLA P., LAVARENNE S., BERTHOLON C., 1986 – La croissance rythmique de jeunes chênes pédonculés cultivés en conditions contrôlées et uniformes – in : L'Arbre, 1er Colloque International, Montpellier 9-14 sept. 1985, *Naturalia Monspeliensia* n° h.s.: 303-337.
- CRABBE J., 1987 – Aspects particuliers de la morphogenèse caulinaire des végétaux ligneux et introduction à leur étude quantitative – I.R.S.I.A., Presses Univ. de Bruxelles, 116p.
- ECONOMOU A.S., READ P.E., PELETT H.M., 1981 – Micropropagation of hardy deciduous Azaleas Rhododendron spp. – *Hort Sci.*, 16 : 452.
- EL-MORSY A.A., MILLET B., 1989 – Analyse de la croissance rythmique du mandarinier commun (*Citrus deliciosa tenore*) cultivé en conditions constantes – *Fruits*, 44, 1 : 21-27.
- FUSTEC J., 1988 – Etude de la basitonie chez les Rhododendrons issus de la culture *in vitro*. Interactions entre la durée du jour et la nutrition minérale azotée – DEA Clermont-Ferrand, 27p.

- GENDRAUD M., LAFLEURIEL J., 1985 – Intercellular compartmentation of ATP in dormant and non-dormant tubers of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) grown *in vitro* – J. Plant Physiol., 118 : 251-258.
- GRAS R., 1988 – Physique du sol pour l'aménagement – Masson, Paris, 587 p.
- HALLE F., OLDEMAN R.A.A., 1970 – Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux – Masson, Paris, 178p.
- KRUSSMAN G., 1981 – La pépinière. Multiplication des arbres, arbuste, conifères et arbres fruitiers – La maison rustique, Paris : 215-222.
- LABAUME M.P., VIEMONT J.D., BEAUJARD F., 1989 – Evolution morphogénétique de la bouture de Rhododendron cultivée *in vitro*. Influence de la concentration du milieu et de la quantité de gélose – Bull. Soc. Bot. Fr., 136, Lettres Bot. : 19-30.
- LEMAIRE F., DARTIGUES A., RIVIERE L.M, CHARPENTIER S., 1989 – Cultures en pots et conteneurs. Principes agronomiques et applications – PHM Revue Hort., Limoges, 184p.
- LÜCK H.B., LÜCK J., 1990 – Approche algorithmique des structures ramifiées acrotone et basitone des végétaux – in Biologie Théorique, Solignac 1988, Ed. CNRS, Paris, (sous presse).
- NOZERAN R., 1986 – Le mouvement morphogénétique, spécialement chez les végétaux supérieurs pérennes – in : L'Arbre, 1er Colloque International, Montpellier 9-14 sept. 1985, Naturalia Monspeliensia n° h.s.: 415-430.
- SCHÜEPP O., 1966 – Meristeme. Wachstum und Formbildung in den Teilungsgeweben höherer Pflanzen – Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart : 157-191.
- TROLL W., 1967 – Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. Erster Band : Vegetationsorganes – Berlin. Verlag von Gebreder Borntraeger : 1101-1105.
- VIEMONT J.D., BEAUJARD F., 1989 – Les bruyères *in vitro*. VIII. Evolution de pH du milieu de culture et morphogénèse de l'*Erica x darleyensis*. (B) Relation entre l'absorption et les phases de la croissance rythmique – Can. J. Bot., 67 : 161-166.
- VIEMONT J.D., BEAUJARD F., 1985 – Les bruyères *in vitro*. V. Monopode et sympode chez *Erica x darleyensis* Bean – Bull. Soc. Bot., 132, Lettres Bot., 1 : 65-71.
- VIEMONT J.D., 1984 – Les bruyères *in vitro*. IV. Influence de la croissance sur l'évolution des bourgeons axillaires de l'*Erica x darleyensis* Bean – Ann. Sc. Nat., Bot., 13ème série, 6 : 237-244.
- ZRYD J.P., 1988 – Cultures de cellules, tissus et organes végétaux. Fondements théoriques et utilisations pratiques – Presses Polytechniques Romandes, 258p.

PLANCHE I



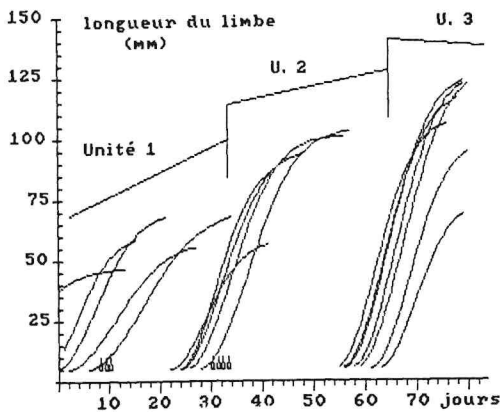
**a : Développement basitone chez *Rhododendron catawbiense album* (Ericacées)
âgé de neuf mois depuis la culture in vitro.**

**b : Débourrement acrotone
chez
Rhododendron catawbiense album
(Ericacées)**

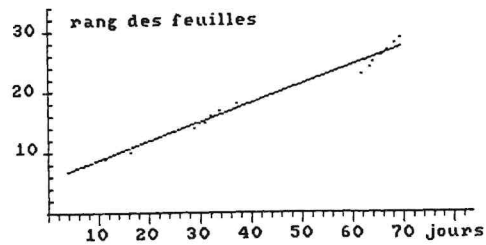


PLANCHE 2

Ex. 3b Rhododendron catawbiense album

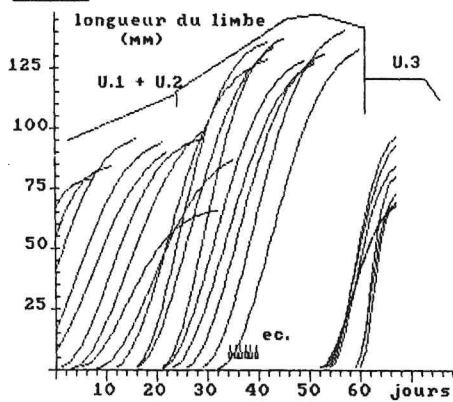


Ex. 3c Rhododendron catawbiense album

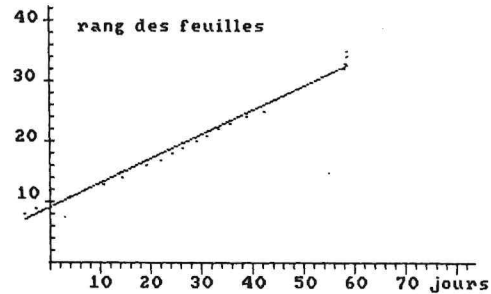


a : Plante à croissance rythmique

Ex. 4b Rhododendron wilgen's ruby

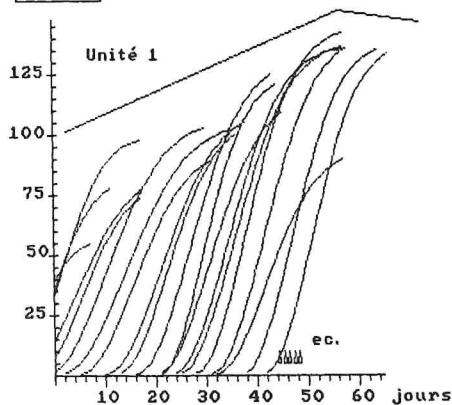


Ex. 4c Rhododendron wilgen's ruby

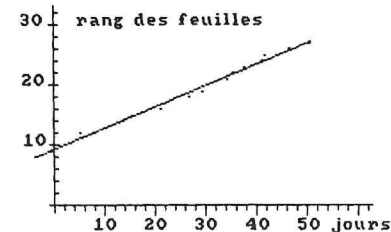


b : Plante présentant une fluctuation dans la première partie de sa croissance

Ex. 5b Rhododendron wilgen's ruby



Ex. 5c Rhododendron wilgen's ruby



c : Plante à croissance apparemment continue

Dans les trois exemples, on note l'invariance du plastochrome apparent mesuré depuis le rang et la vitesse maximale de la croissance en longueur des limbes.

