



HAL
open science

Comprendre l'effet du climat sur le fonctionnement des arbres : l'étude de la phénologie végétative et reproductive au mont Ventoux.

Hendrik Davi, Frédéric Jean, Marianne Corréard, Olivier Gilg, Mehdi Pringarbe, Jean J. Thevenet, Norbert Turion, Olivier Marloie

► To cite this version:

Hendrik Davi, Frédéric Jean, Marianne Corréard, Olivier Gilg, Mehdi Pringarbe, et al.. Comprendre l'effet du climat sur le fonctionnement des arbres : l'étude de la phénologie végétative et reproductive au mont Ventoux.. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2020, 63-64, pp.29-32. hal-03727684

HAL Id: hal-03727684

<https://hal.inrae.fr/hal-03727684v1>

Submitted on 31 Jan 2023

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.

5. COMPRENDRE L'EFFET DU CLIMAT SUR LE FONCTIONNEMENT DES ARBRES - L'ÉTUDE DE LA PHÉNOLOGIE VÉGÉTATIVE ET REPRODUCTIVE AU MONT VENTOUX

Hendrik Davi⁽¹⁾, Frédéric Jean⁽¹⁾, Marianne Corréard⁽²⁾, Olivier Gilg⁽²⁾, Mehdi Pringarbe⁽²⁾, Jean Thevenet⁽²⁾, Norbert Turion⁽²⁾, Olivier Marloie⁽¹⁾

(1) INRAE, UR0629 Ecologie des Forêts Méditerranéennes (URFM)

(2) INRAE, UE0348 Entomologie et Forêt Méditerranéenne (UEFM)

Linné (1751) définissait la phénologie comme l'apparition des activités ou événements cycliques chez les plantes ou les animaux tout au long de l'année. Plus concrètement, son étude consiste à dater les principaux événements phénologiques et les mettre en relation avec les variations saisonnières climatiques. Ces événements phénologiques sont un indicateur robuste du changement climatique. Chez les animaux, on peut par exemple observer l'arrivée des oiseaux migrateurs ou les dates d'émergence de certains insectes. Pour les végétaux, on s'intéresse particulièrement au **débourrement***, à la floraison, à la maturation des fruits et à la sénescence des feuilles (Fig. 5.1). Chez les arbres, les changements de températures peuvent modifier les dates d'apparition de ces événements phénologiques d'une année à l'autre chez un même individu, d'un individu à l'autre dans un même peuplement (Fig. 5.2), ou d'un peuplement à un autre pour une même espèce. En outre, les dates de ces événements déterminent les performances (croissance, reproduction) des individus, ce qui fait de la phénologie un processus majeur de l'adaptation des êtres vivants en général et des arbres en particulier à leur environnement.

Un fort impact des changements climatiques est d'ores et déjà observé sur la phénologie des événements de printemps, tels le débourrement et la floraison. L'analyse de données phénologiques sur de nombreuses espèces de plantes entre 1971 et 2000 montre que ces événements ont, en moyenne, avancé de ~2,5 jours par décennie en Europe. La fin de la saison de végétation a aussi, en moyenne, significativement reculé, avec un retard de 1 jour en moyenne par décennie. Un débourrement plus précoce peut augmenter l'exposition de certaines espèces aux gelées tardives printanières, et peser négativement sur la croissance et la fructification. Mais la communauté scientifique s'interroge aujourd'hui sur la poursuite de cette avancée des dates de débourrement printanier. En effet, les hivers doux peuvent perturber la levée de **dormance*** du fait du manque de froid et donc retarder la date de débourrement. L'étude de l'impact de ces perturbations constitue un axe de recherche majeur à l'échelle internationale : existe-t-il des variations intra et interspécifiques de la sensibilité des événements phénologiques au climat ? Cette sensibilité est-elle stable d'une situation géographique à l'autre ?

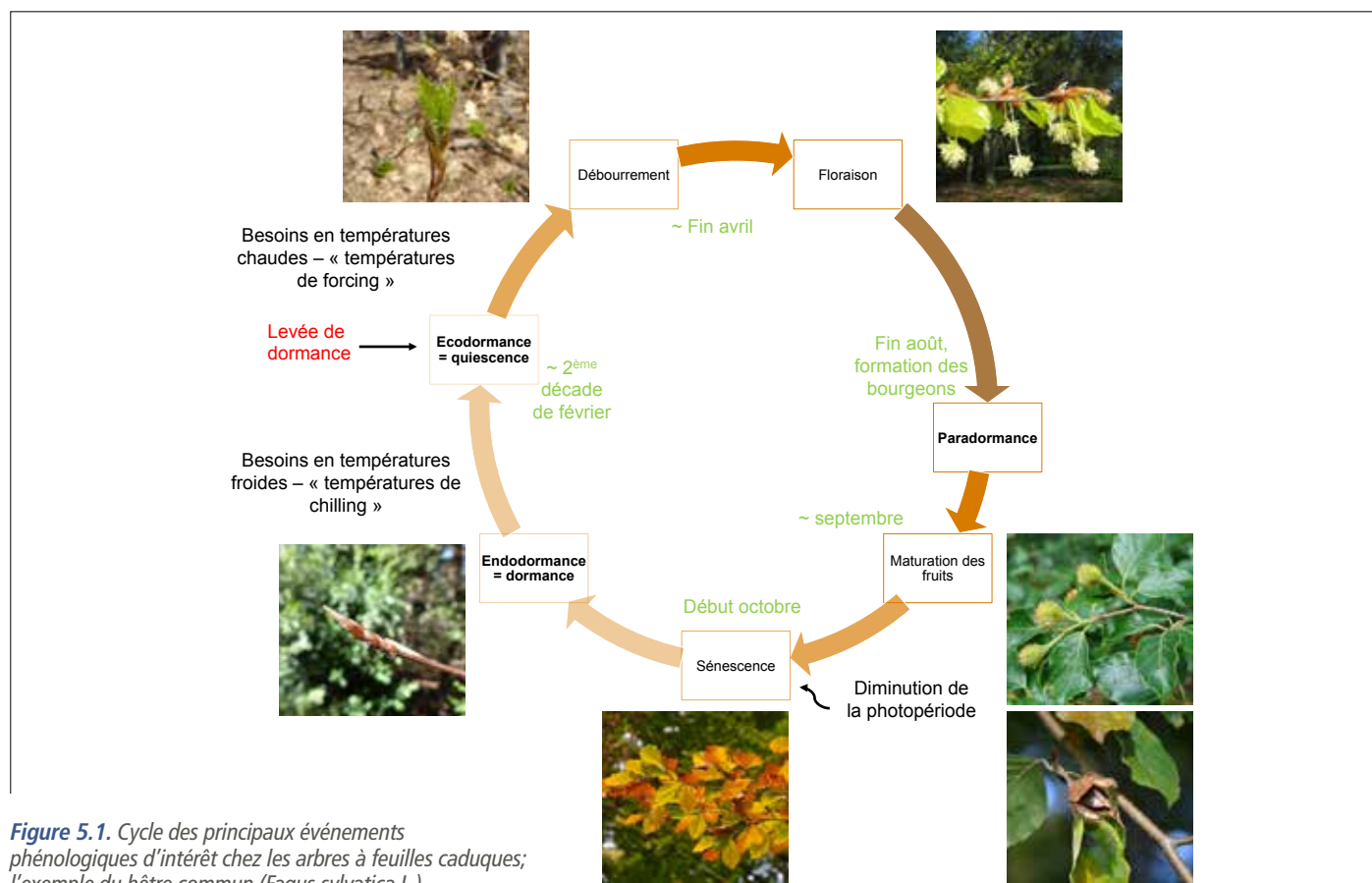


Figure 5.1. Cycle des principaux événements phénologiques d'intérêt chez les arbres à feuilles caduques ; l'exemple du hêtre commun (*Fagus sylvatica* L.).

Les recherches à l'URFM sur le gradient du Mont Ventoux s'inscrivent dans ce cadre général. Plus précisément, elles consistent à observer les événements phénologiques majeurs en les corrélant au climat, à étudier la variabilité de ces événements entre populations le long des gradients d'altitude du Ventoux et entre individus, et à estimer les capacités d'adaptation des populations via l'évolution des caractères phénologiques. Outre les enjeux scientifiques, ces recherches permettent aussi le développement de méthodes innovantes d'observation de la phénologie.

Un dispositif de suivi à long terme de la phénologie

Nous avons d'abord suivi en 2006 et 2007 le débourrement de 553 arbres appartenant à sept espèces (quatre feuillus et trois conifères : hêtre commun, chêne pubescent, alisier blanc, érable à feuilles d'obier, sapin pectiné, pin noir, pin sylvestre) sur deux gradients altitudinaux (en versant Nord et Sud du Ventoux). Puis, depuis 2008, nous suivons le débourrement du hêtre commun et du sapin pectiné sur le même gradient continu mais aussi plus intensivement à deux altitudes (1110 m et 1380 m). La senescence foliaire (Fig. 5.3) est suivie depuis 2012 et la floraison depuis 2015 sur les mêmes arbres. Enfin, des expérimentations de levée de dormance sur branches coupées et puis greffons ont été menées depuis 2010.

Des variations phénologiques entre espèces

Nous avons analysé la dynamique du débourrement en comparant les 7 espèces étudiées. Pour une même année d'observation, les feuillus débourrent plus tôt, le sapin vient ensuite, puis enfin les différents pins. Les dynamiques de débourrement sont ralenties lorsque des froids interviennent durant le développement des feuilles et les températures expliquent en grande partie les différences de date de débourrement entre altitudes.

Nous avons aussi étudié, plus particulièrement dans le cas du hêtre, le lien entre date de débourrement et risque de gelée (Fig. 5.4). Nous avons confirmé l'existence probable d'une adaptation locale des hêtres du Ventoux, directement liée à l'évitement des gelées. En effet, la réponse de la date de débourrement de cette espèce à la température semble être optimisée pour éviter les gelées en dessous de -3°C . Néanmoins, le changement climatique en cours pourrait impacter le risque de gelées tardives dont la fréquence pourrait soit diminuer du fait du réchauffement, soit augmenter du fait d'un débourrement plus précoce.

Les facteurs climatiques régissant la dormance et le débourrement chez le hêtre

Sur des parcelles d'observations situées le long de gradients altitudinaux de trois sites d'études (mont Ventoux ; vallée des Gaves dans les Pyrénées, Clermont-Ferrand), nous avons cherché à éclaircir les rôles respectifs des températures froides hivernales, des températures chaudes printanières, et de la **photopériode*** sur le débourrement du hêtre. Nous avons suivi le débourrement à la fois sur les arbres en forêt (*in situ*) mais aussi sur des rameaux placés dans des conditions contrôlées de température et photopériode (Fig. 5.5).



Figure 5.2. Variabilité des dates de débourrement chez le hêtre au mont Ventoux.



Figure 5.3. Paysage d'automne sur le gradient altitudinal du mont Ventoux, versant nord.



Figure 5.4. Dégâts de gelées printanières sur *Fagus sylvatica* au mont Ventoux.

© Frédéric Jean, INRA

© Frédéric Jean, INRA

© Frédéric Jean, INRA

Nous avons prélevé des rameaux une fois par mois d'octobre à mars et nous les avons placés en chambre climatique à 25°C. L'observation du débournement des rameaux en chambre climatique a permis de déterminer des dates de levées de dormance. Pour ce faire, on s'intéresse alors particulièrement à deux variables : le Délai Moyen de Débournement (DMD), correspondant au délai nécessaire pour débourrer en chambre climatique, et le taux de débournement.

Une dernière étape de modélisation a aussi permis de tester plusieurs modèles de débournement existant dans la littérature. L'objectif à terme est de mieux prédire l'effet du changement climatique sur la date de débournement, en tenant compte des températures de **forçage*** au printemps, de la satisfaction des besoins en froid en hiver pour lever la dormance et de l'effet direct de la photopériode.

Les observations en chambre climatique pour les rameaux prélevés de plus en plus tard et donc exposés au froid de plus en plus longtemps montrent (1) un plateau dans le nombre de jours de chaud requis pour débourrer (DMD), et (2) une hausse significative du taux de débournement avec le nombre de jours de froid. Cela révèle que les besoins en froid sont satisfaits à une date donnée, date dite de levée de dormance (Fig. 5.6). En outre, les observations *in situ* montrent que la relation entre températures printanières et date de débournement présente des anomalies corrélées avec les besoins en froid. Ce résultat confirme que la date de levée de dormance chez le hêtre affecte la date de débournement. Mais les variables (taux de débournement et DMD) permettant d'estimer cette date de levée de dormance expérimentalement divergent entre elles et selon les sites ; ce qui questionne le concept de date de levée de dormance comme événement unique et irréversible. Nous proposons donc de considérer la levée de dormance comme un processus progressif, dont le délai de débournement mesuré en chambre climatique serait un indicateur. Enfin, les expérimentations avec différents niveaux de photopériode (12h et 10h) confirment des résultats obtenus dans d'autres études : en présence de longues photopériodes (12h), les besoins en chaud pour débourrer sont moins importants qu'à 10h de photopériode. En conclusion, on peut donc considérer que les dates de débournement chez le hêtre commun sont à la fois déterminées par des températures froides nécessaires à la levée de dormance (fin de l'hiver), et des températures chaudes nécessaires à la reprise de l'activité du bourgeon au printemps. Néanmoins, dans certaines situations, le caractère photosensible du hêtre pendant cette phase de développement vient moduler ses besoins en températures de forçage, et ce même si les besoins en températures froides nécessaires à la levée de dormance n'ont pas été totalement couverts.



© Frédéric Jean, INRA

Figure 5.5. Suivi du débournement en chambre climatique – Test de forcing.

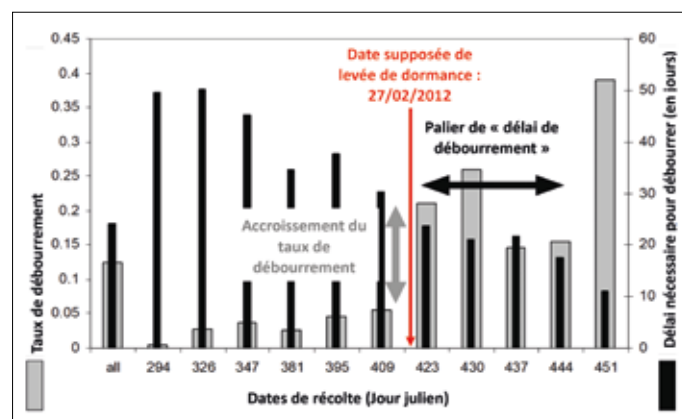


Figure 5.6. Méthode d'identification graphique de la date de levée de dormance.

Le jour Julien est la base d'un système de datation consistant à compter le nombre de jours écoulés depuis une date conventionnelle, fixée ici au 1^{er} janvier 2011. La date supposée de levée de dormance est estimée à partir de l'observation des taux de débournement (en fraction), ainsi que du délai (en jours) nécessaire pour débourrer.

Remerciements

François Madon a synthétisé dans son stage de fin d'études en 2014 nos connaissances sur la levée de dormance. L'ensemble de ces travaux a eu lieu dans le cadre du Groupement De Recherche « phénologie » animé par Isabelle Chuine et plus particulièrement dans le groupe « Levée de Dormance » animé par Marc Bonhomme. La mise en œuvre des expérimentations en chambre climatique a été supervisée par Frédéric Jean (assistant ingénieur de l'URFM).

Messages pour les gestionnaires

- **Quel rôle les gestionnaires peuvent-ils avoir pour l'observation phénologique des forêts ?** Afin d'accroître le nombre de données recueillies et de mieux renseigner et valider les modèles de prédiction permettant d'accompagner les gestionnaires dans leurs choix, les scientifiques s'appuient sur des programmes de sciences participatives tels que l'Observatoire Des Saisons (<https://www.obs-saisons.fr/>) (Fig. 5.7) ou Phénoclim (<http://phenoclim.org/fr/>), au sein desquels citoyens et gestionnaires peuvent apporter leurs contributions. L'implication dans l'observation des principaux événements phénologiques des forestiers de l'Office National des Forêts dans le cadre du réseau RENECOFOR (<http://www1.onf.fr/renecofor/@@index.html>) est un exemple remarquable et très utile pour de nombreux travaux de recherche visant à comprendre la réponse des peuplements forestiers au changement climatique.
- **Les gestionnaires peuvent-ils assurer des observations plus poussées (par exemple, de la météo) ?** Aujourd'hui, le réseau des observateurs de la phénologie se structure autour d'un SOERE (Systèmes d'observation et d'expérimentation au long terme pour la recherche en environnement), nommé TEMPO (<https://www6.inra.fr/soere-tempo>). C'est là une opportunité unique d'étudier comment le changement dans les rythmes saisonniers affecte le fonctionnement des espèces et leurs interactions avec les autres taxons présents dans l'écosystème. L'inscription dans les sommiers des événements de gelées tardives pourrait constituer une base de données intéressante qui permettrait d'accroître le nombre d'observations disponibles et *in fine* mieux comprendre l'impact de ces perturbations. De ce point de vue, la mise en place du sommier numérique pour les forêts publiques (projet en cours) ouvrira de réelles perspectives pour valoriser des données de gestion et éclairer ces sujets.
- **Les gestionnaires peuvent-ils accompagner les démarches d'innovation au service de l'observation ?** Les réponses des peuplements forestiers au changement climatique peuvent être différentes pour une même espèce d'une situation géographique à l'autre. L'innovation constitue un levier intéressant pour apprécier la multiplicité de ces réponses. Le déploiement des nouveaux outils (caméras, capteurs « PAR » de rayonnement photosynthétiquement actif, dendromètre automatique...) et l'analyse des données produites nécessitent souvent une expertise technique que seuls les gestionnaires peuvent apporter.



Figure 5.7. Présentation de l'ouvrage « Les plantes au rythme des Saisons ».

*Définitions

Le **débourrement** qualifie le moment de l'ouverture des bourgeons avec écartement des écailles et apparition des nouvelles feuilles. À l'origine, le terme était utilisé pour caractériser un stade de développement des bourgeons de vigne entourés de bourre.

Le terme de **dormance** désigne l'ensemble des processus qui empêchent le bourgeon de croître au cours de la période automne-hiver. Chaque cellule s'isole des cellules adjacentes en bouchant ses canaux de communication appelés plasmodesmes à l'aide d'un sucre appelé callose. Les parois cellulaires subissent également des transformations et renforcent leur imperméabilité. La rupture des communications intercellulaires plonge les cellules dans un état d'hypoxie (insuffisance d'oxygène), de déshydratation et d'oxydation incompatible avec l'activité métabolique. Pour sortir de cet état de résistance, les bouchons de callose doivent être dégradés et l'action des températures fraîches (0 - 12°C) est nécessaire.

La **photopériode** est la durée du jour.

La somme des températures de **forçage** est un paramètre souvent employé par les modélisateurs du débourrement ; il désigne la somme des températures chaudes induisant la reprise d'activité du bourgeon au printemps après que la dormance ait été levée.

Pour en savoir plus...

Le collectif scientifique de l'Observatoire Des Saisons, 2017. Les plantes au rythme des saisons. Guide d'observation phénologique. Biotope, Mèze, 336 p. (Fig. 5.7)

Madon F., 2014. Les facteurs climatiques régissant les processus phénologiques de dormance et de débourrement chez le hêtre (*Fagus sylvatica* L.). Mémoire, Institut Supérieur d'Agriculture et d'Agroalimentaire Rhône-Alpes, FRA. 74 p. <https://prodinra.inra.fr/record/349552>

Davi H., Gillmann M., Ibanez T., et al., 2011. Diversity of leaf unfolding dynamics among tree species: New insights from a study along an altitudinal gradient. *Agricultural and Forest Meteorology* 151:1504 -1513. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.06.008>

Gauzere J., Delzon S., Davi H., Bonhomme M., Garcia de Cortazar-Atauri I., Chuine I., 2017. Integrating interactive effects of chilling and photoperiod in phenological process-based models. A case study with two European tree species: *Fagus sylvatica* and *Quercus petraea*. *Agricultural and Forest Meteorology* 244-245, 9-20. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.05.011>