HAL
open science

La senescence foliaire vue par la filière forestière : intérêts, protocole et perspectives

Frederic Jean, Fabrice Bonne, Olivier Gilg, Marc Bonhomme, Isabelle Chuine, Hendrik Davi, Nicolas Delpierre

To cite this version:

Frederic Jean, Fabrice Bonne, Olivier Gilg, Marc Bonhomme, Isabelle Chuine, et al.. La senescence foliaire vue par la filière forestière : intérêts, protocole et perspectives. Rencontre TEMPO de la filière "Fruitier", Réseau national d'observatoires de la phénologie (TEMPO)., Oct 2017, Avignon, France. 33 p. hal-02785740

HAL Id: hal-02785740

https://hal.inrae.fr/hal-02785740

Submitted on 4 Jun 2020

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.

TEMPO

Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

INRA SCIENCE & IMPACT

La senescence vue par la filière forestière

Intérêts, protocoles et perspectives

Frédéric Jean INRA, URFM, Avignon
Fabrice Bonne INRA, EEF, Nancy
Olivier Gilg INRA, UEFM, Avignon

31 / 10 / 2017

Intro

Présentation de la filière forestière

- *Spécificité -> population, grande diversité génétique, forte implication des sciences participatives*

ÅBREF HISTORIQUE

- **2006 : GDR PHÉNO 2968 SIP-GECC**
- **2012-2015 : ACCAF PERPHECLIM**
- **2017 : SOERE TEMPO**

SOMMAIRE

TEMP
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

- Quelques généralités
- Intérêts d'observer cet évènement phénologique pour la filière forêt et conséquences sur le fonctionnement des systèmes étudiés
- Protocole d'observation de la senescence de la filière forêt
  - démarche (Perpheclim),
  - choix et présentation de l'échelle de référence (BBCH),
  - limites et perspectives d'amélioration
- Les méthodes alternatives d'observation de la filière en cours de développement.

TEMPO
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

_01
Généralités

Définitions

La phénologie

- **Linné, 1751**, « *La phénologie est l'art d'observer l'apparition des activités ou événements cycliques chez les plantes ou les animaux tout au long de l'année.* »

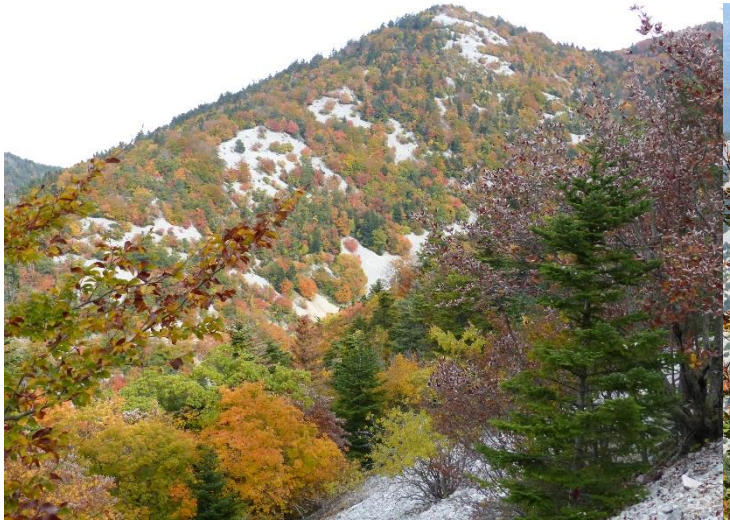
- **Liethe, 1974,** « *La phénologie est l'étude de l'apparition dans le temps d'événements biologiques, des causes biotiques et abiotiques, du moment de ces apparitions et des relations entre les différents événements chez une même espèce ou différentes espèces.* »

La sénescence

La sénescence pour les espèces caducifoliées

- *A l'échelle de l'arbre, elle exprime à la fois la fin de l'assimilation de carbone grâce à la photosynthèse et le début de la phase de recyclage des composés azotés des feuilles, appelée résorption.»*

- *A l'échelle de l'écosystème, cette phase marque le début d'entrée de C et des minéraux dans le sol (litière)*



Les déterminants impliqués

TEMPO
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

La sénescence pour les espèces caducifoliées

- Sous fort contrôle génétique, elle est toutefois modulée par des facteurs endogènes (notamment hormonaux) et environnementaux biotiques - abiotiques

Facteurs génétiques, hormonaux et physiologiques

- Age de la feuille
- Hérédité et héritabilité
- Cytokinines (effet -)
- Acide abscissique (effet +)
- Ethylène, acide jasmonique et salicylique (effet +)
- Teneur en sucres (effet +/- ?)

Variables environnementales

- Températures (effet + ou -)
- Diminution de la photopériode (effet +)
- Sécheresse (effet +)

Déclenchement et modulation de la sénescence

Quirino et al. 2000

Vitasse 2009

TEMPO
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

_02 Intérêts d'observer cet évènement phénologique pour la filière forêt et conséquences sur le fonctionnement des systèmes étudiés

Constats

La sénescence et le changement climatique

TEMPO
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

- **Des études récentes indiquent une chute des feuilles probablement plus tardive (Archetti et al., 2013).**

Régions	Phénophase	Nb	Δ	Période	Référence
Europe	phases print.	14	-2,0	1959-1993	(Menzel et Fabian 1999)
Europe, Am.du Nord Asie	phases print.	33	-3,9	1950-2000	(Root *et al.* 2003)
Allemagne	jaunissement	3	+0,7	1951-1996	(Menzel *et al.* 2001)
Allemagne	débourrement	5	-3,2	1951-1996	(Menzel *et al.* 2001)
Estonie	débourrement	2	-2,3	1948-1996	(Ahas *et al.* 2000)
Europe, Am. du Nord	débourrement	9	-3,5	1950-2000	(Root *et al.* 2003)
Espagne	floraison	38	-4,2	1952-2000	(Penuelas *et al.* 2002)
Am. du Nord	floraison	14	-3,0	1970-1999	(Abu-Asab *et al.* 2001)
Estonie	floraison	3	-2,5	1948-1996	(Ahas *et al.* 2000)
Europe, Am. du Nord	floraison	12	-3,6	1950-2000	(Root *et al.* 2003)
Espagne	fructification	17	-8,0	1974-2000	(Penuelas *et al.* 2002)
Europe	phases autom.	14	+1,6	1959-1993	(Menzel et Fabian 1999)

Tab. 1 : changement des phénophases au cours des dernières décennies pour les espèces ligneuses

Δ = précocité (signe -) ou retardement (signe +) de l'événement en jours par décennie. Nb = nombre d'espèces ; print. = printanières.

Lebourgeois et al., RDV techniques n° 13 - été 2006 – ONF

Impacts

La sénescence et le changement climatique

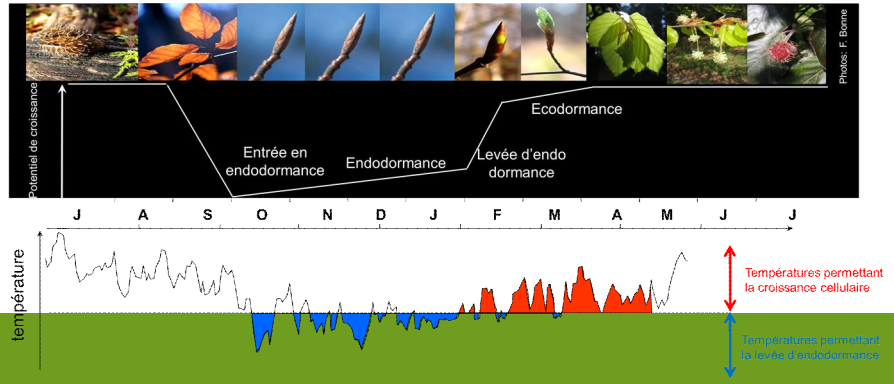
TEMPO
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

- **Sénescence automnale plus tardive**
- Bénéfices
  - Augmentation de la durée de saison de végétation et de la croissance
  - Augmentation des réserves en sucres (survie et reproduction)
- Risques
  - Résorption incomplète de nutriments, notamment l'azote en cas de gel automnal précoce (Keskitalo et al. 2005)
  - Diminution de la résistance au froid hivernal (Deans and Harvey, 1996 sur 16 provenances européenne de chêne sessile et travaux de Guillaume Charrier sur la variation de la capacité de résistance au gel des bourgeons au cours de l'hiver)

Intérêts d'observer cet évènement

Pourquoi étudier la sénescence ?

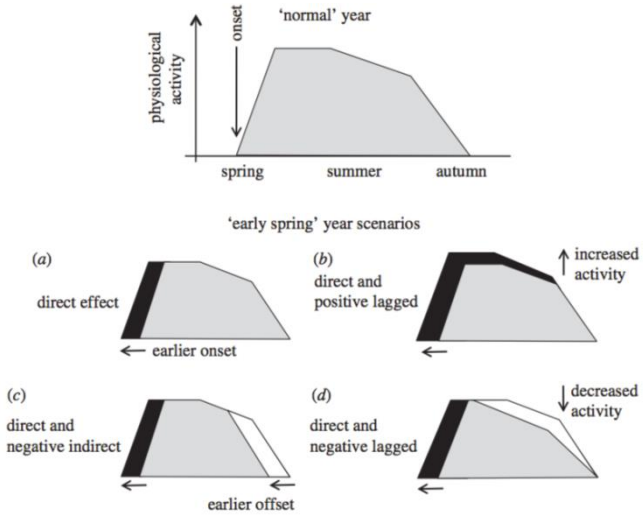
- **4 phénomènes s'observent en « fin » d'été :**
  - **Mise en place du bourgeon (budset)**
  - **Arrêt de croissance primaire et l'entrée en paradormance**
  - **Endurcissement**
  - **Sénescence foliaire**
- **Dans un contexte de changement, quid de liens potentiels entre senescence et dormance (paradormance, endo et éco), endurcissement ?**



Intérêts d'observer cet évènement

Pourquoi étudier la sénescence ?

- L'effet du climat sur la chute des feuilles a été moins étudié.
- Des conséquences sur la séquestration de C controversées :
  - Impact négatif car à l'automne la respiration est plus sensible que la photosynthèse à la température (Piao et al., 2008).
  - Impact positif (e.g. Dragoni et al 2011 GCB, Keenan et al. 2014 NCC)



Richardson et al.,2010 (Phil. Trans. R. Soc. B)

Intérêts d'observer cet évènement

Pourquoi étudier la sénescence ?

TEMP Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

Le démarrage du processus de sénescence foliaire est sous le contrôle de facteurs environnementaux qui ne sont à l'heure actuelle pas encore totalement éclaircis, et probablement différents entre espèces.

- **Quatre hypothèses ressortent :**
  - **(i) retard et ralentissement par des températures chaudes automnales (Heide, 2003 ; Matsumoto et al, 2003 ; Shutova et al., 2006) ;**
  - **(ii) accélération, au contraire, par des températures chaudes automnales (Kramer, 1995) ;**
  - **(iii) déclenchement par une photopériode seuil (Lee et al., 2003 ; Keskitalo et al., 2005) ;**
  - **(iv) déclenchement par des températures froides, une baisse du rayonnement avec ou sans effet seuil (Koike, 1990 ; White et al., 1997 ; Jolly et al., 2005 ; Migliavacca et al., 2008 ; Delpierre et al., 2009)**

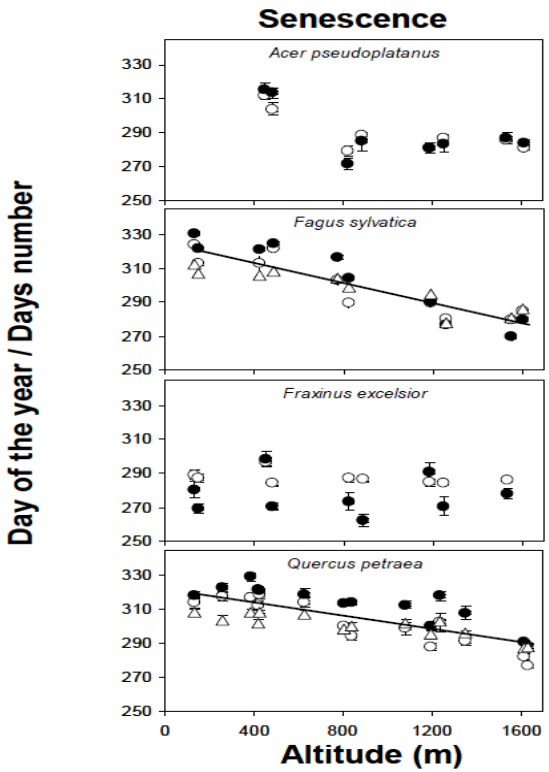
Charrier, G. (2011). Mécanismes et modélisation de l'acclimatation au gel des arbres : Application au noyer Juglans regia L. (Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal (Clermont Ferrand 2), FRA).

Conséquences sur le fonctionnement des systèmes étudiés

La sénescence et la variabilité entre espèces

TEMP
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

➢ Sénescence le long d'un gradient altitudinal



Vitasse, Y. et al 2009, Oecologia

- White
- Delpierre

- Delpierre avec interaction photopériode

- Modèle null

- Delpierre mais sans effet photopériode

3 modèles testés + « Null »

- White : effet seuil (photopériode + T°)
- Jolly : effet seuil (interaction photopériode x T° minimale)
- Delpierre : somme de T° froide dont la vitesse de cumul est régulée par la photopériode
- Null : dates identiques chaque année

White et al. 1997, Jolly et al. 2005, Delpierre, N. et al 2009,

Conséquences sur le fonctionnement des systèmes étudiés

La sénescence et le gradient longitudinal

TEMPO
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

- **Sénescence automnale plus tardive à l'ouest ?**

Office National des Forêts

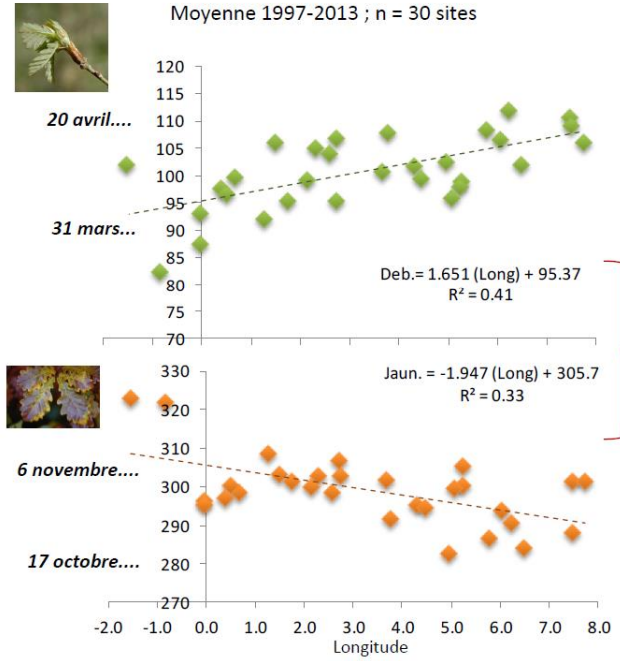
LERFoB

AgroParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

I. Calendriers phénologiques : **Variabilité géographique**

Exemple pour les Chênaies

Moyenne 1997-2013 ; n = 30 sites

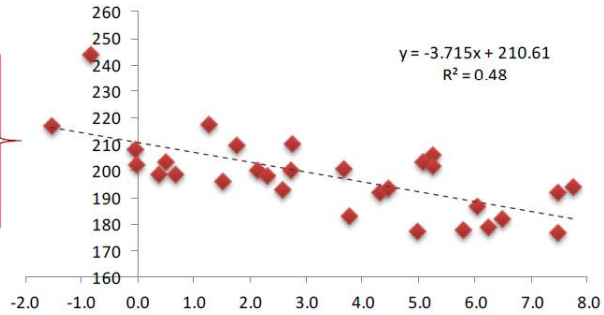


Gradient Ouest - Est

Retard .... 10-15 jours

Avancée... 10-15 jours

Raccourcissement... 20-30 jours



Durée de la saison de végétation de 210 à 180 jours

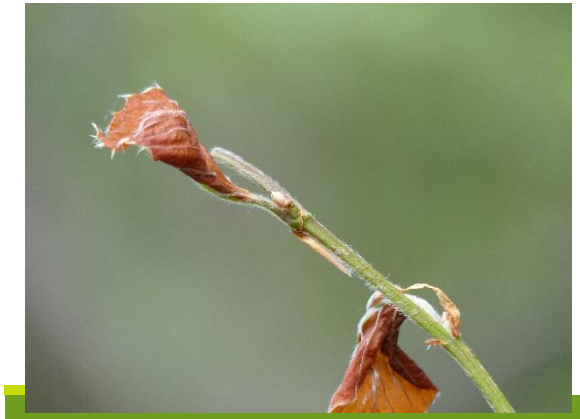
Lebourgeois et al. - Colloque Phéno 2015 - 17 au 19 Novembre 2015 - Clermont-Ferrand

Conséquences sur le fonctionnement des systèmes étudiés

La sénescence et le changement climatique

- **Point de vigilance sur la sénescence précoce, peut être :**
  - **Due à des aléas climatiques de type sécheresse ou stress thermique**
  - **Totale ou partielle (évitement)**
- **-> réserves ? -> dépérissement, mortalité ?**

D'autant plus si associé la même année à des gels tardifs



TEMP
Réseau National d'Observatoires
de la phénologie du vivant

_03
Protocole d'observation de la senescence de la filière forêt

INRA
SCIENCE & IMPACT

Fabrice Bonne INRA, EEF, Nancy
Frédéric Jean INRA, URFM, Avignon
Olivier Gilg INRA, UEFM, Avignon

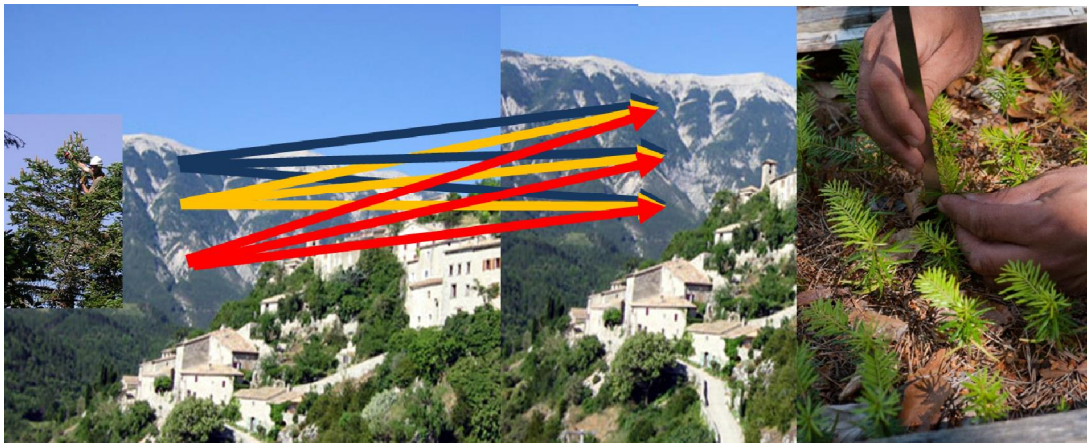
Protocole d'observation de la senescence de la filière forêt

TEMP
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

Différents types de dispositifs, les outils

- Hêtre / Chêne / Mélèze
- Alpes / Ventoux / Pyrénées

- **Gradient in situ (variabilité phénotypique)**
- **Jardins communs ou plantations comparatives (variabilité génétique)**
- **Expérimentations de transplantations réciproques (plasticité phénotypique)**

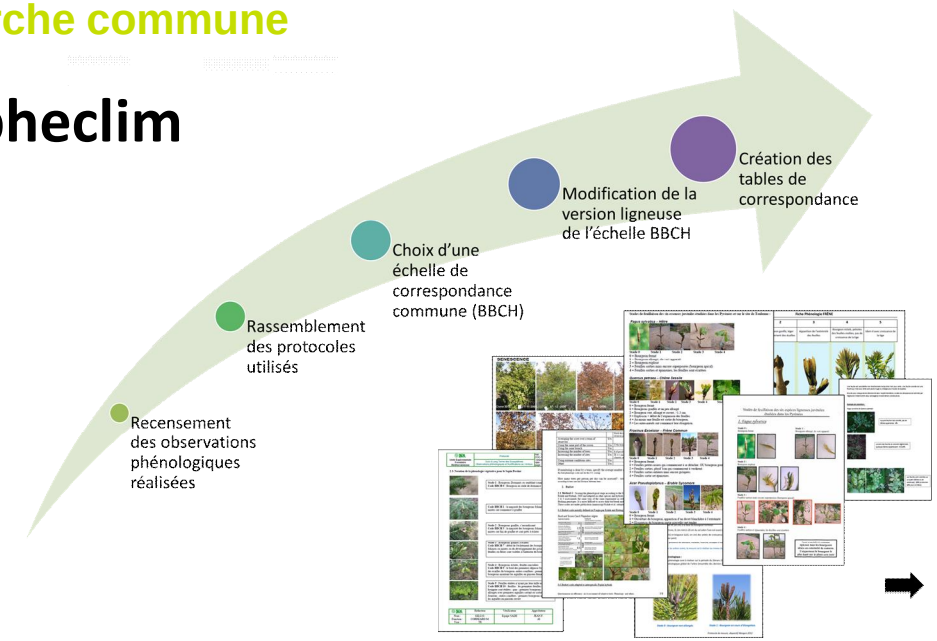


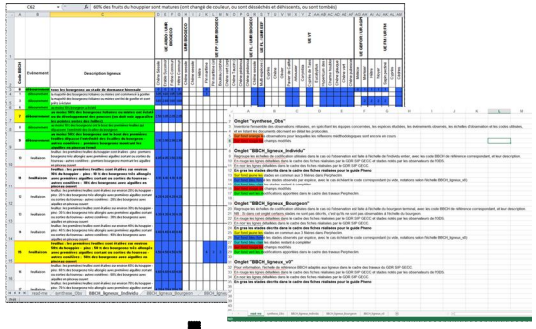
Protocole d'observation de la senescence de la filière forêt

Démarche commune

TEMP
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

➢ Perpheclim





➡ Dossier mis à disposition du collectif Perpheclim

➢ Guide d'observation phénologique

INRA SCIENCE & IMPACT
Fabrice Bonne INRA, EEF, Nancy
Frédéric Jean INRA, URFM, Avignon
Olivier Gilg INRA, UEFM, Avignon

Protocole d'observation de la senescence de la filière forêt

choix et présentation de l'échelle de référence BBCH

- à l'échelle de l'individu

  - ✓ Stade BBCH 90 : Début de changement de couleur et/ou de chute des feuilles

  - ✓ Stade BBCH 91 : Environ 10% des feuilles ont changé de couleur et/ou sont tombées
  - ✓ Stade BBCH 95 : Environ 50% des feuilles ont changé de couleur et/ou sont tombées.

Protocole d'observation de la senescence de la filière forêt

TEMPO
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

Les bonnes pratiques

- **Bien décrire les protocoles (nbre ind…semis/adulte, cartographie…)**
- **Prise en compte des effets abiotiques et biotiques**
- **intercalibration interne avant campagne de notation, 2 angles de vue minimum, 2 personnes minimum pour tuilage éventuel entre 2 relevés, 1 passage par semaine suffit**

Protocole d'observation de la senescence de la filière forêt

TEMPO
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

Difficultés spécifiques à la sénescence

- **La décoloration est souvent graduelle**
- **Comment bien estimer le pourcentage de feuilles quand elles sont tombées ?**
- **Arbre forestier adulte en condition forestière : vision altérée de la couleur par la face inférieure des feuilles**
- **Manque de « repère » ou « d'étalon couleur » par espèce**
- **Pour certaines espèces, certaines feuilles sénescentes prématurément sur certains rameaux indiquent parfois la mort de ces rameaux (élagage naturel sur hêtre, chêne…) et risque peut-être d'influencer la sénescence ou non ?**

Protocole d'observation de la senescence de la filière forêt

TEMPO
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

limites et perspectives d'amélioration

- **Limites à l'observation visuelle**
  - **Chronophage**
  - **Effet observateur**
  - **Observation ponctuelle**
  - **Contraintes techniques d'observation**
  - **Sauvegarde de l'observation**

- **Développer des systèmes d'observation qui fournissent des données quantitatives en continu facile à mettre en œuvre et pour lesquels l'exploitation des données et leur gestion sont prévues**

TEMP
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

_04 Les méthodes alternatives d'observation de la filière forêt en cours de développement.

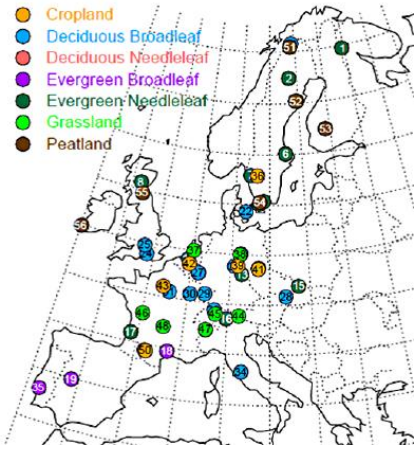
Frédéric Jean INRA, URFM, Avignon

Méthodes alternatives

Caméras

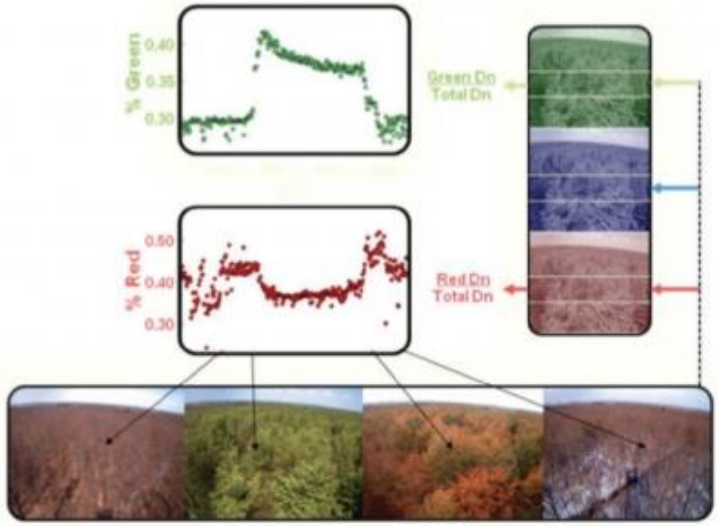
➢ Caméras en site instrumenté

Filippa, G., Cremonese, E., Migliavacca, M., Galvagno, M., Forkel, M., **Wingate,** L., Tomelleri, E., Morra di Cella, U., Richardson, A. D. (2016). Phenopix: A R package for image-based vegetation phenology. *Agricultural and Forest Meteorology, 220*, 141-150.



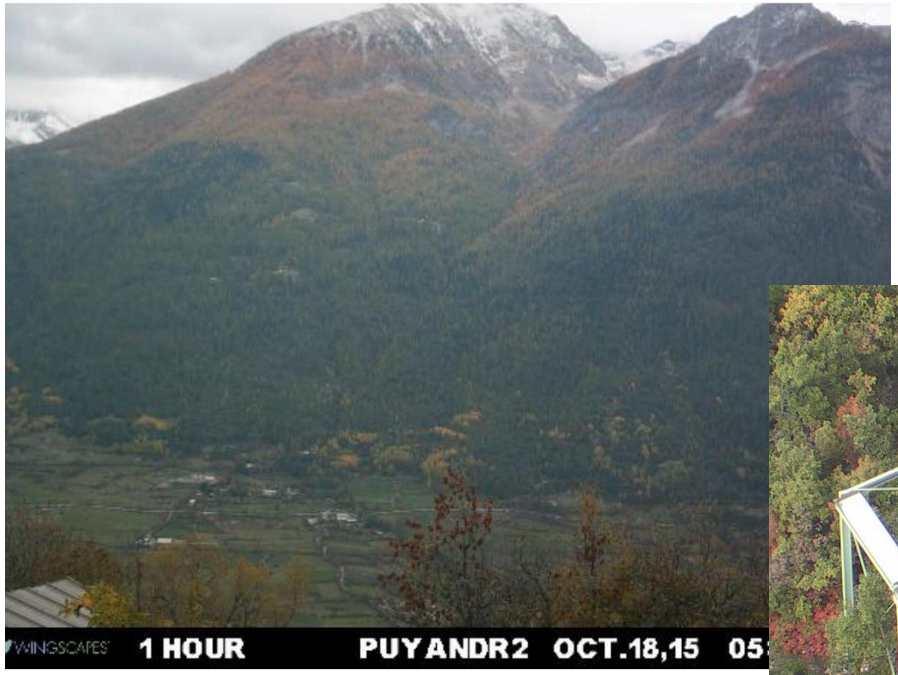
Réseaux Phenocam et Europhen

PhenoCamGUI à l'échelle mondiale (https://phenocam.sr.unh.edu/webcam/tools/) ou Phenopix R Package, à l'échelle européenne, dans le cadre des réseaux ICOS baptisé EUROPHEN (http://european-webcam-network.net/map.php)



ICOS site - Hesse, INRA Nancy, France

Installation de caméras pour le suivi en continu de la phénologie en milieu forestier isolé



UR AGPF – Orléans – Suivi d'un gradient altitudinal (L. E. Pâques)

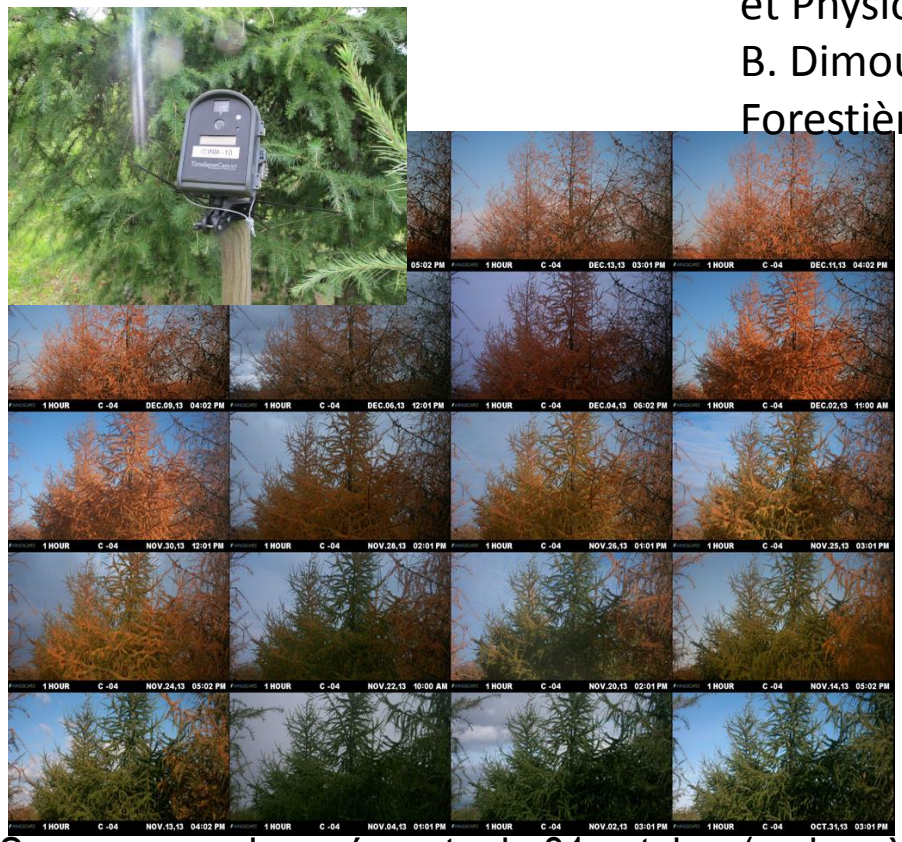
UMR O3HP – St Michel l'Observatoire (J-P. Orts)

Méthodes alternatives

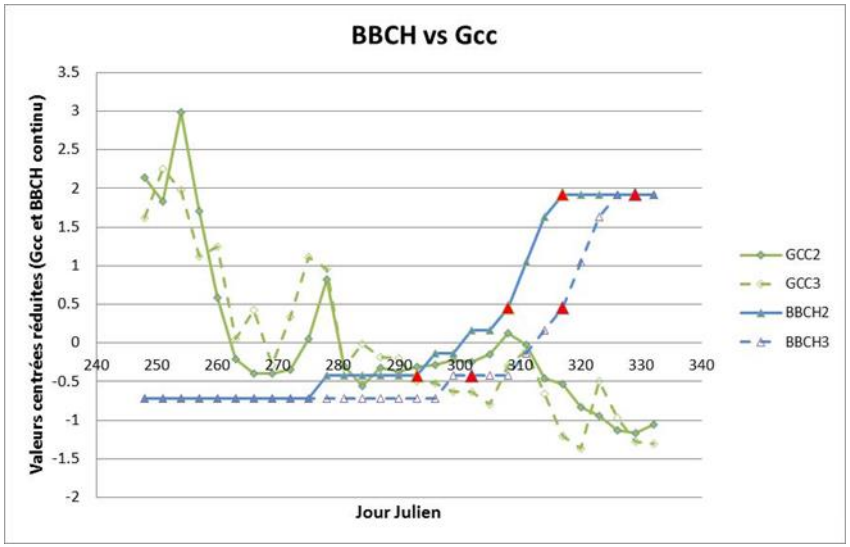
Caméras

- **Caméras en site isolé**

L.E. Pâques INRA, UR 588 Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières Orléans
B. Dimouro INRA, UE 0995 Génétique et Biomasse Forestières ORléans



Senescence observée entre le 31 octobre (en bas à droite) et le 17 décembre 2013 (en haut à gauche)

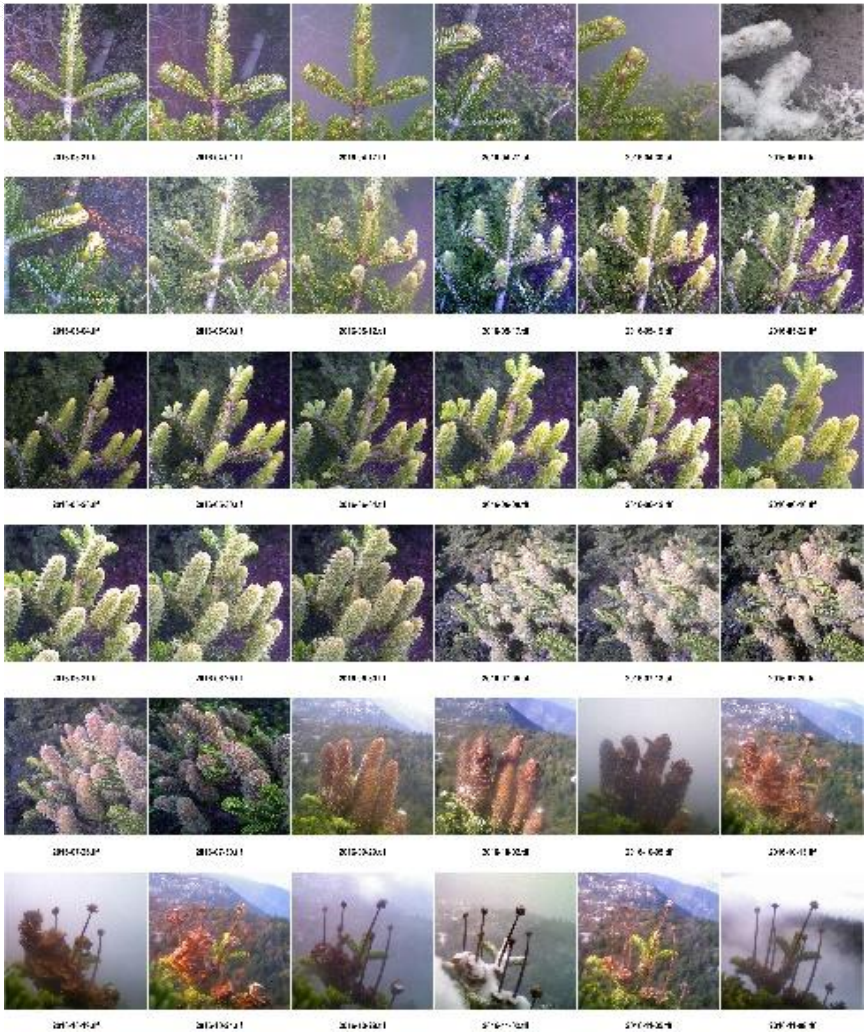


Méthodes alternatives

Caméras

- **Caméras en site isolé**

La reproduction



UR 629 Ecologie des Forêts Méditerranéennes[1]UE 348 Entomologie et Forêt Méditerranéenne[2] INRA, Frédéric JEAN[1], Olivier Ambrosio[1], William Brunetto[1], Henri Picot[1], Olivier Gilg[2]

Méthodes alternatives

Proxidétection (diodes et PAR)

TEMP
Réseau National d'Observatoires de la phénologie du vivant

➢ PAR et diodes

Dominique GUYON, Sylvia DAYAU, Alain KRUSZEWSKI, Jean-Pierre WIGNERON, *UMR 1391 ISPA*
Alexis DUCOUSSO, Jean-Marc LOUVET, Sylvain DELZON, *UMR 1202 BIOGECO*
Fabrice BONNE, *UE 1261 UEFL*
Frédéric BARET, *UMR 1114 EMMAH*
Luc PAQUES, G. Bodineau, *UR AGPF*

PAR transmis

PAR incident

$$Fipar = 1 - \frac{PARtransmis}{PARincident}$$

Principaux résultats

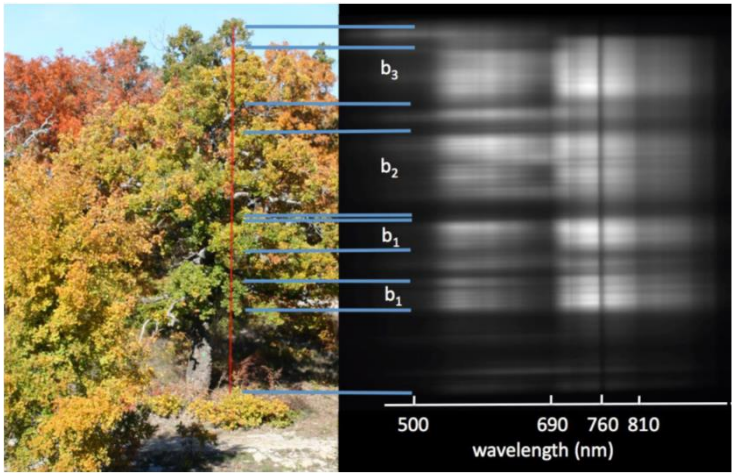
- ✓ Datation de l'expansion foliaire :
  - Très bonne corrélation avec les notations visuelles sur le BBCH 19
  - Les stades avant l'étalement des feuilles ne sont pas détectés
- ✓ Senescence :
  - Problème de la décoloration qui précède la chute des feuilles d'où l'utilisation de capteurs multi spectraux type photodiodes en cours d'exploration
    - Effet du rayonnement direct
    - Effet inverse du statut (dominé/dominant)

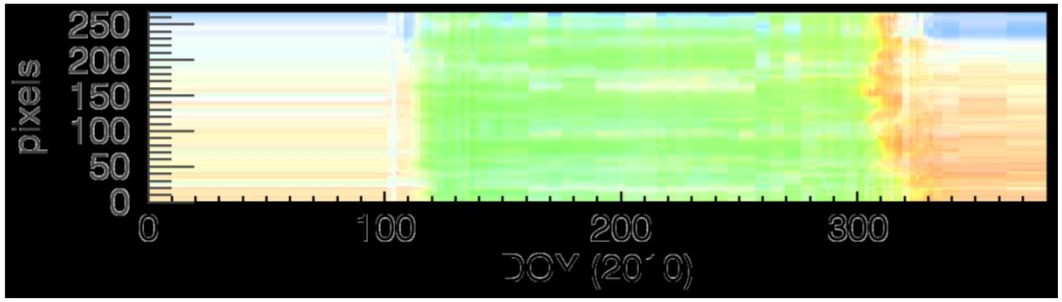
Méthodes alternatives

Spectrophotométrie

- **Phénologie et estimation de la distribution verticale de chlorophylle dans un chêne Quercus pubescens par spectroscopie à fente**

Luc Arnold1, IljaReiter2, Jean-Philippe Orts3, Brigitte Ksas4, Thierry Gauquelin5
1 Aix-Marseille Université, Institut Pythéas (UMS 3470), CNRS, Observatoire de Haute Provence
2 ECCOREV (FR 3098), CNRS, Observatoire de Haute Provence (OHP)
3 Aix-Marseille Université, IMBE (UMR 7263) -Observatoire de Haute Provence
4 CEA Cadarache
5 Aix-Marseille Université, IMBE (UMR 7263) -Campus Saint-Charles

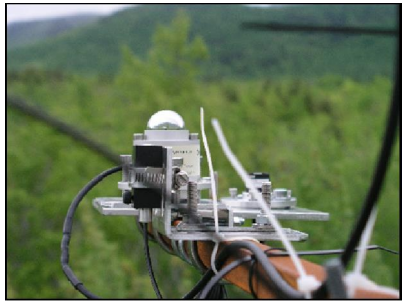


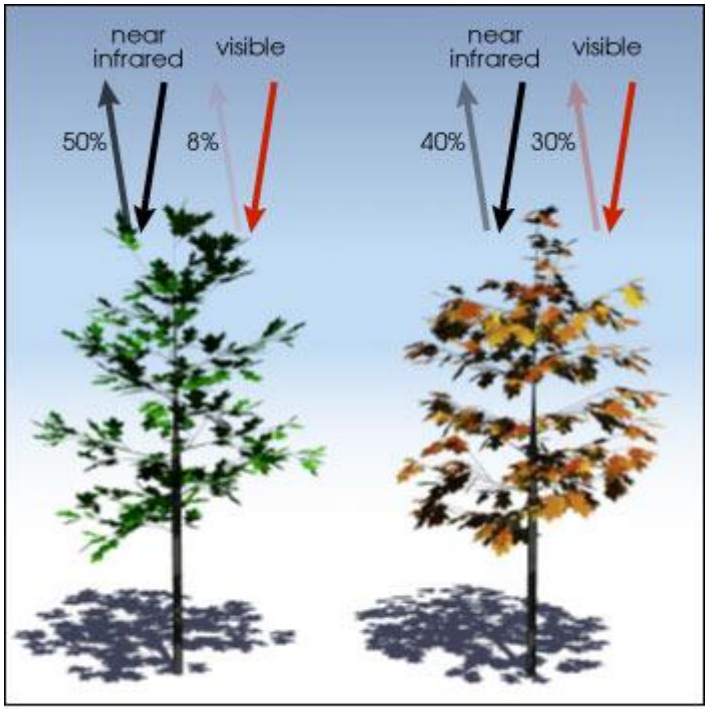


Méthodes alternatives

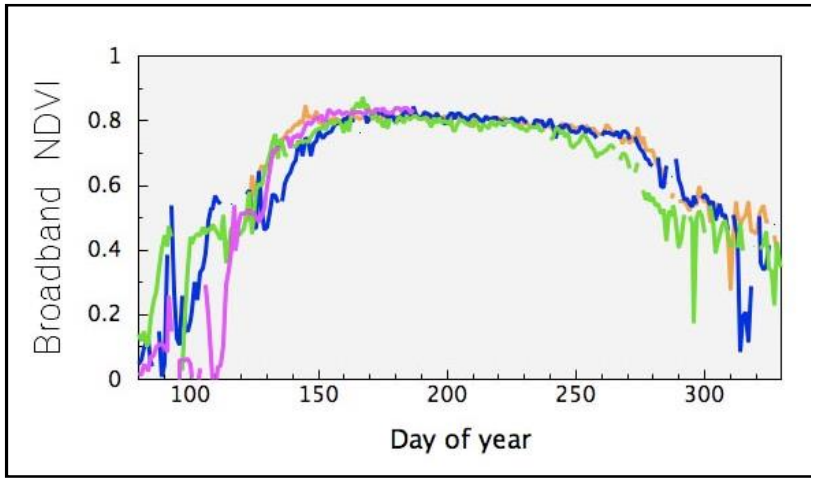
Indice normalisé

- **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)**





$$\frac{(0.50 - 0.08)}{(0.50 + 0.08)} = 0.72 \qquad \frac{(0.4 - 0.30)}{(0.4 + 0.30)} = 0.14$$



Méthodes alternatives

Autres prospections en cours

- **Création de palette de référence à partir d'une charte Munsell + Capsure colour**

- **Mesure de la teneur en chlorophylle**

SPAD-502Plus

MERCI POUR VOTRE ATTENTION