Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 128 (2005)

Artikel: Observation phénologique des plantes du Jura suisse, 1951-2002
Autor: Defila, Claudio / Schneiter, Daniel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-89631

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

OBSERVATION PHÉNOLOGIQUE DES PLANTES DU JURA SUISSE, 1951-2002

CLAUDIO DEFILA[1] & DANIEL SCHNEITER[2]

[1]MeteoSchweiz, Krähbühlstrasse 58 CH-8044 Zürich, Suisse.

[2]MétéoSuisse, Les Invuardes CH-1530 Payerne, Suisse.

Mots-clés: Phénologie, modification de climat, Jura

Key-words: Phenology, climat modification, Jura

Résumé

Le développement annuel des plantes (phénologie des plantes) est observé et enregistré en Suisse depuis 1951. Le Jura suisse compte 15 stations d'observations phénologiques. Cette étude présente l'analyse de 19 phénophases d'herbacées, d'arbustes et d'arbres, comme la floraison ou le déploiement, la coloration et la chute des feuilles.Des statistiques détaillées (moyennes et écarts types) sont établies pour le déploiement des aiguilles du mélèze et pour la coloration des feuilles du hêtre. Le calendrier phénologique établi pour Couvet montre bien les dates moyennes, les écarts types et les dates extrêmes de toutes les phénophases observées sur cette station. Les analyses de tendance de 141 séries phénologiques montrent que dans le Jura suisse, pour la période 1951-2002, la floraison s'est avancée de 15 jours, le déploiement des feuilles de 6 jours, la coloration des feuilles de 8 jours et la chute des feuilles de 7 jours. Ainsi les phénophases de printemps se sont avancées de 12 jours, celles d'été de 10 jours et celles d'automne de 7 jours. Ces résultats sont à mettre en relation avec le réchauffement climatique des dernières décennies en Suisse. Ce travail montre clairement que la phénologie des plantes est un bon indicateur des variations de climat.

Abstract

Since 1951 in Switzerland, the annual development phases of 26 plants are observed and their occurrence date noted. There are 15 phenological observation stations in the Swiss part of the Jura Mountains. The present study includes 19 phenophases such as flowering, leaf unfolding, leaf coloring and leaf fall from various herbs, shrubs and trees.

Detailed statistical analysis is presented for the needle appearance of the larch and the leaf coloring of the beech. The phenological calendar from Couvet shows very clearly the average, standard deviation and extreme occurrence dates of all phenophases observed in this station. The trend analysis from 141 time series over the 1951-2002 period revealed that the following phases occur nowadays earlier: flowering 15 days, leaf unfolding 6 days, leaf coloring 8 days and leaf fall 7 days earlier than 50 years ago. The average occurrence dates of spring, summer and autumn phases are observed respectively 12, 10 and 7 days earlier than in the middle of the 20th Century. These results can be related to the climate warming that was registered in the last decades in Switzerland. This underlines that plant phenology is a good indicator of climate change.

Zusammenfassung

Seit 1951 wird die jährliche Entwicklung der Pflanzen (Pflanzenphänologie) in der Schweiz beobachtet und notiert. Im Schweizer Jura stehen 15 phänologische Beobachtungsstationen. Ausgewertet wurden in dieser Arbeit 19 phänologische Phasen wie die Blüte, Blattentfaltung, Blattverfärbung und Blattfall verschiedener Kräuter, Sträucher und Bäume. Detaillierte Statistiken (Mittelwerte und Streuungen) wurden vom Nadelaustrieb der Lärche und von der Blattverfärbung der Buche erstellt. Ein phänologischer Kalender von Couvet zeigt sehr schön die Mittelwerte, Streuungen und Extremwerte aller bei dieser Station beobachteten phänologischen Phasen. Trendanalysen von 141 phänologischen Zeitreihen ergaben, dass in der Periode 1951-2002 im schweizerischen Jura sich die Blühtermine um 15 Tage, die Blattentfaltung um 6 Tage, die Blattverfärbung um 8 Tage und der Blattfall um 7 Tage verfrüht haben. Dies ergibt bei den phänologischen Frühlingsphasen eine Verfrühung von 12 Tagen, bei den Sommerphasen von 10 Tagen und bei den Herbstphasen von 7 Tagen. Diese Resultate stehen im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung der letzten Jahrzehnte in der Schweiz. Diese Arbeit zeigt deutlich, dass die Pflanzenphänologie einen guten Indikator für Klimaänderungen ist.

INTRODUCTION

L'observation des phénomènes naturels a fait partie des activités humaines les plus ancestrales, liées à la quête de nourriture, ou procédant d'une simple curiosité envers la nature. Souvent des événements importants, comme les secondes floraisons du cerisier, ont été relevés par certains érudits. Consciemment ou non, ces communautés savantes ont contribué à la phénologie, science basée sur l'observation et la consignation d'événements périodiques et récurrents, liés à la croissance et au développement des êtres vivants. Le relevé des dates d'apparition des phases phénologiques, comme par exemple le déploiement des feuilles, la floraison, la maturation des fruits, la coloration et la chute des feuilles, fait l'objet de la phénologie des plantes. La phénologie animale procède de l'observation des migrations des oiseaux ou de la première sortie des marmottes, des insectes ou des serpents. En Europe, durant ces derniers siècles, des tentatives, sans cesse renouvelées, ont été entreprises pour recueillir systématiquement ce genre de données. Malheureusement la plupart de ces réseaux d'observation n'ont survécu que peu d'années. Il existe en Suisse deux séries de mesures, mondialement connues, qui sont encore poursuivies actuellement. A Genève le déploiement de la feuille du marronnier est observé depuis 1808, et à Liestal la floraison du cerisier est relevée depuis 1894. Ces deux séries temporelles présentent une nette tendance vers des apparitions plus précoces. Dans le cas de Genève, il ne faudrait pas omettre l'évolution propre du climat urbain (îlot de chaleur) (Defila & Clot, 2003). Depuis 1951 MétéoSuisse (Office fédéral de météorologie et de climatologie) exploite un réseau de mesure de 160 stations situées à différentes altitudes et en diverses régions de Suisse. Les observations ont été faites sur 69 phénophases relevées sur 26 espèces de plantes. Les premières recherches sur la période 1951 à 1998 ont démontré que depuis 1951, et sur toute la Suisse, les phases phénologiques printanières apparaissent avec une avance moyenne de 11,6 jours et celles d'automne avec un retard moyen de 1.7 jours. Cela correspond à une prolongation moyenne de la période de végétation de 13,3 jours (Defila & Clot, 2001) qui a une grande influence sur les plantes sauvages, sur les plantes de culture et aussi sur les parasites et les plantes adventices. Des résultats comparables ont aussi été trouvés dans d'autres pays européens (Menzel, 2003; Menzel *et al.*, 2003; Scheifinger *et al.*, 2002; Chmielewski & Rötzer, 2002).

Des analyses de corrélation ont montré que les dates d'occurences des phases phénologiques du printemps et de l'été sont très fortement influencées par la température de

l'air (DEFILA, 1991; STUDER *et al.*, 2004). Les analyses de tendance sur les séries de données climatiques de Chaumont (1073 m/mer) montrent que, pour la période 1864 à 2001, la température de l'air a augmenté de 1,4 degré durant le semestre d'hiver, et de 0,8 degré durant le semestre d'été (BADER & BANTLE, 2004). La figure 1, pour le semestre d'hiver, et la figure 2, pour le semestre d'été, montrent clairement ces tendances dans l'évolution des températures. Il est ainsi évident que le réchauffement climatique de ces dernières décennies a agi sur ces tendances vers une apparition plus précoce des phases phénologiques printanières et estivales. Ces premiers résultats ont aussi montré que de grandes différences existent en Suisse, selon les altitudes et les régions (DEFILA & CLOT, 2001). C'est pourquoi nous avons commencé à étudier la phénologie des plantes pour les différentes régions climatiques de Suisse. Sont déjà parues les études phénologiques des plantes du sud des Alpes (DEFILA & CONEDERA, 2000), d'Engadine (DEFILA, 2002) et des Grisons (DEFILA, 2003). Avec la présente étude, c'est une région de l'ouest de la Suisse qui est considérée. Tous ces résultats montrent clairement que la phénologie des plantes convient particulièrement bien pour détecter les influences d'un réchauffement du climat sur le développement de la végétation. Pour notre étude, les séries de mesures de 1951 à 1998, considérées dans les études déjà mentionnées, ont été étendues jusqu'à fin 2002.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Parmi les 160 stations d'observation phénologiques de Suisse, 15 se situent dans le Jura suisse, à des altitudes comprises entre 415 et 1120 m/mer.

Stations phénologiques du Jura

L'Abergement	660 m/M	dès 1956
Bellelay	920 m/M	dès 1956
La Brévine	1050 m/M	dès 1979
Cernier	800 m/M	dès 1951
Couvet	750 m/M	dès 1954
Delémont	415 m/M	dès 1958
Enges	820 m/M	dès 1951
Le Locle	1020 m/M	dès 1956
Longirod	900 m/M	dès 1959
Moutier	530 m/M	dès 1963
Orvin	700 m/M	dès 1951
Les Ponts-de-Martel	1120 m/M	dès 1951
Les Rangiers	865 m/M	dès 1978
Ste Croix	1100 m/M	dès 1951
Vallorbe	850 m/M	dès 1951

Les 19 phénophases suivantes ont été retenues pour les analyses:

Printemps:

Déploiement des feuilles du marronnier (*Aesculus hippocastanum* L.)
Déploiement des feuilles du hêtre (*Fagus silvatica* L.)
Déploiement des feuilles du noisetier (*Corylus avellana* L)
Déploiement des aiguilles du mélèze (*Larix decidua* Miller)
Déploiement des aiguilles de l'épicéa (*Picea abies* (L.) Karst.)
Floraison générale du noisetier (*Corylus avellana* L)
Floraison générale du sureau rouge (*Sambucus racemosa* L.)
Floraison générale du pas-d'âne (*Tussilago farfara* L.)
Floraison générale de l'anémone des bois (*Anemone nemorosa* L.)
Floraison générale du pissenlit (*Taraxacum officinale* Weber)
Floraison générale de la cardamine des prés (*Cardamine pratensis* L. s. str)
Floraison générale de la marguerite (*Leucanthemum vulgare* Lam. *s.str.*)

Eté:

Floraison générale du sureau noir (*Sambucus nigra* L.)
Floraison générale du tilleul à grandes feuilles (*Tilia platyphyllos* Scop.)
Floraison générale du tilleul à petites feuilles (*Tilia cordata* Mill.)

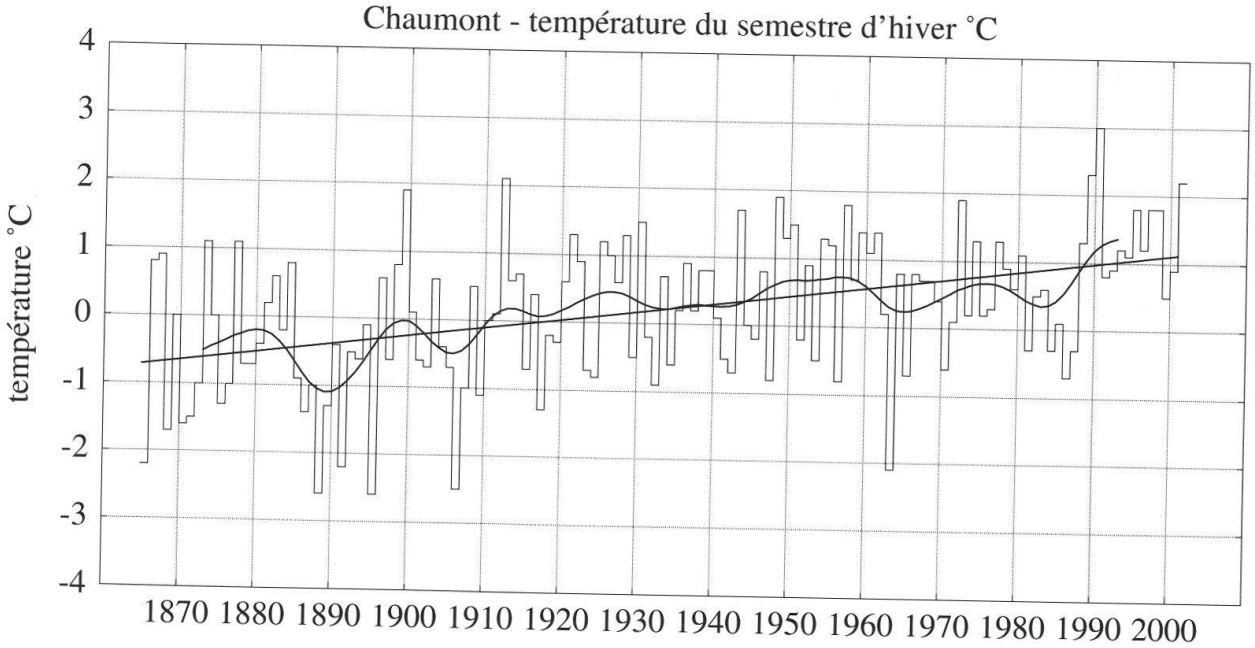

Figure 1: Evolution de la température à long terme pour les semestres d'hiver de la période 1864-2001 à la station de Chaumont (1073 m/mer), (tiré de BADER & BANTLE, 2004).

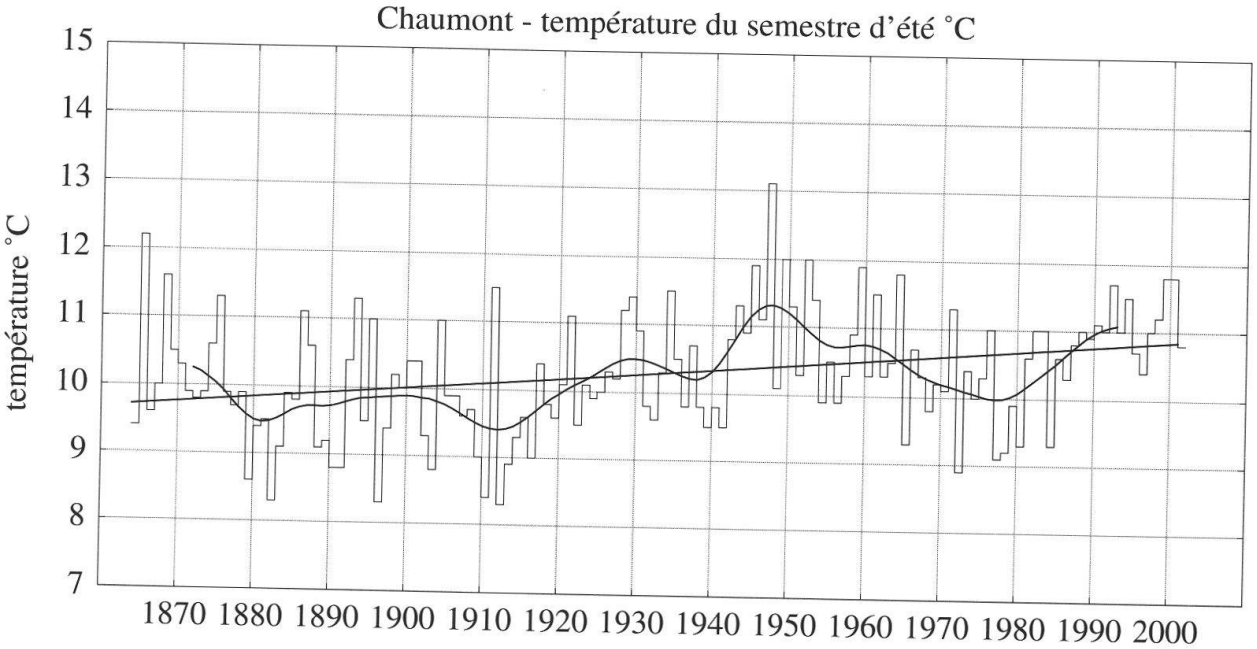

Figure 2: Evolution de la température à long terme pour les semestres d'été de la période 1864-2001 à la station de Chaumont (1073 m/mer). (tiré de BADER & BANTLE, 2004).

Automne:

Coloration des feuilles du marronnier (*Aesculus hippocastanum* L.)
Coloration des feuilles du hêtre (*Fagus silvatica* L.)
Chute des feuilles du marronnier (*Aesculus hippocastanum* L.)
Chute des feuilles du hêtre (*Fagus silvatica* L.)

Il est à noter que l'on considère des arbres, des buissons et des herbes. Les plantes de culture ne sont pas prises en compte, car les différences entre les variétés, les méthodes de culture et les traitements, rendent impossibles les comparaisons des séries phénologiques temporelles. La période considérée s'étend de 1951 à 2002. Il faut cependant remarquer que pour la plupart des stations, les observations n'ont pas toujours pu être effectuées chaque année. Cependant seules les séries portant sur une durée minimale de 30 ans ont été retenues. Pour l'analyse de tendance, un modèle de régression linéaire a été utilisé et le seuil de signification ($P<=0.05$) a été contrôlé au moyen du F-test .

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Moyennes et écarts types

Une phénophase de printemps (le déploiement des aiguilles du mélèze) et une phénophase d'automne (la coloration des feuilles du hêtre) ont été choisies comme exemples. Pour ces deux phénophases, 13 stations d'observation ont pu être analysées. En moyenne, c'est à Orvin (700 m/mer) que le mélèze déploie ses aiguilles le plus tôt (le 16 avril). Cette phénophase s'observe près d'un mois plus tard (le 15 mai) à la Brévine (1050 m/mer). Les écarts types pour les stations individuelles atteignent 8 à 16 jours. En absolu, la date la plus précoce pour la région du Jura a été observée le 20 mars 1959 à Cernier (800 m/mer), et la date la plus tardive le 15 juin 1984 à la Brévine. Pour une même phénophase, les différences entre les dates d'apparition les plus précoces et les plus tardives sur une station peuvent atteindre 60 jours. Ces grandes fourchettes de variation rendent le contrôle des données phénologiques extrêmement difficile.

Pour la coloration des feuilles du hêtre, l'apparition la plus précoce a été détectée le 25 septembre à Longirod (900 m/mer), la plus tardive le 17 octobre aux Rangiers (865 m/mer). Les écarts types pour les stations individuelles atteignent 8 à 20 jours. En absolu, la coloration la plus précoce des feuilles du hêtre pour la région du Jura est apparue le 10 août 1990 à l'Abergement (660 m/mer), et la plus tardive le 20 novembre 1982 aux Rangier (865 m/mer). La fourchette des variations maximales sur une station représente environ 60 jours. Pour le déploiement des aiguilles du mélèze et pour la coloration des feuilles du hêtre, les relativement grandes différences entre les stations d'observation ne s'expliquent pas seulement par les écarts d'altitude entre les sites. Une cause supplémentaire doit être recherchée dans les différences entre microclimats. Comme la coloration des feuilles peut être avancée en périodes sèches, la nature du sol joue aussi son rôle. Selon le potentiel de rétention d'eau des sols, le stress dû à la sécheresse est ressenti plus ou moins fortement. Cela a été très bien observé durant l'été spécialement chaud de 2003 (Defila, 2004).

Calendriers phénologiques

Les calendriers phénologiques permettent une vue globale de la variation pluriannuelle du développement de la végétation. Pour toutes les stations phénologiques de Suisse, qui disposent d'une durée d'observation d'au moins 20 ans, il est possible d'établir des calendriers phénologiques. Les dates d'apparition sont ordonnées pour chaque phénophase et pour chaque station, en ordre croissant (des dates les plus précoces aux plus tardives) et distribuées dans les cinq classes suivantes:

très tôt	10 % des dates
tôt	15 %
normal	50 %
tard	15 %
très tard	10%

Les phénophases sont ordonnées selon leur valeur médiane. Comme exemple, la figure 3 représente le calendrier phénologique de la station de Couvet (750 m/mer). La succession des stades du développement de la végétation apparaît très clairement, ainsi que la distribution statistique des occurences de chaque phénophase. Le nombre (n) d'années disponibles est indiqué pour chaque phénophase.

Les tendances phénologiques

En tout, ce sont 141 séries phénologiques temporelles, disponibles sur au moins 30 ans d'observation, qui ont été analysées. 25.5 % d'entre elles présentent une tendance significative. Pour l'ensemble la Suisse, cette proportion représente 37.9 %. Le tableau 1 donne la proportion des tendances significatives pour chaque saison.

Printemps	21.3%
Eté	31.2%
Automne	35.5%

Tableau 1: Proportion des tendances significatives pour chaque saison.

La répartition des tendances significatives par type de phénophase est donnée dans le tableau 2.

Floraison générale	25.0%
Déploiement des feuilles	19.0%
Coloration des feuilles	26.7%
Chute des feuilles	34.8%

Tableau 2: Proportion des tendances significatives par type de phénophase.

Un exemple de série temporelle présentant une tendance significative (floraison générale du pissenlit au Locle) est donné en figure 4.

La comparaison du Jura avec l'ensemble de la Suisse montre que, à l'exception de la chute des feuilles, la part des tendances significatives pour tous les types de phénophases est inférieure dans le Jura. Mais si l'on considère alors les saisons phénologiques, en automne, la région du Jura présente aussi des valeurs légèrement supérieures à celles des moyennes suisses, pour la coloration et la chute des feuilles. La même comparaison entre le Jura et le Plateau suisse ne donne que de faibles différences pour le déploiement des feuilles et la coloration des feuilles, mais une nette différence pour la floraison générale (tendance plus significative sur le Plateau) et une différence marquée pour la phase de la chute des feuilles (43.8% au Jura et 23.3% sur le Plateau). Une image semblable est donnée par la comparaison entre le Jura et le Nord des Alpes. Mais ici les différences pour la floraison générale, le déploiement et la coloration des feuilles sont marquantes, avec des tendances plus significatives pour le Nord des Alpes. Pour la chute des feuilles, les tendances significatives sont prépondérantes dans la région du Jura. En général la part des tendances significatives est moins grande dans le Jura que dans les autres régions comparables et que dans la totalité de la Suisse. La chute des feuilles fait notoirement exception. Quoique la chute des feuilles soit moins influencée par le temps pendant la période de végétation, mais davantage par des événements de courte durée, comme les tempêtes, les chutes de neige ou le gel, il reste étonnant que la région du Jura réagisse différemment.

L'avance moyenne, exprimée en jours, des types particuliers de phénophases est bien différenciée pour la région du Jura, avec 14.8 jours pour la floraison générale, 6.1 jours pour le déploiement des feuilles, 8.4 jours pour la coloration des feuilles et 7.1 jours pour la chute des feuilles. Cela donne une avance de 12.4 jours pour le printemps phénologique, de 10.3 jours pour l'été et de 7.5 jours pour l'automne. Ces résultats sont

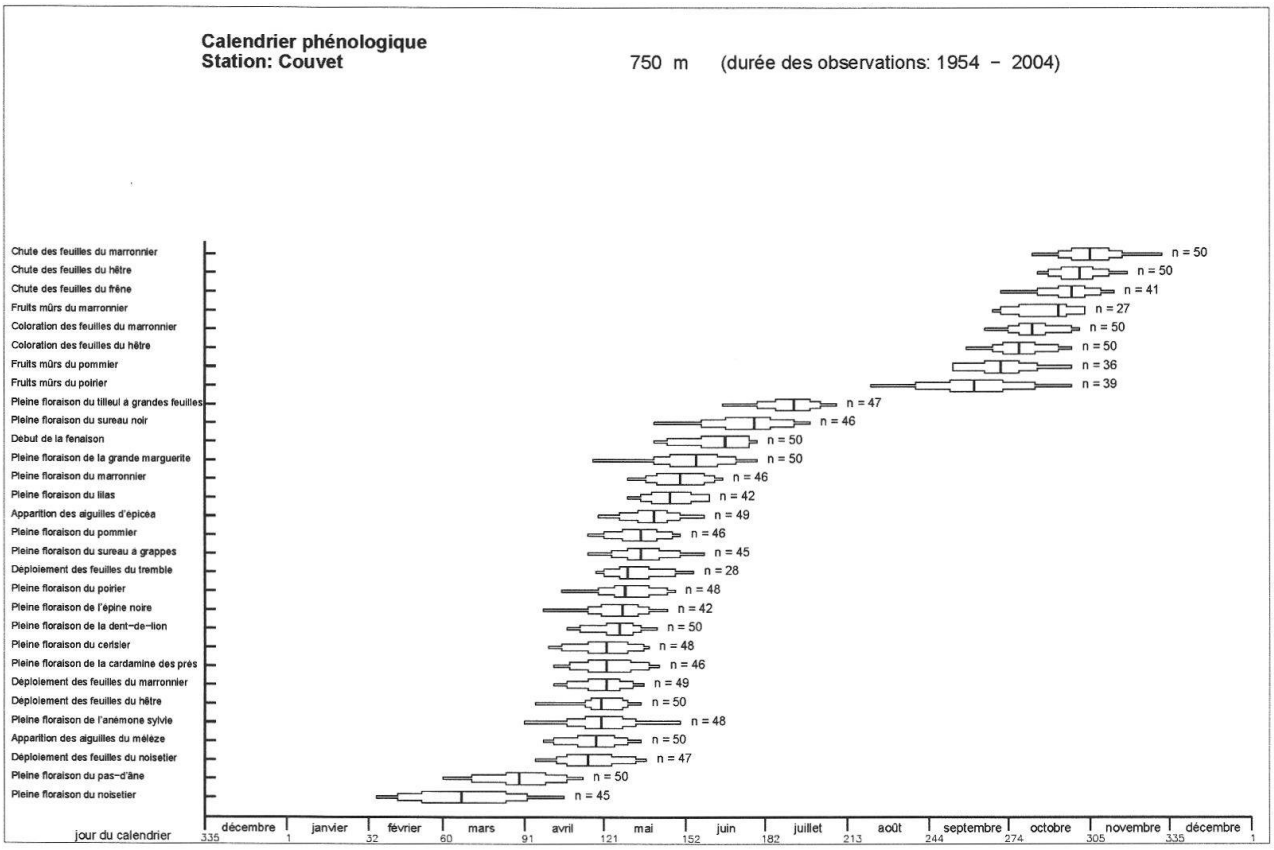

Figure 3: Calendrier phénologique de la station d'observation de Couvet (750 m/mer) pour la période 1954-2004.

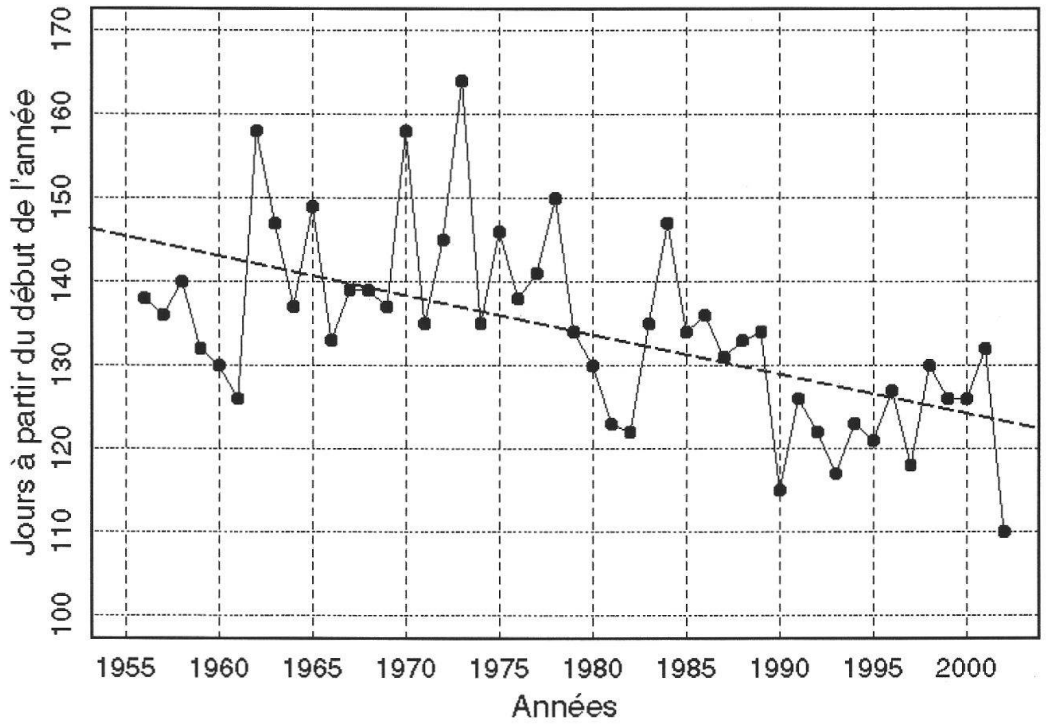

Figure 4: Tendance de la floraison générale du pissenlit au Locle (1020 m/mer) pour la période 1956-2002.

donc marquants, si l'on pense que le début du printemps s'est avancé de 12 jours depuis 1951. Comme l'automne phénologique commence aussi plus tôt, la prolongation de la période de végétation n'est pas aussi grande. Il est intéressant de comparer les résultats de la région jurassienne avec ceux de toute la Suisse (tab. 3). Les différences sont nettes pour la floraison générale et le déploiement des feuilles, là où l'avance est prépondérante pour toute la Suisse. En ce qui concerne la coloration des feuilles, les différences sont négligeables. Pour la chute des feuilles, une précocité peut être établie dans le Jura, alors que l'ensemble de la Suisse présente un léger retard. Pour le printemps et l'été phénologique, la précocité est moins marquée dans le Jura que dans l'ensemble de la Suisse. L'automne phénologique, par contre, est plus avancé dans le Jura qu'en moyenne suisse. La comparaison Jura/Plateau est très semblable (tab. 4). Ce n'est que pour la coloration des feuilles, que l'avance de 18.8 jours sur le Plateau est la plus marquée. La chute des feuilles présente aussi un retard sur le Plateau. Pour les saisons phénologiques, il faut spécialement remarquer que, contrairement à la comparaison Jura/Suisse, la précocité est plus grande en automne sur le Plateau que dans le Jura. Le tableau 5 donne la comparaison entre la région jurassienne et celle du Nord des Alpes. Les résultats sont très semblables aux résultats précédents. Cela n'est pas surprenant, puisque le Plateau et le Nord des Alpes rassemblent la plus grande partie des stations phénologiques. Dans la région du Nord des Alpes, la chute des feuilles présente aussi un léger retard. Pour l'automne phénologique, on remarque une forte avance du Jura par rapport au Nord des Alpes. Dans toutes ces comparaisons, l'événement le plus marquant est la précocité de la chute des feuilles dans le Jura. Parmi toutes les régions étudiées à ce jour, une avance de la chute des feuilles n'a été trouvée que là. Ce résultat ne doit cependant pas être surestimé, car d'une part, la chute des feuilles est une phénophase difficile à observer, et d'autre part, elle est influencée par des événements de courte durée comme les tempêtes, le gel ou les chutes de neige. Cette avance de la chute des feuilles dans le Jura est avant tout visible chez le hêtre, alors que la chute des feuilles du marronnier présente un léger retard.

	Jura	Suisse
Floraison générale	-14.8	-21.4
Déploiement des feuilles	-6.1	-14.6
Coloration des feuilles	-8.4	-8.8
Chute des feuilles	-7.1	3

Tableau 3: Comparaison des tendances significatives entre le Jura et la Suisse, par phénophases, pour la période 1951-2000.

	Jura	Plateau
Floraison générale	-14.8	-19.2
Déploiement des feuilles	-6.1	-15.9
Coloration des feuilles	-8.4	-18.8
Chute des feuilles	-7.1	4.4

Tableau 4: Comparaison des tendances significatives entre le Jura et le Plateau par phénophases, pour la période 1951-2000.

	Jura	Nord des Alpes
Floraison générale	-14.8	-19.2
Déploiement des feuilles	-6.1	-17.7
Coloration des feuilles	-8.4	-12.4
Chute des feuilles	-7.1	1.9

Tableau 5: Comparaison des tendances significatives entre le Jura et le Nord des Alpes, par phénophases, pour la période 1951-2000.

CONCLUSIONS

Quoique la proportion des tendances significatives dans le Jura soit plus faible que dans l'ensemble de la Suisse, il y a des signes certains de changement dans le développement de la végétation depuis 1951. De nombreuses tendances statistiquement significatives sont apparues dans l'observation de la chute des feuilles. La précocité la plus forte est à trouver dans la floraison générale, avec une avance d'environ deux semaines. Cela peut augmenter considérablement le risque de dégâts occasionnés par le gel au printemps (gel tardif). En comparaison avec l'ensemble de la Suisse et d'autres régions, la précocité du déploiement des feuilles est relativement faible. Dans le Jura, beaucoup de stations d'observation se trouvent dans des régions élevées, là où la période de végétation est courte, aussi un gain d'environ six jours est considérable. Puisque la coloration des feuilles intervient aussi plus tôt, la période de végétation n'est guère prolongée. La précocité de la chute des feuilles est surprenante. En général on peut observer en Suisse un retard dans la chute des feuilles. Les raisons de cette différence n'ont pas pu être trouvées.

La forte avance du printemps phénologique n'influence pas seulement le développement des plantes, mais aussi celui des parasites et des maladies des plantes. Dans les cultures, il faut aussi compter sur un accroissement des mauvaises herbes. Le déplacement de la période de végétation vers le début de l'année n'a ainsi pas que des effets positifs. L'avenir nous dira si les tendances des dates d'occurrences phénologiques se renforceront dans les prochaines années, comme les prévisions concernant le réchauffement du climat le laissent penser.

BIBLIOGRAPHIE

BADER, S. & BANTLE, H. 2004. Das Schweizer Klima im Trend. Temperatur- und Niederschlagsentwicklung 1864-2001. *Veröffentlichung der MeteoSchweiz* Nr. 68, 45 pp.

CHMIELEWSKI, F-M. & RÖTZER, T. 2002. Annual and spatial variability of the beginning of the growing season in Europe in relation to air temperature changes. *Clim Res* 19 : 257-264.

DEFILA, C. 1991. Pflanzenphänologie der Schweiz. *Diss. Uni Zürich : 235 S. in Veröffentlichungen d. Schweiz. Meteorologischen Anstalt*, Nr. 50.

DEFILA, C. 2002. Pflanzenphänologie des Engadins : Trends bei pflanzenphänologischen Zeitreihen. *Jber. Natf. Ges, Graubünden* 111 : 39-47.

DEFILA, C. 2003. Pflanzenphänologische Beobachtungen in Graubünden: Trends bei pflanzenphänologischen Zeitreihen. *Schweiz. Z. Forstwes.* 154(8) : 333-339.

DEFILA, C. 2004. Der Sommer und Herbst 2003 aus phänologischer Sicht. *Schweiz. Z. Forstwes.* 155 (5): 142-145.

DEFILA, C. & CLOT, B. 2003. Long-term urban-rural comparisons. - *In :* Schwarz, M., (Ed.) : Phenology: an integrative environmental science. 541 – 554. *Kluwer Academic Publishers.*

DEFILA, C. & CLOT, B. 2001. Phytophenological trends in Switzerland. *Int J Biometeorol* 45 : 203-207.

DEFILA, C. & CONEDERA, M. 2000. Il contributo della fenologia alla discussione sul clima : potenzialità e limiti presentati all'esempio del Sud delle Alpi della Svizzera. *Bolletino della Società ticinese di Scienze naturali*, 88 (1-2) : 29-39.

MENZEL, A. 2003. Plantphenological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NOA. *Climatic Change* 57 : 243-263

MENZEL, A.; JAKOBI, G.; AHAS, R.; SCHEIFINGER, H. & ESTRELLA, N. 2003. Variation of the climatological growing season (1951-2000) in Germany compared with other countries. *In. J. Climatol.* 23 : 793-812.

SCHEIFINGER, H.; MENZEL, A.; KOCH, E.; PETER, C. & AHAS, R. 2002. Atmospheric mechanisms governing the spatial and temporal variability of phenological phases in Central Europe. – *Int. J. Climatol.* 22 : 1739-1755.

STUDER, S.; APPENZELLER, C. & DEFILA, C. 2005 (*in press*). Inter-annual variability and decadal trends in Alpine spring phenology; A multivariate analysis approach. – *Climatic Change*.