



Schweizerische Meteorologische Anstalt
Institut suisse de météorologie
Istituto svizzero di meteorologia
Swiss Meteorological Institute

No. 187

EVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR ET DE LA PHÉNOLOGIE
D'ESPÈCES VÉGÉTALES ENTRE 1952 ET 1992 DANS LA RÉGION
GENEVOISE ET SUR LE PLATEAU SUISSE

François Calame
Station fédérale de recherches agronomiques de Changins
1260 Nyon

Mars 1996

Arbeitsberichte der SMA
Rapports de travail de l'ISM
Rapporti di lavoro dell'ISM
Working Reports of the SMI

© SMA, Publikationen, CH-8044 Zürich

Schweizerische Meteorologische Anstalt
Krähbühlstrasse 58, Postfach
CH-8044 Zürich

Tel. (01) 256 91 11, Fax (01) 256 92 78, Telex 81 73 73 met ch

Evolution de la température de l'air et de la phénologie¹⁾ d'espèces végétales entre 1952 et 1992 dans la région genevoise et sur le Plateau Suisse.

François Calame.

Station fédérale de recherches agronomiques de Changins
CH 1260 Nyon

Résumé

D'une façon globale, le climat s'est réchauffé au cours de ces quarante dernières années. Mais une analyse détaillée montre que, pour la région de Changins et, dans une certaine mesure, pour le nord des Alpes de la Suisse et les régions limitrophes, ce réchauffement a été fort en été, moyen en automne et en hiver, et insignifiant, voire négatif au printemps, tout particulièrement en juin. Durant ces 41 années, de nombreuses observations phénologiques ont été faites sur l'ensemble du pays et se poursuivent encore pour de nombreuses espèces végétales. L'augmentation de la fréquence d'apparition d'hivers doux se traduit sensiblement par une plus grande précocité aux premiers départs de la végétation (en février-début mars), mais avec une très grande variabilité. La tendance vers une plus grande fréquence de printemps frais, de mi-mai à fin juin, est accompagnée d'un retard de la végétation, avec une variabilité nettement plus faible.

Mots-clefs: climat, phénologie, Genève, Plateau Suisse.

Zusammenfassung

Global gesehen hat sich das Klima im Verlaufe der letzten vierzig Jahren erwärmt. Eine detaillierte Studie zeigt aber, dass diese Erwärmung in der Region von Changins und bis zu einem gewissen Grade in den schweizerischen Nordalpen und angrenzenden Gebieten, besonders im Sommer ausgeprägt war, während sie im Herbst und Winter mittelmässig bis unbedeutend, im späten Frühling sogar negativ war, vor allem im Monat Juni. In den vergangenen 41 Jahren wurden zahlreiche phänologische Beobachtungen an etlichen Pflanzen in der ganzen Schweiz gemacht. Diese Beobachtungen laufen weiter. Das vermehrte Auftreten von milden Wintern (Februar - anfangs März) drückt sich deutlich durch einen früheren, aber mit sehr grossen Schwankungen verbundenen Vegetationsbeginn aus. Die Tendenz von häufigen kühlen Perioden von Mitte Mai bis Ende Juni bewirkt eine Verzögerung der Ausbildung der phänologischen Stadien, jedoch mit deutlich geringeren Schwankungen.

Schlagwörter: Klima, Phänologie, Genf, Schweizer Mittelland.

1) **phénologie**: Etude des variations, en fonction du climat, des phénomènes périodiques de la vie végétale et animale; voir aussi bioclimatologie.
(dictionnaire Robert)

Riassunto

Globalmente, il clima si è riscaldato nel corso di questi ultimi quarant'anni. Ciò nonostante, un'analisi dettagliata dimostra che, per la regione di Changins, e, in una certa misura, per il nord delle Alpi Svizzere e regioni limitrofe, questo riscaldamento è stato forte in estate, medio in autunno e in inverno, e insignificante, persino negativo in primavera, specialmente in giugno.

Durante questi ultimi 41 anni, numerose osservazioni fenologiche sono state fatte sull'insieme del paese e si stanno ancora proseguendo per numerose specie vegetali. L'aumentata frequenza degli inverni miti si traduce sensibilmente con una più grande precocità degli inizi della vegetazione (febbraio - inizio marzo), ma con una grande variabilità. La tendenza verso una più grande frequenza di primavere fresche, da metà maggio fino a metà giugno, è accompagnato da un ritardo della vegetazione, con una variabilità nettamente più debole.

Parole-chiave : clima, fenologia, Ginevra, altipiano svizzero

Summary

On a global scale we record a warming up of the climate during the last forty years. However, a detailed analysis reveals that this warming up has been stronger in summer, slightly less in autumn and winter, and nearly absent, if not negative in spring, especially in June. The elevation of the temperature, which has been demonstrated for the Changins area, concerned also all the border countries of Switzerland situated in the north side of the Alps. The results are strengthened by several long-lasting phenological observation on plants. The increase number of mild winters is revealed by an earlier start of the vegetation period (February until mid-March) and a higher variability. The higher frequency trend of fresh weather in mid-May to June is accompanied by a delay of plant growth, the variability of this last observation is clearly low.

Keywords: climate, phenology, Geneva, Swiss plateau.

Table des matières

Résumé	1
Table des matières	3
1. Introduction	4
2. Données de base	5
2.1 Données climatologiques de référence et choix des stations d'observations phénologiques	5
2.2 Zone géographique concernée par cette étude	5
2.3 Méthodes statistiques utilisées	6
3. Résultats	6
3.1 Evolution de la températures de l'air à Changins de 1954 à 1992	6
3.2 Synthèse des relevés phénologiques et tendances observées de 1952 à 1992	9
3.3 Exemples détaillés de Versoix	10
3.4 Traitement de l'ensemble des relevés de Cartigny, Versoix, Rafz et Liestal	12
4. Conclusions	15
5. Remerciements	16
6. Bibliographie	16

ANNEXE I

Tableau synoptique des valeurs statistiques de l'ensemble des observations phénologiques	17
---	----

1. Introduction

Dans la région lémanique, la température moyenne des mois de juillet à septembre 1983-1992 fut de 18.8 degrés centigrades alors que la température correspondante de 1973 à 1982 fut de 17.0 degrés (la normale de 1931-1960 étant de 17,4 degrés). Cet écart de 1.8 degré entre deux périodes de dix ans est très grand, il correspond sous nos climats à une différence de 300 m d'altitude! Une telle série de mois chauds succédant à une série de mois plutôt frais tient du domaine de l'exception et ne peut pas être considérée comme une preuve de modifications climatiques. Il faut noter qu'au cours de l'histoire, l'agriculture européenne s'est toujours adaptée sans trop de problèmes à des périodes chaudes et sèches et que par contre elle a connu de sérieuses difficultés lors d'épisodes frais et humides. Il se pourrait que certaines options prises par la pratique agricole durant ces années particulièrement chaudes réservent de mauvaises surprises si quelques années fraîches ou tout simplement plus normales se manifestaient. Nous pensons notamment à certaines variétés de soja et de maïs, à certains encépagements, ainsi qu'aux maladies cryptogamiques, etc...

A partir des années 80, la question des possibles modifications climatiques dues aux gaz à effet de serre tient le haut du pavé dans les sphères nationales et internationales. Force est de constater que, depuis la sécheresse de 1976, nous avons connu, semble-t-il, bien des conditions inhabituelles (sécheresses, précipitations automnales exceptionnelles, étés très chauds, automnes et hiver doux, printemps plutôt frais, etc). Mais, en ne tenant compte que de ces 100 dernières années, presque tous les cas "exceptionnels" enregistrés durant ces 20 dernières années se sont présentés au moins 2 à 3 fois. Quelle est donc l'unité de temps pour définir un climat: 30, 100, 500, 1000 ans ? C'est la grande question que posent notamment LANDSBERG (1975) et MAUNDER (1993).

Depuis 1900 et jusqu'en 1940, le réchauffement climatique fut plus important que celui observé durant ces 20 dernières années (OMM, 1992). Aussi, tant que les événements se situent dans une zone de variabilité connue du climat, il est très difficile de mettre en évidence des tendances confirmées. Et pour l'instant, ce ne sont que des modèles géophysiques qui peuvent nous permettre de décrire l'avenir. Sont-ils suffisamment fiables, connaissons-nous suffisamment les éléments fondamentaux du climat? Bien des éléments importants restent à étudier.

Depuis 1951, l'Institut suisse de météorologie (ISM) gère un réseau d'observations phénologiques sur l'ensemble du territoire helvétique. Sur plus de 100 sites, les dates d'apparition de quelques phénomènes naturels (premières feuilles, pleines floraisons, départ des hirondelles etc...) sont notées selon des règles bien définies (Primault 1971). Ainsi 37 espèces végétales et 3 espèces d'oiseaux sont observés tout au long de l'année. Il nous a semblé intéressant de voir si les relevés sur la végétation exprimaient aussi la même variabilité et les mêmes tendances que celles que nous avons mis en évidence sur le déroulement du climat durant ces 40 dernières années.

2. Données de base

2.1. Données climatologiques de référence et choix des stations d'observations phénologiques

Lors de la mise en valeur de la série de données climatologiques de Changins (VD) (430m) de 1954 à 1993, nous avons aussi observé la tendance générale à un certain réchauffement climatique. En étudiant les tendances mensuelles, nous avons constaté un réchauffement des mois d'été, d'automne et d'hiver, un rafraîchissement des mois d'avril et juin et une certaine stabilité du mois de mai. En comparant les données de Changins avec celles de Genève, Pully et Payerne, nous avons conclu que Changins est une très bonne station pour l'étude des variations interannuelles du climat, car elle se trouve en zone agricole, donc pas influencée par les effets de l'urbanisation.

En 1992, DEFILA publiait une synthèse des observations phénologiques pour l'ensemble de la Suisse. Ceci nous a permis de sélectionner la station de Versoix (GE, 435 m) dont les observations ont été notées méticuleusement de 1952 à 1993 par Marcel Jacot, forestier du secteur. Une tournée avec cet observateur consciencieux nous a donné la possibilité de cartographier les sites des différentes espèces végétales suivies. Afin de consolider nos observations, nous avons pris en considération celles des stations du plateau suisse d'altitude semblable soit: Cartigny (GE, 435m), Rafz (ZH, 510m), et Liestal (BL, 350m). Notons encore que le site des bois de Versoix et celui de la campagne de Changins, distants de 15 kilomètres, font partie de la même unité géographique et présentent un paysage identique, ce qui permet sans réserve d'y associer les données climatologiques de Changins. (Les données de la station météorologique de l'aéroport de Genève Cointrin, bien que plus proche de Versoix, n'ont pas pu être prises en considération, car cette dernière subit, depuis une dizaine d'années, l'influence d'une urbanisation grandissante).

2.2. Zone géographique concernée par cette étude.

Du point de vue climatologique, cette étude concerne l'ensemble d'une zone soumise aux mêmes influences météorologiques. Il s'agit de tout le territoire helvétique situé au nord des Alpes y compris, mais de façon dégressive, les régions voisines allant de Lyon à Munich en passant par la Bourgogne et la Franche-Comté. Seules les régions à foehn se distinguent certaines années par une précocité hors du commun.

2.3. Méthodes statistiques utilisées.

Etant donné la forte variabilité interannuelle des phénomènes observés, les 41 années de 1952 à 1992 ne suffisent pas pour déterminer des tendances avec suffisamment de certitude. Par conséquent nous nous sommes limités à des statistiques descriptives simples, avec toutes les réserves que cela comporte. Par exemple, la pente de la régression d'une série temporelle peut être fortement influencée si le hasard a voulu que des valeurs faibles (ou fortes) se trouvent au début et des valeurs fortes (ou faibles) se trouvent à la fin de la série (effet de levier)! Dans cette étude, la fiabilité des résultats obtenus est basée principalement sur le nombre important d'espèces observées ainsi que

sur la prise en considération de plusieurs lieux d'observation d'altitude voisine. A cet égard, la station de Versoix est de très bonne qualité, car c'est la même personne, Monsieur Marcel Jacot, forestier, qui durant ces 41 années a effectué les relevés en se référant, pour la plupart des espèces, à des populations et non à des individus isolés

3. Résultats

3.1. Evolution de la température de l'air à Changins de 1954 à 1992.

A la figure 1 sont reportées toutes les valeurs annuelles de la température de l'air, la droite de régression par rapport aux années, ainsi que les limites de confiance (indiquées en traitillé). Bien que cette dernière soit significative, il apparaît nettement que la pente est essentiellement influencée par les séries de quelques années, 1988 à 1992 d'une part et 1968 à 1980 auxquelles s'ajoutent 1954 à 1956 d'autre part. Il suffirait d'une succession prochaine de quelques années comme celles de 1984 à 1987 pour que la tendance soit modifiée.

Le mois de juin (figure 2) et le mois d'avril sont les seuls qui présentent une légère tendance au rafraîchissement.

Quant au mois d'août (figure 3), c'est celui qui présente le plus fort réchauffement. La série des années chaudes de 1980 à 1992 joue un rôle primordial dans la détermination de cette tendance.

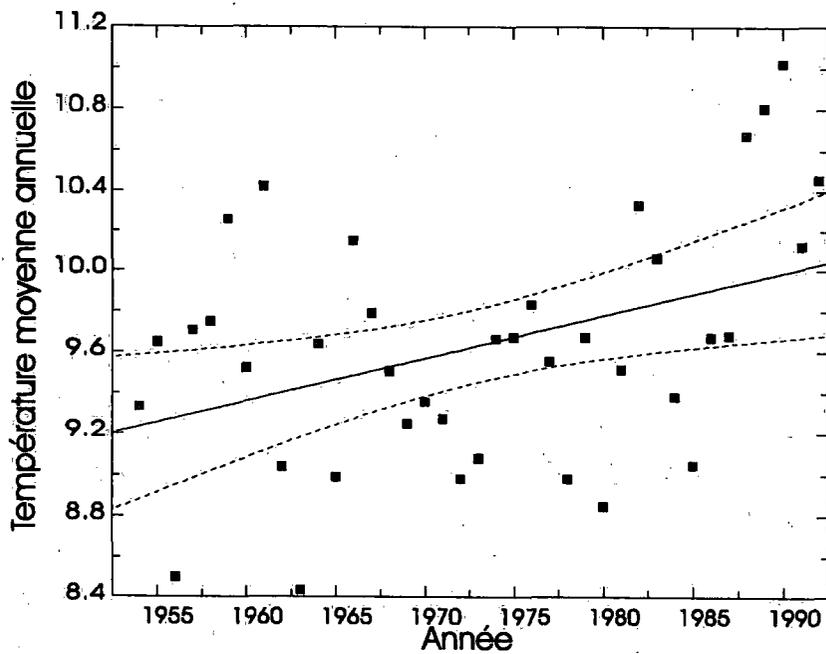


Figure 1. Evolution de la température moyenne annuelle à Changins
Trend of annual means of temperature at Changins

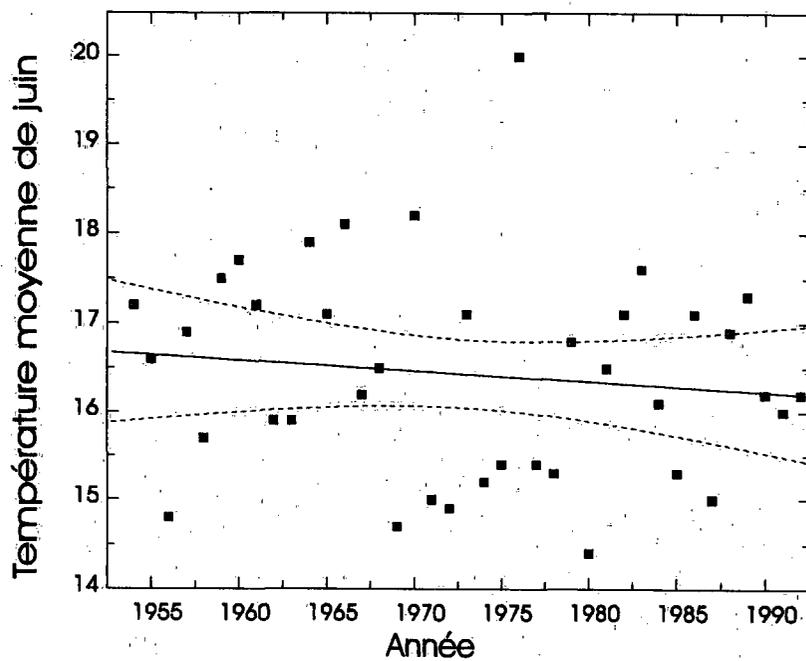


Figure 2. Evolution de la température moyenne du mois de juin à Changins
Trend of means of temperature for June at Changins

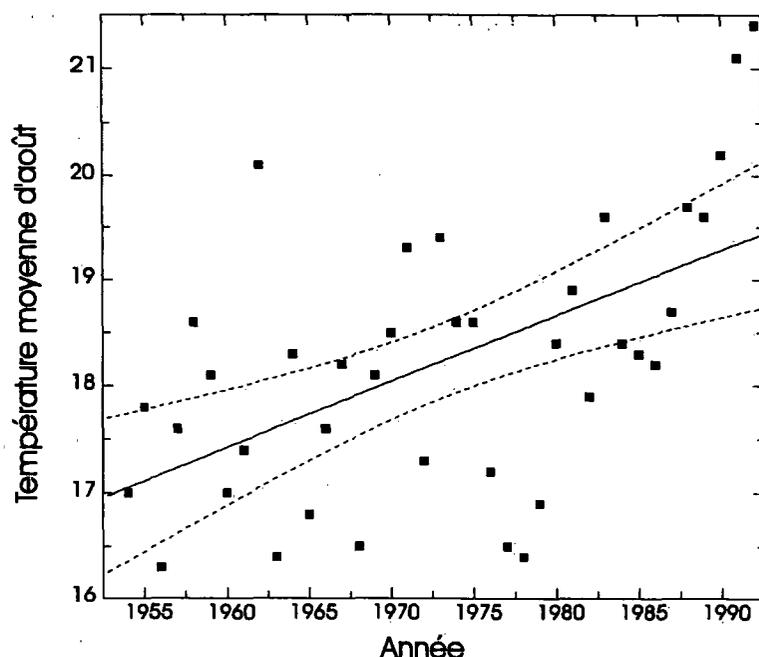


Figure 3. Evolution de la température moyenne du mois d'août à Changins
Trend of means of temperature for august at Changins

Au tableau 1 sont reportées toutes les valeurs de ces statistiques mensuelles de la température de l'air. La forte variabilité (écart type) des valeurs mensuelles hivernales trouve son maximum en février. La comparaison entre moyenne et médiane montre que le poids des mois exceptionnellement froids affecte la moyenne de février et que les mois exceptionnellement chauds agissent sur la moyenne de mars, idem pour mai.

Tableau 1 Valeurs statistiques des températures mensuelles et annuelles de l'air à Changins de 1954 à 1992.

Statistique de la température de l'air à Changins de 1954 à 1992

Mois	Moyenne	Médiane	Ecart type	Tendance degrés C / 10 ans	Signification de la pente et de la droite de régression
Janvier	0.30	1.00	1.90	0.22	non
Février	2.00	2.40	2.50	0.24	non
Mars	5.30	5.10	1.80	0.23	non
Avril	8.80	8.80	1.30	-0.08	non
Mai	13.10	12.60	1.40	0.03	non
Juin	16.40	16.50	1.20	-0.12	non
Juillet	18.90	19.10	1.40	0.47	oui
Août	18.20	18.20	1.30	0.62	oui
Septembre	15.10	15.30	1.40	0.17	non
Octobre	10.00	10.10	1.40	0.38	non
Novembre	5.10	5.00	1.10	0.15	non
Décembre	2.00	2.00	1.50	0.23	non
Année	9.60	9.70	0.60	0.21	oui

**Tendances des évolutions des températures moyennes mensuelles
de 1954 à 1992**

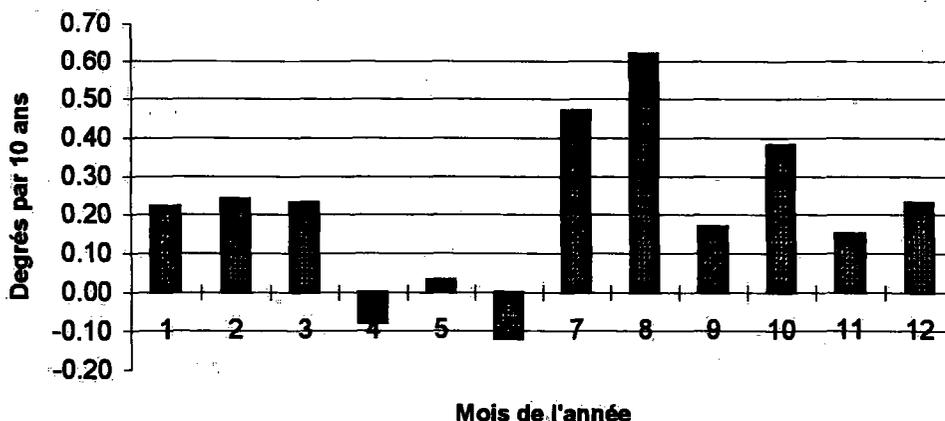


Figure 4. Tendances de l'évolution des températures mensuelles à Changins de 1954 à 1992 déterminées par régressions linéaires (ref. Tableau 1)
Trends of the monthly means at Changins in degrees for 10 years, calculated by linear regression (ref. Tableau 1)

La figure 4 montre l'évolution des tendances mensuelles du réchauffement ou du refroidissement entre 1954 et 1992. Il est très intéressant de constater la coupure très nette entre les tendances du printemps et celles de l'été. Les valeurs sont exprimées en degré C par dix ans.

3.2. Synthèse des relevés phénologiques et tendances observées de 1952 à 1992

L'ensemble des observations se trouvent résumées dans l'Annexe I et classée selon le jour moyen de manifestation du stade à observer. Le calendrier est décimal: 1 correspond au 1er janvier, 32 au 1er février, 60 au 1er mars, 91 au 1er avril, 121 au 1er mai, 152 au 1er juin, 182 au 1er juillet, 213 au 1er août, 244 au 1er septembre, 274 au 1er octobre.

Nous constatons que la variabilité est importante (écart type de 11 à 21 jours) du début de l'année jusqu'à fin mars. Cela est dû à plusieurs raisons:

- durant cette période hivernale, des incursions de temps printanier plus ou moins durable peuvent provoquer un départ précoce de la végétation suivi parfois d'un retour du froid arrêtant temporairement toute progression phénologique.
- le type de végétation observé à cette période se situe près du sol, et il est donc très sensible aux particularités microclimatiques (abri du vent, exposition favorable surtout par temps ensoleillé).

A partir d'avril, la variabilité oscille avec des écarts types de 7 à 14 jours, la majorité se situant entre 8 et 12 jours.

En ce qui concerne les tendances au cours des 40 années, données par la pente de la droite de régression en jour/ dix années, nous constatons une certaine accentuation de la précocité de février à mi-avril avec çà et là des cas particuliers qui viennent mettre en cause toute théorie que nous aurions pu construire si nous ne nous étions référés qu'à un seul lieu et à une seule espèce, nous pensons tout particulièrement à l'exemple classique de la sortie de la première feuille du marronnier à Genève.

La floraison du noisetier par exemple qui tend à devenir plus précoce à Cartigny (-2,95 jours par 10 ans), à Versoix (-3,10 jours) et à Rafz (-1,79 jours), devient plus tardive à Liestal (+5,09 jours par dix ans). Ce dernier cas mériterait une analyse approfondie: le site d'observation du noisetier a-t-il changé, combien d'observateurs se sont-ils succédés? Au vu de ce qui précède, accordons beaucoup de poids au site de Versoix dont on sait que toutes les observations ont été faites durant plus de 41 ans aux mêmes endroits par le même observateur.

3.3. Exemples détaillés de Versoix

Avant d'aborder l'ensemble, nous détaillerons quelques cas particuliers de Versoix qui illustrent les tendances générales.

A la figure 5 sont représentées toutes les dates de floraison du noisetier observées à Versoix. La très grande étendue de la dispersion va du 15 janvier en 1989 au 24 mars 1955, soit 68 jours. Par conséquent la droite de régression montrant une tendance à la précocité n'est qu'indicative.

Cette manifestation est semblable pour l'ensemble des autres végétaux observés durant la période allant de la fin de l'hiver au début du printemps, mais avec une tendance à la précocité moins marquée.

De mi-mars à fin avril il n'y a pas de tendance confirmée, il y a autant de tendances à la précocité que de tendances à être tardif.

Les figures 6 et 7 mettent en évidence une évolution bien définie vers une floraison plus tardive du marronnier et du tilleul à large feuille. Cette tendance se retrouve de façon plus ou moins marquée dans chacun des 4 sites d'observation. D'ailleurs, de fin avril à début juillet, la tendance générale est celle d'une augmentation du retard de la végétation. Defila (1991) parle d'une influence possible de la pollution et d'un vieillissement de l'arbre, or, dans le cas de Versoix, il s'agit d'une population d'arbres, tant pour les marronniers que pour les tilleuls, ce qui réduit les incertitudes.

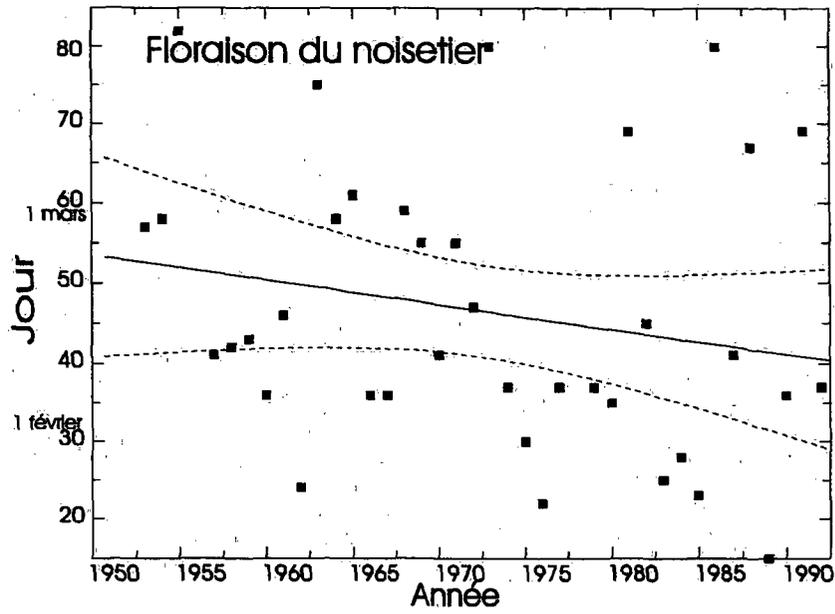


Figure 5. Evolution de la date de floraison du noisetier à Versoix de 1953 à 1992 (traitillé = limites de confiance de la régression).
Flowering dates of hazel at Versoix since 1953 to 1992

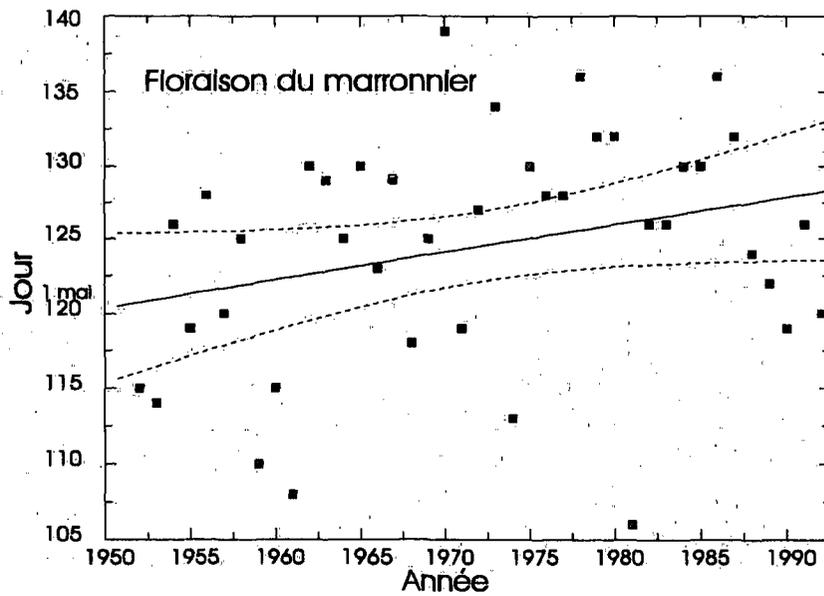


Figure 6. Evolution de la date de floraison du marronnier à Versoix de 1953 à 1992.
Flowering dates of chesnut tree at Versoix since 1953 to 1992

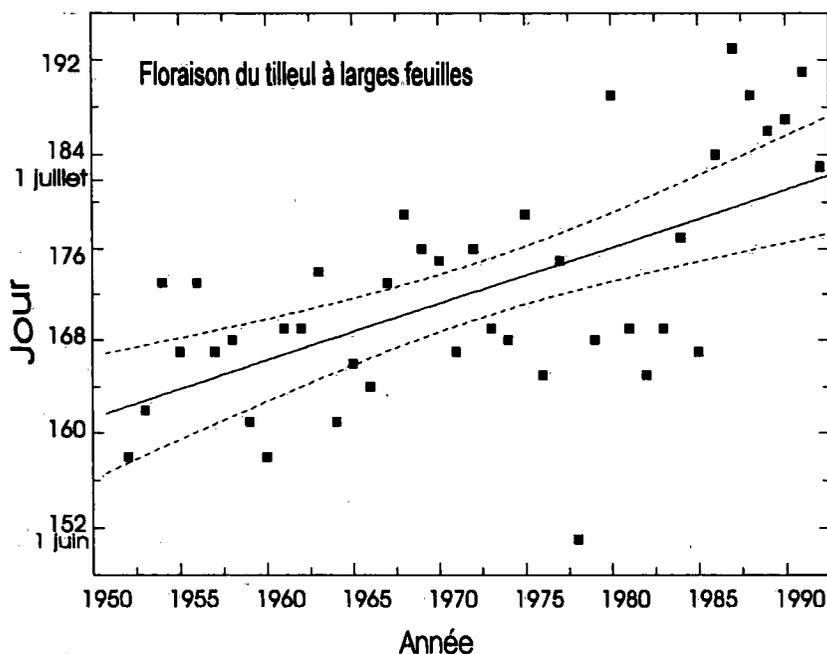


Figure 7. Evolution de la date de floraison du tilleul à larges feuilles à Versoix de 1953 à 1992.

Flowering dates of large leaves lime at Versoix since 1953 to 1992

3.4. Traitement de l'ensemble des relevés de Cartigny, Versoix, Rafz et Liestal.

D'une façon générale, le départ de la végétation dépend principalement de la température de l'air et de l'insolation, les deux étant liés assez souvent. Il en est de même de la vitesse de développement tant qu'il y a assez d'eau pour assurer la croissance, ce qui est presque toujours le cas de février à juin. Par conséquent, sous nos climats, nous pouvons admettre que la période de croissance rapide des végétaux dépend principalement de la température de l'air et du sol. Il en va autrement de la période de grossissement des fruits et de la sénescence du bois et du feuillage qui peuvent être fortement influencés par l'intensité d'une sécheresse ou par un excès de pluviosité. Par conséquent, nous limiterons notre période d'analyse de la fin de l'hiver au début de l'été. C'est d'ailleurs durant cette période que sont relevés la plus grande partie des stades phénologiques figurant dans le protocole de l'ISM (première feuille, pleine floraison). Afin d'analyser globalement les tendances, nous avons reporté graphiquement (figures 8, 9, 10, 11, 12) le jour moyen d'apparition d'un stade phénologique et la valeur de la pente de régression de la tendance 1952-1992. Les tendances sont données en jours d'avance (-) et en jours de retard (+) par dix ans. L'analyse de l'ensemble des données (Annexe I) nous a montré que la phénologie de la végétation au sol était la plus variable. C'est logique du fait que cette dernière est la plus sensible aux particularités microclimatiques du site (exposition, abri du vent). Il se peut aussi que l'environnement de ce type de végétation se modifie (ombre portée par la croissance d'une haie, modification du profil d'une route etc...) et, qu'en plus, les observateurs se succédant, les lieux d'observations changent! Ce ne fut pas le cas de Versoix durant ces 41 ans.

Ces influences peuvent être encore valables pour la végétation arbustive, mais à un moindre degré. Quant aux arbres, surtout s'ils sont représentés en grand nombre sur le site, ils offrent la meilleure sécurité d'observation. De plus, ces derniers sont moins sensibles aux particularités microclimatiques induites par des spécificités du microrelief (cuvette d'air froid, abri d'un mur, d'une haie, ombre portée, exposition particulière).

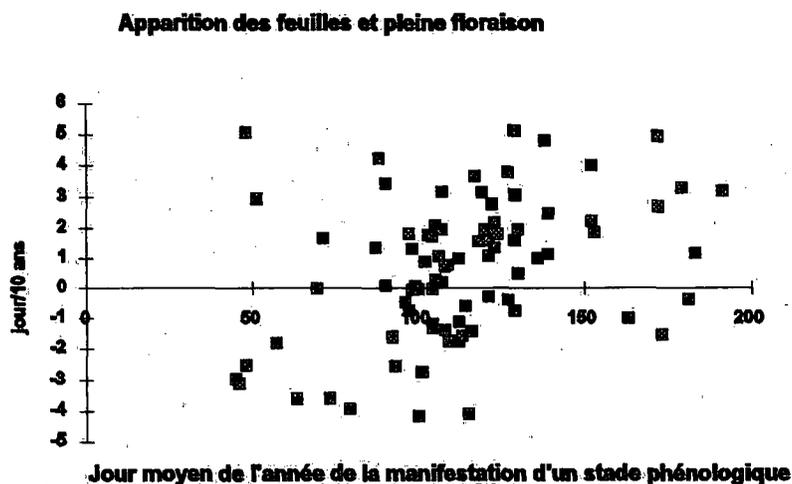


Figure 8. Valeurs moyennes des dates et tendances de toutes les observations phénologiques de Versoix, Cartigny, Rafz et Liestal. Limitées aux stades dépliement du feuillage et floraison (cf Annexe I)
Mean values of all phenological dates (leaf appearing and flowering) and trends observed for each species in days for 10 years

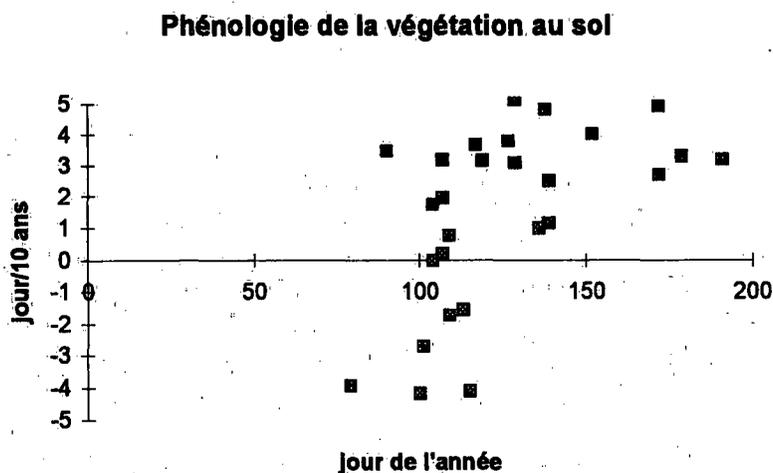


Figure 9. Mêmes observations que fig. 8 limitées la végétation au sol seulement.
Same observations than fig. 8, but only for the vegetation near the ground

Phénologie des arbustes

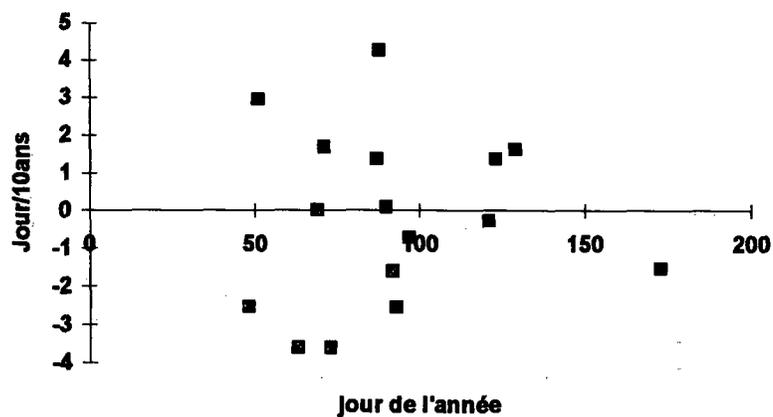


Figure 10. Mêmes observations que fig. 8, limitées à la végétation arbustive.
Same observations than fig. 8, but only for the small tree vegetation

Phénologie des arbres

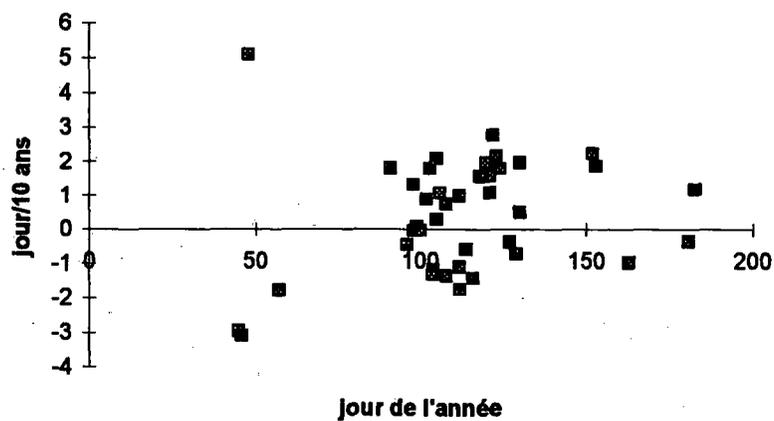


Figure 11. Mêmes observations que fig. 8, limitées aux arbres.
Same observations than fig. 8, but only for the high trees

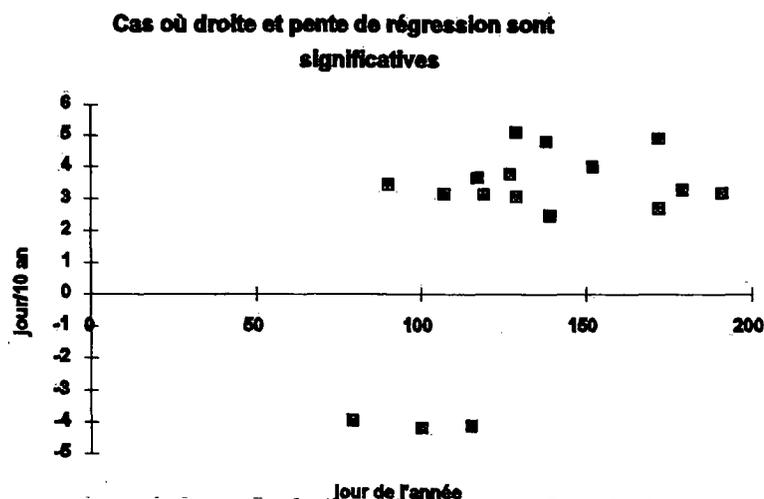


Figure 12. Mêmes observations que fig. 8, mais seulement pour les cas où les pentes et les droites de régression sont significatives (voir Annexe I).
Same observations than fig. 8, but only for the cases where trends and regressions were significant (see Annexe I)

L'ensemble de figures 8 à 12 montre le peu de certitude en ce qui concerne la mise en évidence de l'augmentation de la précocité en fin d'hiver-début printemps (du 40 au 90^{ème} jour). Quelles que soient les catégories observées, à partir du 121^{ème} jour (1er mai), l'évolution vers un retard de la phénologie est très net. A partir de cette date, toutes les tendances dont les régressions sont significative mettent en évidence un retard de la végétation. Il s'agit de la floraison du sureau rouge, du lilas, de la grande marguerite, du sureau noir, des tilleuls à grandes et à petites feuilles et du déploiement des aiguilles du sapin rouge.

En été, à partir de début juillet, puis en automne, les stades à observer (maturité des fruits, de coloration et de chutes de feuilles) sont difficiles à déterminer. De plus, la manifestation de ces stades peut dépendre principalement des conditions hydriques des sols. C'est la raison pour laquelle notre étude ne s'est portée que sur les stades printaniers allant du déploiement des feuilles à la pleine floraison.

4. Conclusions

Ces quelque quarante années d'observation posent des questions intéressantes relatives au grand débat sur les modifications climatiques engendrées par les gaz à effet de serre. Certes, nous observons un réchauffement général du climat (valeurs annuelles), mais avec des printemps ayant tendance à se rafraîchir. Nos observations ont montré que la

végétation est sensible à l'évolution du climat, mais qu'il faut tenir compte des manifestations particulières du phénomène général. Par conséquent, dans les études d'impact climat-végétation, il faut envisager tous les cas d'école et ne pas se limiter uniquement au couple réchauffement général et augmentation de la teneur en CO₂. En observant les éléments qui composent les régressions calculées de 1952 à 1992, il suffirait que les douze prochaines années soient composées de six années normales combinées avec six années très fraîches avec des printemps chauds pour neutraliser toutes les tendances observées.

Etant donné le grand degré d'incertitude au sujet de notre avenir climatique il faut absolument conserver nos réseaux d'observations climatologiques, et continuer très sérieusement à enregistrer les manifestations périodiques de la nature. Des bases de données fiables et portant sur une longue période sont les garantes de toute divagation dramatique. Dans les études des relations entre le climat et la biocénose, il faut, nous l'avons vu, entrer plus dans les détails et tenir compte de l'évolution des facteurs saisonniers qui ne vont pas nécessairement dans le même sens que la tendance générale.

5. Remerciements

Ma reconnaissance va à Claudio Defila du service d'agrométéorologie de l'ISM qui m'a très volontiers transmis les fichiers d'observations phénologiques. Il en est de même avec Marcel Jacot, garde forestier de l'Etat de Genève qui a effectué toutes les observations relatives à Versoix et qui m'a permis de cartographier les habitats de la végétation observée, ce qui, je le souhaite, devrait permettre de poursuivre cette série très homogène de relevés phénologiques.

6. Bibliographie

- Defila, C., 1991. Pflanzenphänologie der Schweiz. Inaugural-Dissertation. Institut suisse de météorologie, case postale, CH8048 Zürich.
- Defila, C., 1992. Calendriers phytophénologiques d'un choix de stations en Suisse. 1951-1990. Institut suisse de météorologie, case postale, CH8048 Zürich.
- Maunder, W.J., 1993. Le réchauffement du globe: changement climatique ou partie intégrante du climat? Bulletin de l'OMM 42 (2). Genève.
- Landsberg, H.E., 1975. Sahel drought: change of climat or part of climate? Arch. Met. Geoph. Biokl. B(23), 193-200.
- OMM, 1992. The global climate system. Climate system monitoring, december 1988-may 1991. World Meteorological Organisation, Genève.
- Primault, B., 1971. Atlas phénologique. ISM, Zürich.

ANNEXE I.

Résumé de toutes les observations phénologiques effectuées à Versoix, Cartigny, Rafz et Liestal
Compilation of the all phenological observations made in Versoix, Cartigny, Rafz and Liestal

Lieu	Espèce	Jour moyen	Pente de	Écart	Stade				Signification	
		du stade	la droite de		1-feuille	2-fleuraison	3-maturité	4-germination	à la pente d	de la droite de
		phénologique	régression	type		Type				
		No jour	jours/10 ans	jours	1-germination	1-arbre	2-herbiste	1-oui	1-oui	0-non
Cartigny	Noisetier	45	-2.95	16	2	2		0		0
Versoix	Noisetier	46	-3.10	18	2	2		0		0
Liestal	Noisetier	48	5.09	19	2	2		0		0
Versoix	Perce neige	48	-2.52	15	2	3		0		0
Liestal	Perce neige	51	2.95	16	2	3		0		0
Rafz	Noisetier	57	-1.79	17	2	2		0		0
Rafz	Perce neige	63	-3.60	21	2	3		0		0
Versoix	Pas d'âne	69	0.00	11	2	3		0		0
Liestal	Pas d'âne	71	1.68	13	2	3		0		0
Versoix	Hépathique	73	-3.60	19	2	3		0		0
Rafz	Pas d'âne	79	-3.93	13	2	3		1		1
Versoix	Anémone sylvie	87	1.37	11	2	3		0		0
Rafz	Hépathique	88	4.26	17	2	3		0		0
Cartigny	Anémone sylvie	90	0.09	15	2	3		0		0
Liestal	Anémone sylvie	90	3.46	13	2	3		1		1
Cartigny	Mélèze	91	1.81	9	1	1		0		0
Cartigny	Renoncule ficaire	92	-1.60	14	2	3		0		0
Rafz	Anémone sylvie	93	-2.54	12	2	3		0		0
Cartigny	Marronnier	96	-0.46	8	1	1		0		0
Liestal	Renoncule ficaire	97	-0.72	11	2	3		0		0
Versoix	Renoncule ficaire	97	1.81	11	2	3		0		0
Cartigny	Noisetier	98	1.31	10	1	2		0		0
Versoix	Marronnier	98	-0.05	8	1	1		0		0
Versoix	Mélèze	99	0.07	10	1	1		0		0
Rafz	Marronnier	100	-4.17	12	1	1		1		1
Versoix	Noisetier	100	-0.04	8	1	2		0		0
Rafz	Renoncule ficaire	101	-2.72	12	2	3		0		0
Versoix	Cerisier	102	0.89	11	2	1		0		0
Cartigny	Epine noire	103	1.79	11	2	2		0		0
Cartigny	Dent de lion	104	-0.01	8	2	3		0		0
Liestal	Epine noire	104	-1.32	13	2	2		0		0
Liestal	Cardamine des prés	104	1.75	10	2	3		0		0
Rafz	Noisetier	104	-1.18	13	1	2		0		0
Liestal	Mélèze	105	2.10	10	1	1		0		0

Lieu	Espèce	Jour moyen	Pente de	Ecart	Stade	Type	Signification	Signification
		du stade	la droite de	type	1=feuille	1=arbre	e la pente d	de la droite de
		phénologique	régression		2=floraison	2=arbuscle	régression	régression
		No jour	jours/10 ans	jours	3=matité	3=végétation	1=oui	1=oui
					4=coloration	au sol	0=non	0=non
					5=chute			
Rafz	Méleze	105	0.29	13	1	1	0	0
Cartigny	Cerisier	106	1.07	10	2	1	0	0
Liestal	Noisetier	107	3.17	11	1	2	1	1
Liestal	Dent de lion	107	1.96	11	2	3	0	0
Versoix	Dent de lion	107	0.20	8	2	3	0	0
Liestal	Marronnier	108	0.74	10	1	1	0	0
Versoix	Epine noire	108	-1.37	13	2	2	0	0
Rafz	Cardamine des prés	109	-1.74	11	2	3	0	0
Versoix	Cardamine des prés	109	0.78	9	2	3	0	0
Rafz	Epine noire	112	-1.75	12	2	2	0	0
Versoix	Hêtre	112	0.99	7	1	1	0	0
Versoix	Poirier	112	-1.10	9	2	1	0	0
Rafz	Dent de lion	113	-1.56	9	2	3	0	0
Rafz	Cerisier	114	-0.59	9	2	1	0	0
Versoix	Peuplier tremble	115	-4.10	11	1	1	1	1
Rafz	Hêtre	116	-1.42	11	1	1	0	0
Liestal	Sureau rouge	117	3.66	13	2	1	1	1
Liestal	Hêtre	118	1.57	8	1	1	0	0
Cartigny	Sapin rouge	119	3.15	8	1	1	1	1
Liestal	Peuplier tremble	120	1.97	10	1	1	0	0
Versoix	Sapin rouge	121	1.08	8	1	1	0	0
Versoix	Pommier	121	1.58	9	2	1	0	0
Versoix	Lilas	121	-0.28	8	2	2	0	0
Rafz	Poirier	122	2.78	11	2	1	0	0
Cartigny	Marronnier	123	2.17	8	2	1	0	0
Cartigny	Lilas	123	1.38	8	2	2	0	0
Versoix	Marronnier	124	1.80	8	2	1	0	0
Liestal	Lilas	127	3.79	11	2	2	1	1
Rafz	Pommier	127	-0.37	8	2	1	0	0
Liestal	Marronnier	129	3.08	10	2	1	1	1
Rafz	Marronnier	129	-0.72	8	2	1	0	0
Rafz	Sureau rouge	129	5.12	14	2	1	1	1
Rafz	Marronnier	129	-0.72	8	2	1	0	0
Rafz	Sureau rouge	129	5.12	14	2	1	1	1

Lieu	Espèce	Jour moyen du stade phénologique	Pente de la droite de régression	Ecart type	Stade 1=feuille 2=floraison 3=maturité 4=coloration 5=chute	Type 1=arbre 2=arbuscle 3=végétation au sol	Signification	Signification
							de la pente de régression	de la droite de régression
		No jour	jours/10 ans	jours			1=oui 0=non	1=oui 0=non
Rafz	Lilas	129	1.63	12	2	2	0	0
Liestal	Sapin rouge	130	0.50	9	1	1	0	0
Rafz	Sapin rouge	130	1.97	8	1	1	0	0
Liestal	Grande marguerite	136	1.01	8	2	3	0	0
Cartigny	Grande marguerite	138	4.83	10	2	3	1	1
Rafz	Grande marguerite	139	2.50	7	2	3	1	1
Versaix	Grande marguerite	139	1.16	7	2	3	0	0
Cartigny	Sureau noir	152	4.02	13	2	1	1	1
Liestal	Sureau noir	152	2.25	11	2	1	0	0
Versaix	Sureau noir	153	1.87	9	2	1	0	0
Rafz	Sureau noir	163	-0.98	10	2	1	0	0
Liestal	Tilleul gde feuilles	172	2.70	6	2	1	1	1
Versaix	Tilleul gde feuilles	172	4.93	10	2	1	1	1
Rafz	Vigne	173	-1.53	9	2	2	0	0
Rafz	Tilleul gde feuilles	179	3.29	10	2	1	1	1
Versaix	Tilleul pte feuilles	181	-0.36	11	2	1	0	0
Liestal	Tilleul pte feuilles	183	1.17	6	2	1	0	0
Rafz	Cerisier	190	0.61	8	3	1	0	0
Rafz	Tilleul pte feuilles	191	3.18	12	2	1	1	1
Rafz	Sorbier des oiseleurs	232	3.79	16	3	1	0	0
Rafz	Colchique	247	-1.32	9	2	3	0	0
Rafz	Pommier	260	0.97	13	3	1	0	0
Rafz	Poirier	266	0.56	12	3	1	0	0
Cartigny	Marronnier	274	4.39	8	3	1	1	1
Liestal	Marronnier	287	0.93	9	4	1	0	0
Rafz	Vigne	288	-0.38	9	3	2	0	0
Cartigny	Marronnier	290	-4.83	9	4	1	1	1
Liestal	Hêtre	292	0.34	7	4	1	0	0
Rafz	Hêtre	293	-0.21	9	4	1	0	0
Liestal	Marronnier	301	2.68	8	5	1	1	1
Rafz	Frêne	301	-0.44	6	5	1	0	0
Liestal	Frêne	307	5.54	9	5	1	1	1
Cartigny	Marronnier	309	1.96	9	5	1	0	0
Liestal	Hêtre	309	2.38	8	5	1	1	1
Rafz	Hêtre	317	2.04	10	5	1	0	0

