

Facteurs environnementaux et phénologie de la vigne dans le canton de Genève

Stéphane BURGOS, Sébastien ALMENDROS et Elisabeth FORTIER, Ecole d'ingénieurs de Changins, 1260 Nyon
Renseignements: Stéphane Burgos, e-mail: stephane.burgos@eichangins.ch, tél. +41 22 363 40 50



Pour mieux cerner l'influence de la température du sol sur le développement de la vigne, dans chaque parcelle de l'étude, un petit ordinateur (boîtier jaune) a enregistré les températures à 2, 20 et 50 cm de profondeur durant trois ans.

Introduction

De nombreuses études de terroir ont été effectuées dans le monde entier. Leur but est en général d'estimer le potentiel cultural pour pouvoir conseiller les viticulteurs. Si de nombreuses études se focalisent sur le sol et la géologie (Bodin et Morlat 2003), d'autres incluent aussi les plantes et le climat (Murisier *et al.* 2004a; Barbeau *et al.* 2004; Lebon *et al.* 1996; Van Leeuwen *et al.* 2004). Il est généralement admis que le climat et le sol jouent un rôle prépondérant sur la précocité des par-

celles (Jones et Davis 2000; Tesic *et al.* 2002). Cependant, les conditions climatiques locales sont souvent difficiles à étudier car la densité de stations météorologiques est faible. Ainsi, on utilise de plus en plus les systèmes d'information géographiques (SIG) pour analyser les climats et les terroirs (Kumar *et al.* 1997; Jones *et al.*, 2004; Carey *et al.* 2009). Un autre problème des études de terroir est le manque d'information précise sur les sols à l'échelle de la parcelle. Cette étude avait pour but de décrire précisément les principaux paramètres du terroir (sol, climat et topographie) qui

agissent sur la phénologie des plantes et d'établir si l'observation de parcelles existantes, non initialement vouées à la recherche et très hétérogènes, permet de caractériser le terroir.

Matériel et méthodes

L'étude a été effectuée dans le canton de Genève, où les 1360 ha du vignoble bénéficient d'une cartographie précise des sols (Dakhel *et al.* 2007). Les essais ont été menés de 2007 à 2009 sur 49 parcelles de Gamaret greffé sur 3309C, âgées de plus de huit ans, conduites généralement en guyot et représentatives du vignoble genevois (fig.1). Chaque parcelle était constituée de quatre rangs de trente plantes et cultivée selon les principes de la production intégrée. La topographie, le type de sol, la température du sol (2, 20 et 50 cm de profondeur), la réserve utile en eau du sol (RU, calculée en fonction de la texture, de la teneur en éléments grossiers et de la profondeur du sol) et le substrat géologique ont été relevés. La pente, l'orientation, l'exposition au Joran (NO) (fig. 2) ou à la Bise (NE) et la radiation potentielle (fig. 3) ont été calculées à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) à 5 mètres (Spatial Analyst, Arcview 9.2).

Résumé De nombreuses études de terroir existent à l'heure actuelle mais peu décrivent de manière précise les conditions pédologiques et climatiques locales influençant le potentiel de précocité des parcelles. Les objectifs de ce travail étaient de décrire les principaux paramètres du terroir (sol, climat et topographie) qui influent sur la phénologie des plantes et d'évaluer si l'observation d'un grand nombre de parcelles appartenant à des particuliers permet de caractériser un terroir, en dépit d'une variabilité importante. Les résultats montrent que les 49 parcelles de Gamaret étudiées diffèrent dans leur dynamique au débourrement et durant la période de végétation. Les facteurs topographiques et pédologiques influents durant ces deux périodes sont différents et varient en cours de saison. Certains paramètres dérivés des modèles numériques de terrain comme la radiation potentielle semblent prometteurs pour évaluer le potentiel de précocité d'une parcelle. Au final, l'observation de nombreuses parcelles de la pratique s'est avérée appropriée pour caractériser le potentiel de précocité, en dépit de leur très grande variabilité intrinsèque.

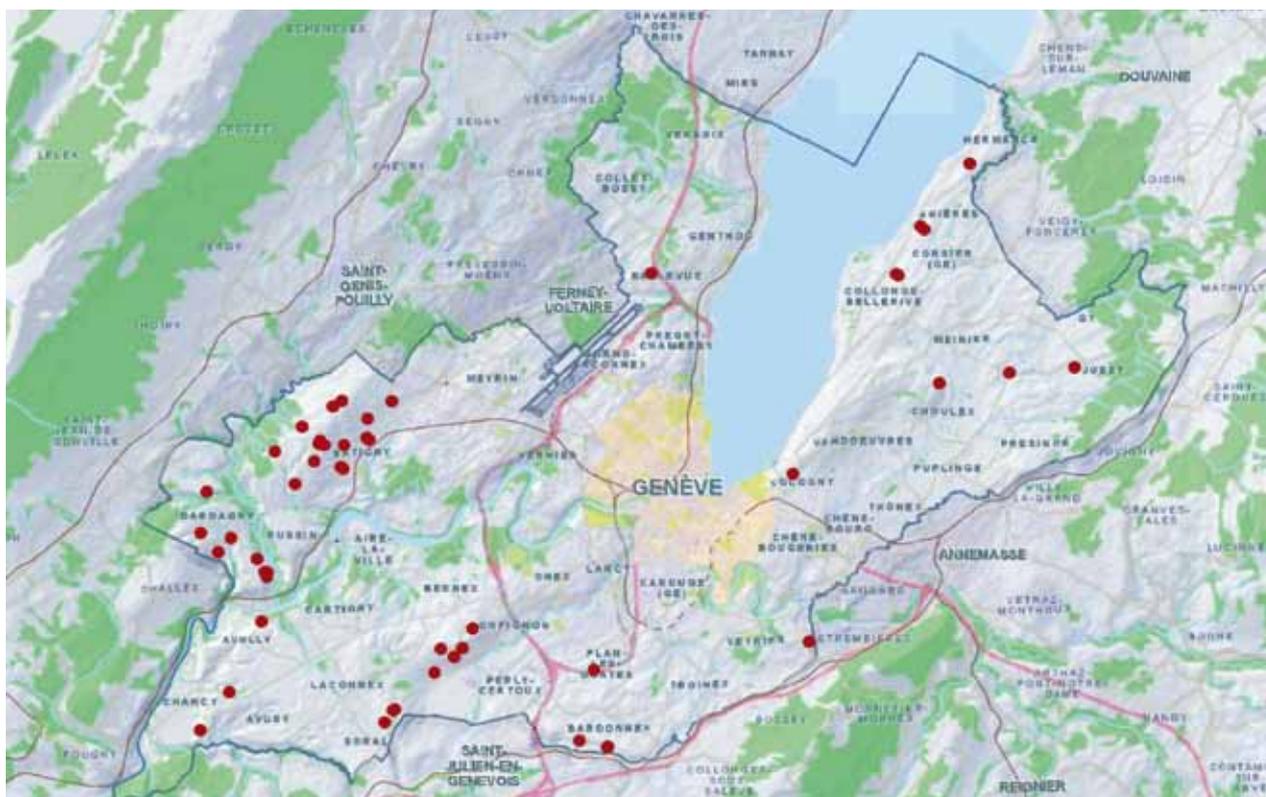


Figure 1 | Répartition des parcelles dans le canton de Genève.

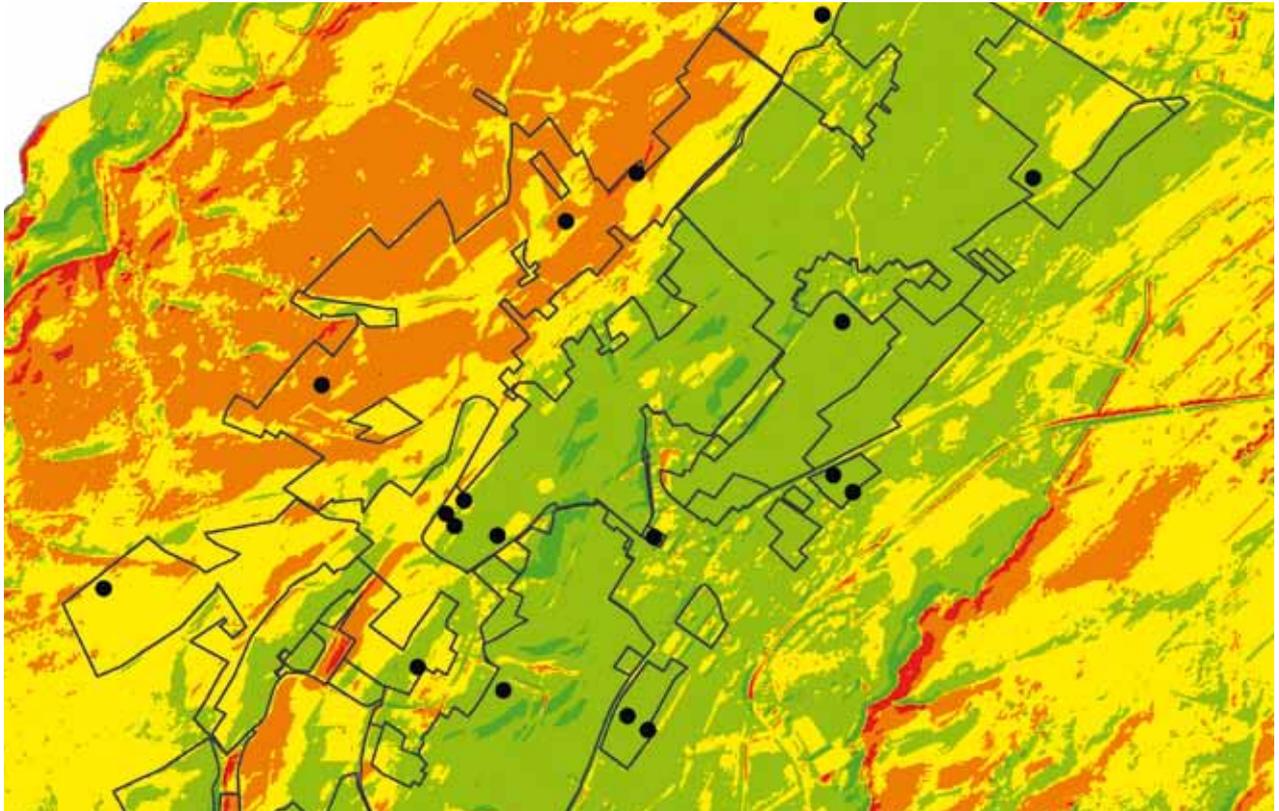


Figure 2 | Exposition au Joran de la région de Satigny calculée avec le modèle numérique de terrain à 5 mètres. Vert: faible exposition, rouge: forte exposition, points noirs: parcelles de l'étude.

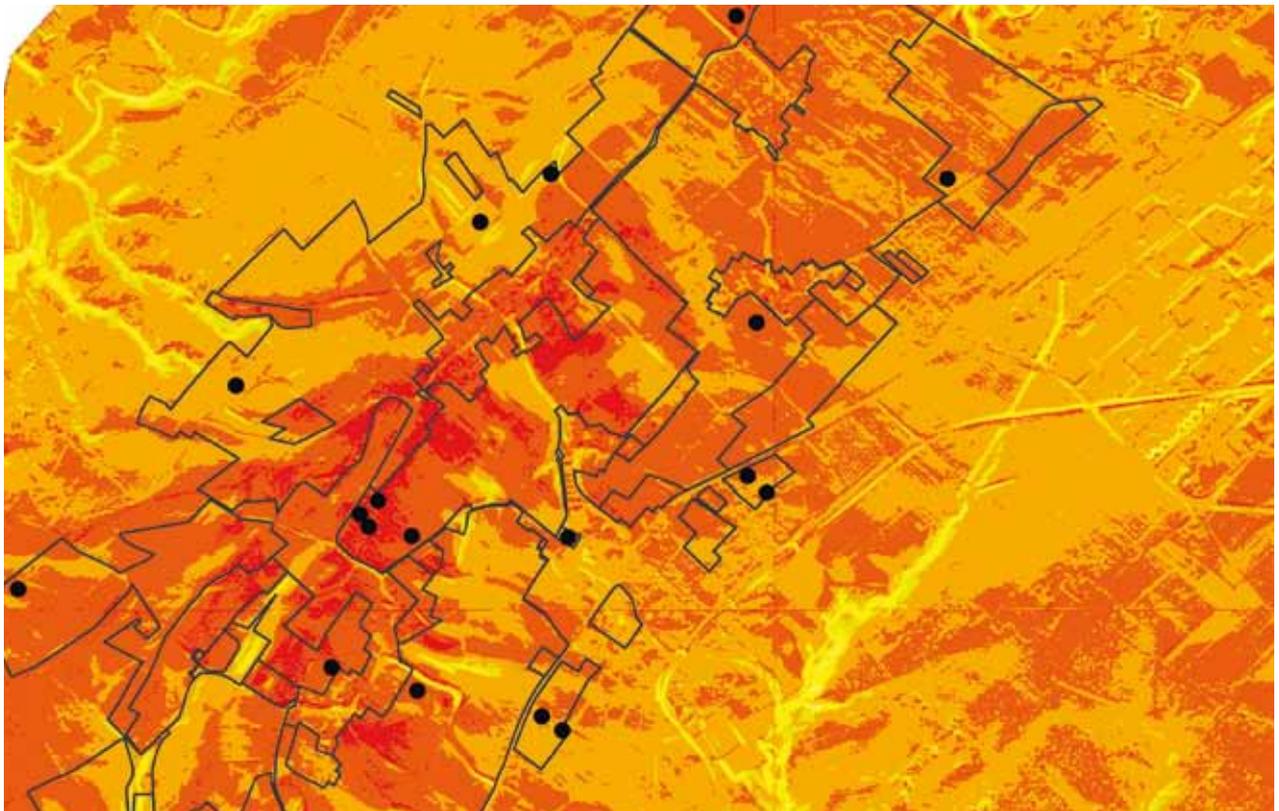


Figure 3 | Radiation potentielle du mois de juin pour la région de Satigny calculée avec le modèle numérique de terrain à 5 mètres. Jaune: radiation moins importante, rouge: radiation plus importante, points noirs: parcelles de l'étude.

(30,1 % de la variance) était principalement corrélée à la date de débournement ($r = 0,87$). La bonne répartition des parcelles révèle une grande variabilité de développement de la vigne.

Les régressions multivariées de la première dimension montrent que la durée débournement-floraison est influencée par la radiation entre avril et septembre, la densité des plantes, l'altitude et la date de débournement, à raison de respectivement 29, 18, 18 et 4 % de la variance (total 69 %). La radiation est donc le facteur le plus important, qui résulte en fait de la combinaison de deux autres: la pente et l'orientation. Les paramètres multifactoriels, comme la radiation ou la réserve en eau des sols (intégrant profondeur et texture), sont plus souvent présents dans les modèles explicatifs que les paramètres simples (Murisier *et al.* 2004a), car ils font appel au fonctionnement global de l'environnement de la plante. Ainsi, les parcelles recevant une grande quantité d'énergie entre avril et juin, plantées à haute densité, situées à basse altitude et débourrant précocement ont montré un développement rapide entre le débournement et la floraison. Par exemple, les zones de Lully et Peissy ont reçu significativement plus de radiations entre avril et juin, avec plus de $4,95 \cdot 10^5 \text{ Wh/m}^2$ contre une moyenne de $4,7 \cdot 10^5 \text{ Wh/m}^2$, ce qui explique leur rapidité de développement (fig. 5).

Parmi les nombreux modèles possibles donnés par la fonction «stepwise» de la régression multivariée,

présentant une variance expliquée inférieure à 69 %, beaucoup ont intégré la variable température minimale du sol à 20 cm de profondeur, montrant que le sol joue un rôle important dans la phénologie. En effet, l'effet d'une température du sol élevée est connu pour accélérer le développement de la vigne (Bodin et Morlat 2003) et du maïs (Stone *et al.* 1999).

Le nombre de jours entre la floraison et la véraison, lui, a été influencé par la densité de plantation, la radiation entre juillet et septembre, la réserve en eau utile (RU) des sols et la date de floraison avec respectivement 29, 11, 5 et 3 % de la variance (total 48 %). Les parcelles présentant une densité élevée, une radiation potentielle élevée, des sols peu profonds avec une RU limitée et une floraison précoce ont montré les développements les plus rapides. Tous les facteurs favorisant l'augmentation de la radiation reçue ou de la température contribuent au développement rapide de la végétation, comme l'ont mentionné d'autres études (Lebon *et al.* 1996).

L'analyse multivariée de la seconde dimension de l'ACP montre que les facteurs qui influent sur la date de débournement sont la réserve en eau utile des sols, la radiation potentielle entre janvier et mars, l'exposition au Joran et l'altitude à hauteur de 9, 6, 4 et 2 % de la variance (total 21 %). Les modèles de régression ne sont cependant pas aussi bons que pour les facteurs de la première dimension. Les parcelles qui débourrent le

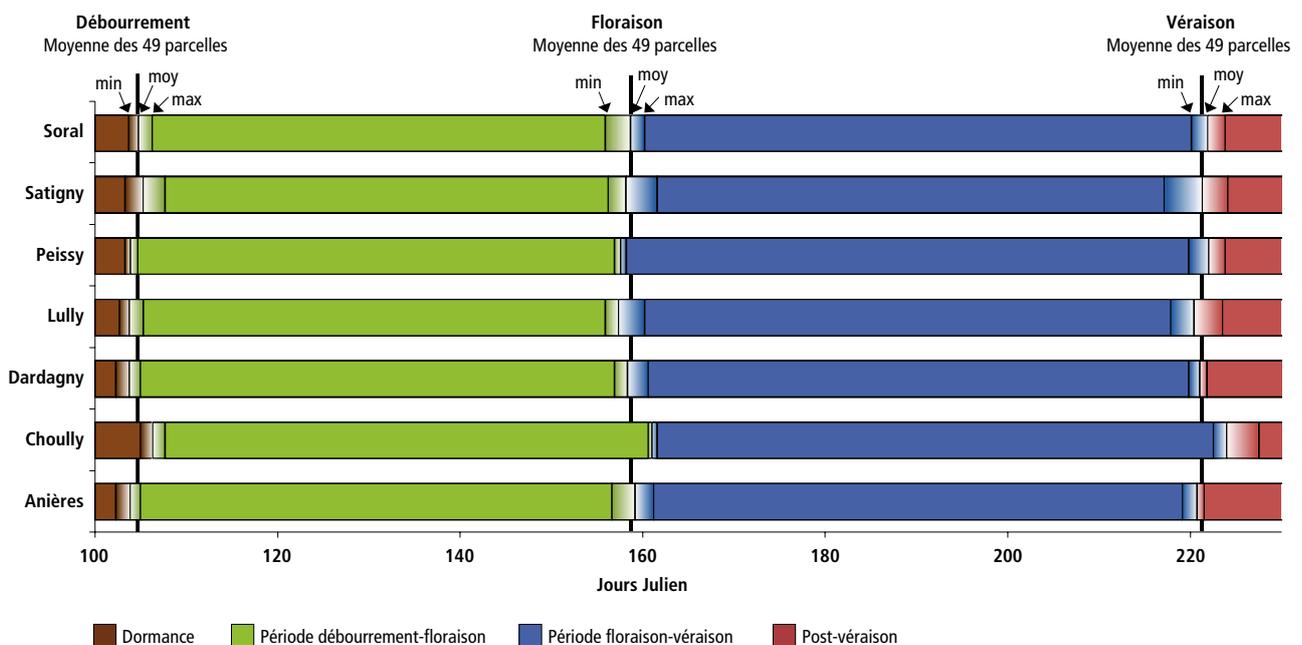


Figure 5 | Evolution phénologique (moyenne de 2007 à 2009) des différentes zones géographiques du canton de Genève comparée à la moyenne des 49 parcelles (min: date de la parcelle la plus précoce, max: date de la parcelle la plus tardive, moy: moyenne de l'ensemble des parcelles de la zone).

plus tôt sont celles qui reçoivent une grande quantité de radiations à la fin de l'hiver, sont protégées du Joran (non exposées NO) et ont des sols à RU moyenne à faible (< 130 mm). Les zones exposées au nord, en altitude et à sols lourds et assez profonds (grande RU) ont eu en moyenne un retard significatif ($p < 0,05$) de trois jours, comme la zone de Chouilly qui est significativement plus tardive que les autres (fig. 5).

Ces résultats montrent que les parcelles ont des rythmes de développement différents au débourrement et durant la période de végétation. Ces deux séquences ne sont pas régies par les mêmes paramètres environnementaux: l'influence des paramètres du terroir varie en cours de saison. Une parcelle prompte à débourrer mais recevant peu de radiations risque de perdre cet avantage et se développer plus lentement durant la saison. Par exemple, la région d'Anières, une des premières au débourrement (fig. 5) probablement à cause de sa proximité avec le lac Léman, a perdu son avance à la floraison par son exposition NO.

Développement phénologique et qualité des moûts

Le taux de sucre ($^{\circ}\text{Oe}$) a été principalement influencé par la date de débourrement, la charge en raisin, la date de floraison et la RU des sols à raison de 30, 13, 6 et 4 % de la variance (total 53 %). Il y a une charge-seuil au-delà de laquelle une teneur élevée en sucre ne peut être atteinte (fig. 6a). Le retard est important à partir d'environ $1,2 \text{ kg/m}^2$, conformément aux conclusions de Murisier *et al.* (2004b) décrivant une baisse de qualité liée à des rendements élevés si le rapport feuille-fruit est trop faible. Les parcelles avec une date de débour-

rement précoce ont aussi montré une bonne avance en termes de teneur en sucre (fig. 6b). Si la date de débourrement est trop tardive, les plantes ont de la peine à compenser ce retard, même si la charge est peu importante. Si l'exposition est peu favorable, le débourrement doit donc intervenir suffisamment tôt pour pouvoir obtenir une teneur en sucre élevée. La teneur en anthocyanes a été influencée par les mêmes facteurs que pour le sucre. Notons que toutes les parcelles de l'étude se situent dans un climat adapté pour la culture de la vigne (Tonietto et Carbonneau 2004).

Utilisation de parcelles existantes pour analyser la composante climatique du terroir

Les résultats montrent que l'observation d'un nombre élevé de parcelles existantes et non initialement implantées pour la recherche permet l'appréciation des conditions climatiques locales, ceci malgré une surface relativement importante, d'altitude assez homogène et malgré l'influence de l'homme. Le nombre de parcelles par zone, variant de 4 à 10, paraît suffisant pour différencier ces zones statistiquement. La variabilité entre les parcelles d'une zone était inférieure à celle qui existait entre les zones. Le choix du Gamaret, dérivé d'un seul clone, a permis de limiter la variabilité des plantes. Un grand nombre d'organes a dû toutefois être observé pour pouvoir déterminer de manière assez précise le stade phénologique des plantes. L'effet du millésime a pu être réduit par l'observation de trois saisons différentes. Les parcelles les plus tardives et les plus précoces ont été les mêmes durant les trois années.

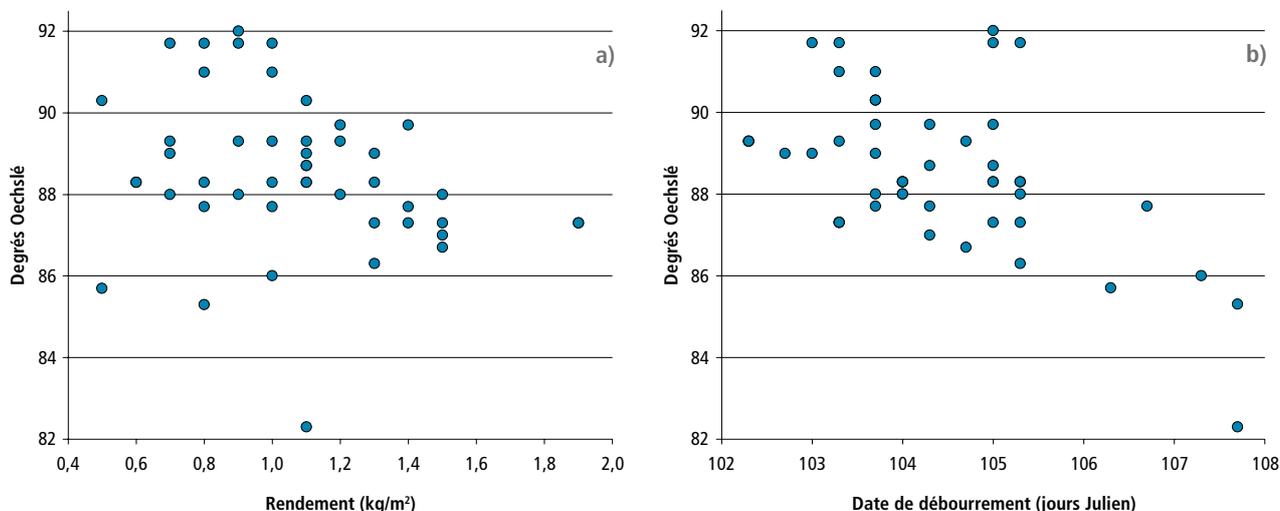


Figure 6 | Teneur en sucre ($^{\circ}\text{Oe}$) en fonction de a) la charge moyenne et b) la date de débourrement.

Conclusions

- La combinaison de facteurs observés sur le terrain et obtenus par calcul à partir de modèles numériques de terrain permet la caractérisation climatique du vignoble genevois. Malgré la variabilité induite par les parcelles, il est possible de former des zones géographiques ayant des comportements similaires.
- Les parcelles et zones de l'étude peuvent être discriminées en fonction de leur date de débournement et par la longueur des périodes débournement-floraison et floraison-véraison. Les facteurs d'influence ne sont pas les mêmes pour ces différentes périodes de développement.
- Un débournement rapide est favorisé par une grande quantité de radiations à la fin de l'hiver, une exposition S ou SE, des sols à réserve en eau moyenne à faible, se réchauffant rapidement, et par la proximité du lac.
- Le raccourcissement de la période débournement-floraison ou floraison-véraison est principalement favorisé par une radiation potentielle élevée, une densité élevée, des sols peu profonds (faible RU), une basse altitude et un débournement ou une floraison précoces.
- Une parcelle débourrant tôt mais moins bien exposée peut perdre son avance mais présenter malgré tout une teneur en sucre importante. Une parcelle à débournement très tardif parvient difficilement à combler son retard, avec comme conséquence un déficit dans l'accumulation des sucres.
- La diversité des potentiels de précocité et de dynamique en cours de saison des différentes zones du canton de Genève offre des possibilités variées pour le choix du couple porte-greffe/cépage et le type de production.
- L'approche géostatistique basée sur l'observation de paramètres simples d'un grand nombre de parcelles semble prometteuse pour évaluer les différences climatiques, même pour une région à faible variation en termes d'altitude. ■

Remerciements

Nous remercions sincèrement tous les viticulteurs qui ont mis à disposition leurs parcelles, toutes les personnes ayant participé aux récoltes, ainsi qu'Annabelle Annex pour les travaux d'analyse en laboratoire. Ce travail a été soutenu par la Haute école spécialisée de Suisse occidentale – projet SAGEX 17706 – et par le Canton de Genève.

Bibliographie

- Barbeau G., Bournand S., Champenois R., Bouvet M. H., Blin A. & Cosneau M., 2004. The behaviour of four red grapevine varieties of Val de Loire according to climatic variables. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* **38**, 35–40.
- Bodin F. & Morlat R., 2003. Characterizing a vine terroir by combining a pedological field model and a survey of the vine growers in the Anjou region (France). *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* **37**, 199–211.
- Carey V. A., Archer E., Barbeau G. & Saayman D., 2009. Viticultural Terroirs in Stellenbosch, South Africa. Spatialisation of Viticultural and Oenological Potential for Cabernet-Sauvignon and Sauvignon Blanc by Means of A Preliminary Model. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* **43** (1), 1–12.
- Dakhel N., Docourt M., Schwarz J.-J. & Burgos S., 2007. Carte des sols viticoles genevois. Rapport d'étude. Adresse: <http://etat.geneve.ch/geoportail/geovit/>
- Jones G. V. & Davis R. E., 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture* **51**, 249–261.
- Jones G. V., Nelson P. & Snead N., 2004. Modeling Viticultural Landscapes: A GIS Analysis of the Terroir Potential in the Umpqua Valley of Oregon. *GeoScience Canada* **31** (4), 167–178.
- Kumar L., Skidmore A. K. & Knowles E., 1997. Modelling topographic variation in solar radiation in a GIS environment. *Int. J. Geographical Information Science* **11**, 475–497.
- Lebon E., Dumas V. & Morlat R., 1996. Réponses de la vigne à différentes situations pédoclimatiques du vignoble d'Alsace. *Revue française d'Œnologie* **156**, 22–25.
- Murisier F., Briguet C., Letessier I., Pythoud K. & Zufferey V., 2004a. Etude des terroirs viticoles vaudois. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **36**, 1–20.
- Murisier F., Ferretti M. & Zufferey V., 2004b. Essais de limitation de rendement sur Merlot au Tessin. Effets sur la qualité des raisins et des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **36** (3), 149–154.
- Stone P. J., Sorensen I. B. & Jamieson P. D., 1999. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperate climate. *Field Crops Research* **63** (2), 169–78.
- Tesic D., Woolley D. J., Hewett E. W. & Martin D. J., 2002. Environmental effect on cv Cabernet Sauvignon (*Vitis Vinifera* L.) grown in Hawkes Bay, New Zealand. 1. Phenology and characterization of viticultural environments. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **8**, 15–26.
- Tonietto J. & Carbonneau A., 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology* **124** (1-2), 81–97.
- Van Leeuwen C., Friant P., Chone X., Tregoat O., Koundouras S. & Dubourdieu D., 2004. Influence of climate, soil and cultivar on terroir. *American Journal of Enology and Viticulture* **55** (3), 207–217.

Summary**Impact of environmental factors on the phenological vine development in the Geneva canton**

Terroir studies are common nowadays but few have used precise pedoclimatic measures for evaluating precocity potential. This work aimed (i) to assess the effect of terroir main parameters (soil, climate and topography) influencing phenological vine development and (ii) to evaluate the accuracy of a geostatistic approach using a high number of existing plots (higher variability) to analyze the terroir parameters' impact. Results showed that the plots had different development timing for budbreak and during growing season. Both periods were not influenced by the same pedoclimatic parameters. This emphasizes that the influence of these parameters can vary during the growing season. Some parameters derived from a digital elevation mode, like modeled incoming radiations, seem promising for estimating the precocity potential of the different zones. Finally, the results showed that the observation of numerous vineyards of the practice is convenient to define terroir main factors, despite natural variability or human influence.

Key words: phenology, mesoclimate, PCA, precocity potential, GIS, terroir.

Zusammenfassung**Analyse der Umweltfaktoren, welche die Phänologie der Rebe im Kanton Genf beeinflussen**

Zahlreiche Terroirstudien wurden bis heute durchgeführt aber nur wenige beschreiben ausführlich die lokalen bodenkundlichen und klimatischen Bedingungen, welche das Frühreifepotenzial der Rebe beeinflussen. Ziele dieser Arbeit waren (i) die Beschreibung der Parameter, die ein Terroir charakterisieren (Boden, Klima und Topografie), die Phänologie der Pflanzen beeinflussen und (ii) die Untersuchung ob die Beobachtungen einer grossen Anzahl von Parzellen eine umfassende Beschreibung, trotz grosser Variabilität, ermöglicht. Die Ergebnisse zeigen, dass die 49 untersuchten Gamaret Parzellen sich bezüglich des Austriebverhaltens und des Wachstums während der Vegetationsperiode voneinander unterscheiden. Der Einfluss der topografischen und bodenkundlichen Faktoren, war während der zwei Messperioden unterschiedlich und variierte auch im Laufe der Wachstumsperiode. Von numerischen Modellen abgeleitete Bodenparameter, wie die potenzielle Strahlung, scheinen für die Einschätzung der Frühreife einer Parzelle vielversprechend zu sein. Die Beobachtung einer grossen Anzahl von Praxisparzellen scheint für die Einschätzung des Frühreifepotentials, trotz unvermeidbarer Variabilität, ein taugliches Mittel zu sein.

Riassunto**Analisi dei fattori ambientali che influenzano la fenologia della vite nel cantone di Ginevra**

Numerosi studi sul terroir sono stati condotti finora, ma pochi descrivono accuratamente le condizioni pedologiche e climatiche locali che possono influenzare la precocità della vite. Gli obiettivi di questo studio consistono (i) nel descrivere i principali parametri del terroir (suolo, clima e topografia) che influenzano lo sviluppo fenologico della vite, e (ii) nel valutare se l'osservazione di un gran numero di appezzamenti è adatta per la caratterizzazione del terroir, nonostante una variabilità considerevole. I risultati mostrano che i 49 appezzamenti di Gamaret studiati si differenziano per quanto riguarda la data di germogliamento e la durata delle fasi di crescita vegetativa. I fattori topografici e pedologici che influenzano questi due periodi non sono identici e variano durante la stagione. Alcuni parametri derivati da modelli numerici utilizzati in campo, come la radiazione potenziale, sembrano promettenti per valutare il potenziale di precocità di un appezzamento. Infine, l'osservazione di un gran numero di appezzamenti è adatta per la caratterizzazione del potenziale di precocità, nonostante un'elevata variabilità naturale o indotta dall'uomo.



SERVICE



ROUGE ET LEADER

VISIONNAIRE PIONNIER LEADER SÉRIEUX FIABLE
DISPONIBLE ENGAGÉ FIER

Avec sa série de tracteurs spéciaux MF 3600 disponibles en 14 modèles dans les versions S, V, GE et F, la marque MF propose une gamme de tracteurs adaptés à chaque type d'utilisation. Vous bénéficierez ainsi de moteurs économiques et disposant d'un couple ainsi que d'un confort très élevés.

CV | **MF3600**
69 - 100



GVS-Agrar AG, CH-8207 Schaffhausen
Tél. 052 631 19 00, Fax 052 631 19 29
info@gvs-agrar.ch, www.gvs-agrar.ch



La pépinière
qui vous conseille

pépinières
BAUDAT S.A.

"Camarès"
1032 Vernand s/Lausanne
Tél. 021 731 13 66
Fax 021 731 34 85

www.baudat.ch

JEAN-PAUL GAUD SA

BOUCHONS - CAPSULES - CAPSULES A VIS



Rue Antoine-Jolivet 7 - CP 1212 - 1211 Genève 26
Tél. +41 (0) 22 343 79 42 - www.gaud-bouchons.com

20 ans Arban Personal S.A.

Les bases de notre bénéfice mutuel
et de notre succès commun:

- 20 ans** de connaissances approfondies de la branche
- 20 ans** de compétence en ressources humaines
- 20 ans** de confiance
- 20 ans** de loyauté
- 20 ans** d'expérience
- 20 ans** de service à nos clients

Nous tenons à vivre ces valeurs
aujourd'hui et demain

20 Jahre
arban
PERSONAL

Arban Personal AG
Eichholzstrasse 4
CH-3084 Wabern/Bern
+41 31 960 47 47
info@arban.ch
www.arban.ch

WERTVOLLE KONTAKTE IN DER GANZEN SCHWEIZ



**PÉPINIÈRES
VITICOLES**

PAUL-MAURICE BURRIN
ROUTE DE BESSONI 2
1955 SAINT-PIERRE-DE-CLAGES
TÉL. 027 306 15 81
FAX 027 306 15 50
NATEL 079 220 77 13



Sélection Valais



pulvé suisse

**Désherbage plus
écologique**

Désherber avec du produit pur
Pas de cuve – Pas de fond de cuve
50% en moins d'herbicide!



appareils portables
modèles brouette
systèmes pour tracteurs

la turbine Mantis

Pulvésuisse GmbH
Geenstrasse 6
8330 Pfäffikon ZH
044 950 08 54
079 832 21 02
www.pulvesuisse.ch



DEPUIS 120 ANS À VOTRE SERVICE



**POMPES, GESTION DES TEMPÉRATURES,
RACCORDS ET ACCESSOIRES INOX**



Dupenloup SA
9, chemin des Carpières
1219 Le Lignon - GE
Tél. 022 796 77 66
Mail: contact@dupenloup.ch

MAISON FONDÉE EN 1888
DUPENLOUP SA
MATÉRIEL POUR L'INDUSTRIE
FABRIQUE DE POMPES

**Afin de mieux vous servir:
Partenariat commercial et technique
entre Dupenloup SA et Oeno-Pôle Sàrl**



**RÉCEPTION, PRESSURAGE, FLOTTATION,
VINIFICATION, CONDITIONNEMENT**



Oeno-Pôle Sàrl
CP 57, 1183 Bursins
Tél. 078 716 40 00
Mail: info@oeno-pole.ch

**OENO
PÔLE**
Au service de la qualité

Et bien plus sur: **WWW.OENO-POLE.CH**

V I N A L Y T I K



Certifié selon ISO 9001:2000

Votre partenaire pour l'analyse des vins

Vinalytik • Franzosenstr. 14 • CH-6423 Seewen
Téléphone 041 819 34 68 • Fax 041 819 34 74
E-mail: info@vinalytik.ch • www.vinalytik.ch