

Comptes rendus des séances de l'Académie d'agriculture de France

M. le Pr. Genevois. — Où peut-on en avoir en France ?

M. Buré. — A l'I.N.R.A., je pense.

M. le Président. — Je remercie M. Buré pour son intéressante communication et ainsi que le Professeur Genevois pour la part qu'il a prise à cette discussion.

NOUVEAU MODE D'ÉVALUATION DES POSSIBILITÉS HÉLIOTHERMIQUES D'UN MILIEU VITICOLE

1. — INTRODUCTION

M. P. Huglin (*). — L'aptitude primaire exigée d'un milieu viticole est la faculté d'assurer une maturation satisfaisante des variétés de Vigne qui y sont utilisées ou qu'on se propose d'y implanter. Son évaluation correspond donc à l'estimation des possibilités photosynthétiques qui sont essentiellement dépendantes de la radiation lumineuse, de la température, du facteur hydrique. Bien que très important ce dernier peut être négligé ici pour deux raisons essentielles : la première parce que la vigne est une plante dans l'ensemble résistante à la sécheresse, la seconde parce que le facteur hydrique peut être corrigé par l'homme et ne constitue donc pas un paramètre imposé au même titre que les deux autres.

Indépendamment de l'existence des données dites « bioclimatiques » à caractère régional, deux indices sont utilisés de façon assez générale pour une telle évaluation : le produit héliothermique de Branas et les « degree-days » de Winckler. Nous verrons plus tard leur définition ainsi que leur valeur.

L'objet des travaux qui sont présentés ici est cependant de proposer quelque chose de plus fiable, principalement pour des besoins expérimentaux assez précis.

2. — RAPPEL DE QUELQUES DONNÉES DE BASE

L'énergie lumineuse représente un peu plus de 50 % de l'énergie totale fournie par le rayonnement solaire, mais la

(*) Station de Recherches Viticoles et Oenologiques, I.N.R.A. Colmar.

fraction de cette énergie qui atteint le sol diffère considérablement selon l'obliquité du soleil et du relief lui-même, l'altitude, la pureté de l'atmosphère, la nébulosité. Un fait général important est que la plus grande durée du jour aux hautes latitudes compense en grande partie la diminution du flux d'énergie sous l'effet de son plus grand angle d'incidence. Au solstice d'été la somme d'énergie journalière reçue est ainsi à peu près égale entre les 20^e et 80^e parallèles. Précisons à ce sujet que la grande majorité des zones viticoles se situe entre 20^e et 50^e de latitude.

Des données bibliographiques datant d'une dizaine d'années et au demeurant assez divergentes font état de conditions optimales d'assimilation de CO² de la Vigne en fonction de l'intensité lumineuse. Mais on sait maintenant que l'assimilation chlorophyllienne d'une feuille dépend en réalité beaucoup plus de l'état de saturation des chloroplastes et qu'une telle saturation peut être obtenue par un rayonnement lumineux continu relativement faible (P. Kriedeman, 1977). Compte tenu de cette constatation et du fait que la Vigne peut être classée parmi les plantes à jours longs (G. Alleweldt, 1964) il est probable que l'augmentation de la durée du jour c'est-à-dire de la latitude, a tendance, toutes choses étant égales par ailleurs, à améliorer les possibilités photosynthétiques des Euvites.

L'analyse de l'influence du facteur température sur la photosynthèse est plus simple et toutes les références s'accordent pour admettre que les conditions ambiantes optimales se situent vers 25° - 30°C. Au dessus de 30°C l'activité photosynthétique diminue, mais cette diminution est tout d'abord plus due à un effet de dessiccation qu'à un effet de chaleur proprement dite (P. Kriedeman, 1977). Cette constatation explique d'ailleurs l'obtention de rendements énormes liés à des taux de sucre assez élevés de certains vignobles situés en zones semi-arides, dépourvues de maladies cryptogamiques mais abondamment irriguées. La température de 40°C peut être considérée comme proche de la létalité pour les organes foliaires. Par ailleurs tous les chercheurs utilisent conventionnellement en tant que seuil de végétation 10°C, valeur qui est à la fois proche de la réalité et très commode d'emploi. Les températures supérieures à 10°C sont dénommées « températures actives ».

3. — LE PRODUIT HÉLIOTHERMIQUE DE BRANAS

Compte tenu des relations qui existent entre les phénomènes végétatifs de la vigne et les conditions de température et de lumière, cet auteur (1946) a établi un indice permettant de définir les possibilités culturales d'un milieu pour cette plante :

le « produit héliothermique $X H.10^{-6}$ » qui concerne la durée totale de la période de l'année où les températures moyennes journalières sont supérieures à 10°C . Dans ce produit X est la somme des températures moyennes journalières « actives » et H la somme des longueurs des jours.

Parmi les calculs qui ont été effectués pour différentes localités françaises, citons quelques exemples :

Perpignan : 6,78 ; Montpellier : 5,24 ; Bordeaux : 4,00 ; Colmar : 3,44 ; Angers : 2,95. Il a, par ailleurs, pu être vérifié que la culture de la vigne n'est pratiquement plus possible lorsque $X H.10^{-6}$ est inférieur à 2,6.

Ce produit donne une indication générale réelle sur les possibilités viticoles des milieux ainsi analysés, mais il nous a semblé intéressant de tester sa fiabilité en calculant les coefficients de corrélation entre les produits héliothermiques annuels et les taux de sucres des raisins enregistrés durant la même période dans quelques parcelles du domaine I.N.R.A. de Berghheim. Ces calculs ont été effectués à partir de résultats disponibles des années 1958 à 1971 ($N = 14$) dans une collection ampélographique d'une centaine de cépages précoces à tardifs ainsi que sur Sylvaner, Auxerrois blanc et Pinot blanc vrai (tabl. I).

Les coefficients de corrélation ainsi obtenus se trouvent dans le tableau II colonne 1. Avec des valeurs de + 0,73, + 0,72, + 0,67 et + 0,71, ils sont tous hautement significatifs, sans pour autant pouvoir être considérés comme entièrement satisfaisants.

Du point de vue général on peut faire remarquer que la « période favorable » prise en compte par ce produit correspond, en Alsace, sensiblement à la période qui s'étend entre la date du débourrement et celle de vendange tardive, soit environ 190 jours. Mais cette coïncidence disparaît dans des zones plus chaudes. A Montpellier la période favorable est de 230 jours et dure jusqu'au 10 novembre, soit 6-7 semaines après les vendanges. Dans les régions viticoles les plus chaudes cette période couvre toute l'année et n'a donc plus de signification biologique.

4. — LES DEGRÉS-JOURS DE WINKLER

Cet indice (degree-days above 50° Fahrenheit) a principalement été utilisé par son auteur (1962) pour définir en Californie 5 types de régions viticoles en fonction des seules possibilités thermiques de leurs climats.

Exprimés en degrés Celsius, les degrés-jours sont constitués

TABEAU I
RELATIONS BRUTES ENTRE LES TAUX DE SUCRE DES RAISINS
ET DIFFÉRENTES ÉVALUATIONS DES POSSIBILITÉS CLIMATIQUES DU MILIEU

ANNÉES	TAUX DE SUCRES (g/l)				MODES D'ÉVALUATION DES POSSIBILITÉS DU MILIEU			
	Collec- tion	Sylvaner	Auxerrois	Pinot blanc	1 Produit HÉLIOTHERMIQUE DE BRANAS	2 Degrés jours DE WINKLER (avril-oct.)	3 Degrés jour (avril-sept.)	4 Σ DES TEMP. ACTIVES moy. + max. <hr style="width: 50px; margin: 0 auto;"/> 2
1958	164	162	182	175	3,31	1 224	1 181	1 756
1959	193	224	224	229	3,90	1 480	1 449	1 950
1960	144	145	166	180	3,32	1 197	1 160	1 612
1961	175	197	197	202	3,81	1 382	1 298	1 791
1962	151	162	180	160	2,69	1 027	996	1 604
1963	166	149	175	182	3,21	1 154	1 151	1 607
1964	195	211	234	231	3,73	1 356	1 368	1 920
1965	132	130	149	162	2,73	1 023	1 014	1 455
1966	160	160	184	186	3,58	1 413	1 298	1 756
1967	162	153	195	209	3,12	1 260	1 130	1 642
1968	138	130	147	147	3,20	1 159	1 082	1 565
1969	166	184	197	197	3,26	1 155	1 132	1 619
1970	147	155	177	182	3,02	1 143	1 087	1 576
1971	182	191	195	202	3,20	1 283	1 233	1 785

TABLEAU II

CORRÉLATIONS ENTRE LES TAUX DE SUCRE DES RAISINS
ET DIFFÉRENTES ÉVALUATIONS DES POSSIBILITÉS CLIMATIQUES DU MILIEU

MATÉRIEL VÉGÉTAL	1 PRODUIT HÉLIO- THERMIQUE DE BRANAS	2 DEGRÉS JOURS DE WINKLER (avril-oct.)	3 DEGRÉS JOURS (avril-sept.)	4
				Σ DES TEMP. ACTIVES moy. + max. <hr/> 2
Collection ampélographique	+ 0,73	+ 0,75	+ 0,84	+ 0,91
Sylvaner	+ 0,72	+ 0,71	+ 0,81	+ 0,89
Auxerrois	+ 0,67	+ 0,70	+ 0,78	+ 0,86
Pinot Blanc	+ 0,71	+ 0,76	+ 0,81	+ 0,80

par la somme des températures moyennes journalières au-dessus de 10°C du 1^{er} avril au 30 octobre, c'est-à-dire durant 7 mois.

Les mêmes calculs que ceux effectués précédemment à partir des chiffres des tableaux I et II donnent les coefficients de corrélation suivants entre les degrés-jours et les taux de sucre observés : + 0,75, + 0,71, + 0,70 et + 0,76. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus pour le coefficient héliothermique de Branas et cela est logique pour deux raisons :

- Dans le lieu considéré les 7 mois pris en compte par Winkler sont très proches de la durée de la période favorable de Branas.
- A une même latitude la durée des jours des périodes favorables varie très peu d'une année à l'autre.

5. — RECHERCHE D'UN MEILLEUR INDICE

En vue d'améliorer ces indices nous avons été amenés à intervenir à 3 niveaux :

5.1. — *Durée de la période à prendre en compte*

Nous avons vu que la durée totale de la période où les températures moyennes journalières étaient supérieures à $+ 10^{\circ}\text{C}$ présente de moins en moins d'intérêt au fur et à mesure que le climat devient plus chaud. Par ailleurs les 7 mois des degrés-jours de Winkler excèdent dans la très grande majorité des cas la durée de la période s'étendant entre le pré-débourrement et la vendange. Pour cette raison nous avons établi les coefficients de corrélation précédents en utilisant une période de 6 mois, du 1^{er} avril au 30 septembre. Dans ces conditions ces coefficients sont très nettement améliorés puisqu'ils s'établissent à $+ 0,84$, $+ 0,81$, $+ 0,78$ et $+ 0,81$ (tabl. I col. 3 et tabl. II col. 3).

Une analyse plus détaillée a montré que cette amélioration est uniquement obtenue lorsque les cépages sont effectivement vendangés (ou contrôlés) début octobre, ce qui est le cas le plus fréquent pour l'ensemble du vignoble alsacien. Mais à la latitude de ce dernier et à plus forte raison à des latitudes plus septentrionales les températures moyennes journalières d'octobre dépassent rarement $+ 10^{\circ}\text{C}$ et les augmentations du taux de sucre enregistrées au cours de ce mois sont très souvent dues à une concentration physique.

5.2. — *Prise en considération des températures journalières maximales*

En réalité les températures moyennes journalières qui dépendent autant des conditions thermiques nocturnes que diurnes ne sont pas forcément en très bonne concordance avec les possibilités photosynthétiques, particulièrement au début et à la fin du cycle végétatif où les amplitudes journalières peuvent être très importantes. De ce fait des températures journalières moyennes inférieures à $+ 10^{\circ}\text{C}$ correspondent souvent à des jours ayant plusieurs heures de conditions favorables à la photosynthèse. On sait aussi qu'un climat atlantique et un climat continental, par exemple, présentant des températures moyennes sensiblement identiques possèdent des possibilités viticoles inégales par suite de différences d'amplitude de leurs températures journalières.

En vue de tenir compte de cette réalité nous avons déterminé pour les périodes du 1^{er} avril au 30 septembre, soit 6 mois, les coefficients de corrélation entre les taux de sucre des raisins et la somme des moyennes journalières entre les températures actives moyennes et maximales.

L'utilisation de ces nouvelles données a permis *d'améliorer*

une seconde fois ces coefficients qui se sont élevés à + 0,91, + 0,89, + 0,86, + 0,80 (tabl. I et II) et qui peuvent être considérés comme très bons. Ces résultats nous conduisent à retenir cette façon de procéder.

5.3. — Rôle de la longueur du jour

Pour des latitudes relativement proches les unes des autres l'influence des différences de longueur des jours est certes sans importance sur les possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. Mais si un indice bioclimatique doit avoir une portée générale il paraît logique, compte tenu de ce qui a été dit au paragraphe 2 de faire intervenir ce paramètre dans les zones climatiques tempérées situées entre 40° et 50° de latitude. Dans les zones chaudes se trouvant à des latitudes plus basses une correction en ce sens n'a en effet plus aucun sens puisque tous les cépages existants peuvent y mûrir leurs raisins sans difficulté.

Dans ces conditions nous proposons de faire intervenir un coefficient « longueur du jour » dont les valeurs correspondent aux différences de longueur des jours des 6 mois avril à septembre dans l'hémisphère Nord et octobre à mars dans l'hémisphère Sud et qui présente les valeurs suivantes :

40,1° — 42,0° = 1,02	46,1° — 48,0° = 1,05
42,1° — 44,0° = 1,03	48,1° — 50,0° = 1,06
44,1° — 46,0° = 1,04	

On peut se demander si cette correction vaut la peine d'être faite. Dans nos conditions d'expérimentation à 48° 12' de latitude N la valeur de 1,06 de ce coefficient représente environ 100 unités de cette évaluation. Les coefficients de régression des taux de sucre des 4 parcelles contrôlées sur les valeurs de cette même évaluation (tableau I colonne 4) permettent de se rendre compte à quelles quantités de sucre correspondent ces 100 unités. Ces coefficients sont respectivement + 0,12 pour la collection, + 0,18 pour le Sylvaner, + 0,15 pour l'Auxerrois et + 0,14 pour le Pinot blanc. L'augmentation des possibilités héliothermiques d'une unité a donc conduit à une amélioration moyenne du taux de sucre de 0,15 g/litre de moût. Les 15 grammes qui correspondent à 100 unités constituent une valeur très appréciable sur le plan de la qualité des produits dans cette région septentrionale.

5.4. — Mode d'évaluation retenu

En définitive la somme des moyennes journalières entre les températures actives ($> 10^{\circ}\text{C}$) moyennes et maximales, du

1^{er} avril au 30 septembre dans l'hémisphère Nord et du 1^{er} octobre au 31 mars dans l'hémisphère Sud, associée à un coefficient « longueur des jours » au-dessus de 40° de latitude paraît être une amélioration pour l'estimation héliothermique des milieux viticoles. Nous dirons donc :

$$IH = \sum_{1/04}^{30/09} \left[\frac{(T_{mj} - 10) + (T_{xj} - 10)}{2} \right] k$$

6. — VALEURS DE L'INDICE HÉLIOTHERMIQUE

6.1. — Indices de différents lieux géographiques

Ces indices ont été calculés à partir de données météorologiques officielles et ne correspondent en général pas exactement à des milieux viticoles spécifiques. Ils permettent cependant de se faire une idée générale de la situation.

FRANCE :

Reims	49,2° = 1 550	Toulouse.	43,6° = 1 950
Angers.	47,5° = 1 650	Bordeaux.	44,9° = 2 100
Dijon	47,4° = 1 710	Orange	43,9° = 2 220
Colmar	48,1° = 1 730	Montpellier.	43,4° = 2 250
Cognac.	45,7° = 1 850	Perpignan	42,6° = 2 350

ÉTRANGER :

Bolzano (It.).	46,5 ° N = 2 240	Vérone (I.t)	45,5 ° N = 2 250
Barcelone (Esp.)	41,3 ° N = 2 350	Cordoba (Esp.).	37,7 ° N = 3 120
Alger (Alg.)	36,7 ° N = 2 600	Athènes (Gr.)	37,9 ° N = 2 950
Kecskemet (Hongrie)	46,7 ° N = 2 060	Cluj (Roumanie)	46,7 ° N = 1 850
Pleven (Bulg.)	43,3 ° N = 2 300	Odessa (Ukrai- ne)	46,5 ° N = 1 850
Erevan (Armé- nie)	40,2 ° N = 2 500	Sacramento (Ca- lifornie)	38,6 ° N = 2 550
Mendoza (Ar- gentine)	32,6 ° S = 2 600	Mildura (Aus- tralie)	34,5 ° S = 2 750

6.2. — Exigences des cépages

Inversement des contrôles de maturation effectués dans des conditions de milieu connues permettent de préciser en gros les exigences des cépages en vue d'atteindre un taux de sucre donné. Bien entendu selon le type de production ces exigences pourront être très diverses pour un même cépage.

Voici quelques propositions dont certaines méritent d'être améliorées ; elles sont établies pour un taux de sucre de l'ordre de 180-200 g/l. qui ne correspond pas forcément à un objectif réel :

- 1500 = Muller-Thurgau, Portugais bleu.
1600 = Pinot blanc, Pinot gris, Aligoté, Gamay, Gewurztraminer.
1700 = Pinot noir, Chardonnay, Riesling, Sylvaner, Sauvignon, Melon.
1800 = Cabernet franc, Blaufrankisch.
1900 = Cabernet Sauvignon, Chenin blanc, Merlot, Sémillon, Riesling italien.
2000 = Ugni blanc.
2100 = Cinsaut, Grenache, Syrah.
2200 = Carignan.
2300 = Aramon.

7. — CONCLUSION

L'analyse de résultats expérimentaux du vignoble nous permet de proposer une nouvelle évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole :

$$IH = \sum_{1/04}^{30/09} \left[\frac{(Tmj - 10) + (Txj - 10)}{2} \right] k$$

dans lequel Tmj sont les températures moyennes journalières, Txj les températures maximales journalières et k un coefficient « longueur des jours » variant de 1,02 à 1,06 entre 40 et 50 degrés de latitude. Par mesure de simplification l'indice est établi à partir de moyennes mensuelles multipliées par le nombre de jours des mois considérés. Dans l'hémisphère Sud les 6 mois pris en compte vont évidemment du 1^{er} octobre au 31 mars.

Du point de vue général on peut dire que la limite inférieure des possibilités de culture de la vigne est atteinte au voisinage de $IH = 1500$. Inversement, au-dessus de $IH = 2400$ tous les cépages rencontrent des possibilités héliothermiques suffisantes et les difficultés viticoles rencontrées dans ces milieux sont d'ordres différents (régime hydrique, plasticité des cépages, etc.). Mais il convient aussi de souligner (P. Huglin, 1977) que la mise en œuvre, au vignoble, de multiples procédés techniques permet d'atténuer dans une certaine mesure des facteurs défavorables du climat.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEWELDT (G.), 1964. — Die Umweltabhängigkeit des vegetativen Wachstums, der Wachstumsruhe und der Blütenbildung von Reben. I: die photoperiodischen Wachstumsreaktionen. *Vitis*. 4, 11-41.

- BRANAS (J.), BERNON (G.) et LEVADOUX (L.), 1946. — Éléments de Viticulture générale.
- HUGLIN (P.), 1977. — Influence des pratiques culturales sur la qualité de la vendange dans les régions tempérées. Symposium international sur la qualité de la vendange. Capetown 1977 359-372.
- KRIEDEMANN (P. E.), 1977. — Vineleaf Photosynthesis. Symposium international sur la qualité de la vendange. Capetown 1977 67-68.
- WINKLER (A. J.), 1962. — General Viticulture. University of California Press.

M. le Président. — Je trouve beaucoup d'intérêt à cette communication et je pense qu'elle s'étendra ; par exemple, j'ajoute une remarque à exploiter :

Au cours de la croissance, la même durée d'éclairement a des effets opposés selon que la vitesse d'augmentation, ou de diminution sont rapides. La **dérivée** de la vitesse de variation des durées d'éclairement (toutes autres choses étant égales), positives ou négatives, comptent dans les variations du métabolisme, de la chute des feuilles, de la croissance des rameaux, etc., et pas seulement par la valeur actuelle de la durée d'éclairement. Ainsi les mêmes durées d'éclairement, celles des deux équinoxes, ont des effets différents par la dérivée de leur variation. Le « modèle » des climats doit comprendre cette dérivée et de nombreuses conséquences.

*
**

DÉCLARATIONS DE VACANCES

Sont déclarées vacantes :

- à la Section des Cultures, la place de Correspondant national de M. André ANGLADETTE, élu Membre titulaire ;
- à la Section du Génie rural, la place de Correspondant national de M. Pierre DELLENBACH, élu Membre titulaire.