# LE ROLE DU CLIMAT EN VITICULTURE

## DEUXIEME PARTIE

J. NIGOND
Bioclimatologie des Plantes Pérennes
Institut Universitaire de Technologie, 63 - Aubière. France.

III — **CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA PRODUCTION VITICOLE**

A — **Facteurs climatiques limitant la zone de végétation de la Vigne**

B — **Le climat des régions viticoles**

1 - Etude à l'échelle géographique
a) Facteur température
b) Facteur eau

2 - Etude à l'échelle d'une région
a) Variabilité climatique,
- à l'intérieur d'une région viticole
- pour une même station

b) Variabilité viticole,
- à l'intérieur d'une région
- à l'intérieur d'une commune

C — **L'influence du mésoclimat**

1 - le rayonnement solaire global
2 - la température
3 - vignobles sur pentes et vignobles sur terrasses

D — **L'influence du microclimat**

IV — **QUELQUES EXEMPLES DE RELATIONS STATISTIQUES CLIMAT — RENDEMENT — QUALITE.**

V — **CONCLUSIONS**

## III. — CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA PRODUCTION VITICOLE

### A — FACTEURS CLIMATIQUES LIMITANT LA ZONE DE VEGETATION DE LA VIGNE.

Chercher à préciser les caractéristiques climatiques correspondant aux limites de culture de la vigne qu'ont tracé les géographes paraît une entreprise à la fois difficilement réalisable et peu susceptible de fournir des enseignements nouveaux. Par contre, discuter rapidement de cette notion de limite culturale peut être l'occasion de rappeler certains aspects des phénomènes climatiques, biologiques et économiques qui jouent, à ce sujet, un rôle déterminant.

Lorsqu'on se déplace du nord au sud dans nos régions, la succession des facteurs climatiques limitants est pratiquement la suivante :

— gelées d'hiver, gelées de printemps
— caractéristiques héliothermiques de la période de végétation
— alimentation en eau insuffisante
— hivers doux peu favorables au débourrement.

La première observation générale suggérée par cette énumération classique concerne **l'interdépendance de certains facteurs limitants à l'intérieur d'un même grand type de climat.** Ainsi, le climat continental du triangle, Mulhouse, Strasbourg, Nancy se caractérise par tout un ensemble de facteurs thermiques défavorables, températures minimales absolues et dates des dernières gelées de printemps notamment (tableau I). Dans la région de Tarare située beaucoup plus au sud mais à une altitude plus élevée, le climat de montagne présente les mêmes liaisons entre ces diverses caractéristiques thermiques. Dans de telles régions, un ensemble de caractéristiques climatiques est donc susceptible d'agir sur différents phénomènes biologiques pour limiter les possibilités de culture de la vigne.

La seconde idée générale simple est relative **au changement de nature des facteurs limitants qui peut se produire suivant les grands types de climat.** Ainsi dans la région océanique de Cherbourg, les conditions thermiques de l'hiver et du printemps ne jouent évidemment plus aucun rôle défavorable (tableau II). Pourtant, la vigne n'y est pratiquement pas cultivée. Les facteurs limitants sont, on le sait, les conditions de température et d'insolation pendant la période de végétation. L'évolution

observée dans la région atlantique est à cet égard très suggestive. De Brest à Bordeaux, les conditions héliothermiques deviennent de plus en plus favorables. Cependant, la région de Bretagne, où la vigne est absente, se caractérise surtout par une moyenne des températures maximales particulièrement basse pendant la période de végétation (tableau II). En fait, c'est essentiellement aux époques où devraient avoir lieu le début de la croissance des rameaux (avril) et la maturation des fruits (septembre-octobre) que le climat de cette région est défavorable. Les températures maximales y sont très inférieures à celles des autres régions situées un peu plus au sud et même à celles de l'Alsace. Ainsi se trouve soulignée la nécessité de ne pas prendre en considération globalement l'ensemble de la période de végétation mais d'étudier séparément les différentes phases qui la composent.

En outre, le fait, par exemple, que la station de Strasbourg soit assez proche d'une grande région viticole met en évidence **l'insuffisance des données météorologiques classiques.** La situation de coteau du vignoble d'Alsace diminue considérablement les risques de gelée et corrige l'insuffisance énergétique que laissait prévoir une durée d'insolation comparable à celle de la Bretagne.

Dans ces conditions, on comprend qu'il soit très difficile, sinon impossible, de définir les possibilités de végétaton de la vigne à l'aide des nombreux types d'indices climatiques qui ont été proposés. Ces indices ne tiennent compte ni du stade développement de la plante au moment où les facteurs physiques considérés interviennent, ni de la situation topographique du vignoble, facteur pourtant capital dans les zones les moins favorisées. Pour qu'un indice climatique ait une valeur agronomique réelle, il faudrait qu'il soit l'aboutissement d'une analyse biologique expérimentale (GESLIN, 1947) et qu'il utilise des observations climatologiques relevées à l'échelle de la petite région homogène ou d'un groupe de parcelles (KUNHOLTZ-LORDAT, 1963). Les travaux du type de ceux décrits dans la première partie de cet exposé pourraient, à long terme, conduire à l'établissement de tels indices.

Les considérations relatives au **rôle de l'eau en tant que facteur limitant** de la végétation sont peut être moins importantes que celles relatives à l'influence de la température ou du rayonnement solaire. Faisant abstraction des problèmes de pathologie liés à la fréquence et à l'importance des précipitations, il nous resterait à discuter les conditions de survie de la vigne dans des zones semi-arides. La vigne à très faible densité de plantation ou sous forme de souches isolées vit bien mais produit peu.

## TABLEAU I

**Caractéristiques thermiques hivernales de quelques stations françaises**
(Températures sous abri) (GARNIER 1967)

| STATIONS ET ALTITUDES (m) | Température moyenne de janvier (° C) | Température minimale absolue (° C) | Grands froids (Mm ⩽ — 10° C) | | Dates moyennes | | Durée moyenne de la période sans gelée (jours) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | nombre moyen annuel de jours | nombre d'hivers | dernière gelée de printemps | première gelée d'automne | |
| MULHOUSE 167 | — 2,8 | — | 7,0 | 14/15 | 24 IV | 23 X | 181 |
| STRASBOURG 150 | — 2,3 | — 22,2 | 6,3 | 25/30 | 23 IV | 22 X | 181 |
| NANCY 212 | — 1,8 | — 24,8 | 7,4 | 26/30 | 28 IV | 15 X | 171 |
| TARARE 720 | — 2,4 | — 22,1 | 6,4 | 25/30 | 26 IV | 21 X | 178 |
| CHERBOURG 8 | + 4,4 | — 6,2 | 0 | 0/30 | 20 II | 25 XII | 321 |

## TABLEAU II

**Températures sous abri et durée d'insolation de quelques stations françaises pour la période du 1er Avril au 31 Octobre**
(GARNIER 1967)

| STATIONS<br>ALTITUDE (m) | STRASBOURG<br>150 | BREST<br>98 | ANGERS<br>51 | POITIERS<br>117 | ANGOULEME<br>83 | BORDEAUX<br>46 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Température moyenne minimale (° C) | 9,4 | 9,8 | 9,9 | 9,9 | 10,4 | 10,7 |
| Température moyenne maximale (° C) | 20,3 | 17,0 | 20,6 | 20,7 | 21,8 | 23,2 |
| Durée moyenne d'insolation (heures) | 1327 | 1311 | 1420 | 1557 | 1502 | 1507 |
| Température moyenne mensuelle maximale (° C) Avril | 15,5 | 13,0 | 15,6 | 15,7 | 16,8 | 18,4 |
| Septembre et Octobre | 17,6 | 16,7 | 19,0 | 19,0 | 20,0 | 21,3 |

par exemple, en Tunisie dans la région de Sfax (209 mm) ou dans l'île de Djerba (209 mm). Pour toutes les régions méditerranéennes à pluviosité peu importante, la vigne produit d'autant mieux qu'elle est moins mal alimentée en eau. SPIEGEL-ROY et BRAVDO (1964), considèrent qu'en Israël « il faut 500 mm de pluie par an pour obtenir un rendement satisfaisant sans irrigation ». Cette norme peut être discutée en fonction, d'une part du régime des pluies et d'autre part de facteurs économiques propres à chaque pays.

Pour terminer ce chapitre, il faudrait analyser le **comportement de la vigne sous les climats tropicaux et équatoriaux.** En fait, les résultats relatifs à l'action de la température sur la dormance des bourgeons présentés dans la première partie de ce travail permettent d'être maintenant très bref. Si la vigne est constamment alimentée en eau et si la température demeure toute l'année suffisamment élevée, une méthode de taille appropriée doit en principe permettre une production continue (QUENOT 1947). En Inde, où la dormance ne paraît pas non plus s'installer, deux cycles de végétation par an peuvent être obtenus (RIVALS 1957). Par contre plus au nord, la température hivernale devient suffisamment basse pour permettre l'entrée en dormance des bourgeons et trop élevée cependant pour que cette dormance disparaisse totalement. Le débourrement erratique qui en résulte peut présenter des inconvénients agronomiques graves et modifier la morphologie des parties pérennes de la plante. Il en est ainsi, par exemple, dans certaines régions d'Argentine, à moyenne altitude dans l'île de Madagascar et même en Israël, dans la vallée du Jourdain. Des méthodes particulières de taille et des traitements biochimiques avant débourrement sont souvent mis en œuvre dans ces régions.

## B — LE CLIMAT DES REGIONS VITICOLES.

A l'intérieur de la zone où la végétation de la vigne n'est pas limitée par le climat, la production viticole intéresse de très nombreuses régions représentant approximativement dans le monde 10 millions d'hectares et en Europe 7,5 millions d'hectares (en comptant l'U.R.S.S.). En l'absence d'une étude assez générale du climat de la vigne, il paraît souhaitable d'essayer de définir comparativement quelles sont les grandes caractéristiques thermiques et pluviométriques des principales régions de culture la vigne. Cependant, une telle définition pose un difficile problème de méthode. Renonçant à utiliser les divers indices climatiques élaborés notamment par les phytogéographes, il m'a paru préférable de mettre en œuvre une méthode plus simple mais qui, malgré ses imperfections évidentes, tiendra un peu compte du rythme de développement de la plante.

## 1. - Etude à l'échelle géographique

### a) Le facteur température.

Puisque le phénomène de dormance des bourgeons n'apparaît pas comme facteur limitant dans les zones à vocation viticole, il ne sera pas tenu compte des températures intervenant dans son déterminisme. Par contre, il faudra prendre en considération les conditions thermiques dans lesquelles s'effectue **la croissance des bourgeons avant le débourrement et le départ de la végétation.** L'époque du débourrement contribue à déterminer à la fois les risques de gelée de printemps et la durée de la période de végétation. Sous des climats de type méditerranéen, les conditions thermiques des mois de janvier, février, mars et avril sont essentiellement à retenir en utilisant, non pas les températures moyennes mensuelles, mais les valeurs moyennes des températures maximales et minimales. Ces dernières, en effet, ont l'avantage de mieux tenir compte des caractéristiques climatiques d'une région (influence continentale, méditerranéenne ou d'altitude). En outre, elles fournissent des éléments plus précis concernant l'influence du milieu sur les phénomènes végétatifs. La seconde phase de végétation paraissant susceptible d'être utilisée pour une comparaison du climat des grandes régions viticoles, paraît être **la phase de croissance des rameaux.** D'une manière un peu arbitraire, on peut estimer qu'elle correspond souvent aux quatre mois d'avril à juillet Là encore, nous prendrons en considération les températures moyennes maximales et minimales correspondantes. Enfin, il sera possible de se référer à **la période de croissance et de maturation des baies** dont on admettra qu'elle peut correspondre, au moins dans un grand nombre de cas, aux mois de juillet, août et septembre. Pour les trois périodes ainsi définies il a été possible de calculer des valeurs normales des températures maximales et minimales correspondant à quelques régions viticoles dans chacun des pays méditerranéens (M.O. 1958).

**La phase de croissance avant le débourrement et la période de départ de la végétation** (fig. 20) se caractérisent par une relation relativement étroite entre les températures moyennes minimales et maximales. La gamme des valeurs numériques observées est importante à considérer. Les maximums varient de + 7 à + 18° C. Les vignobles des différents pays se situent d'une manière très précise les uns par rapport aux autres. Les différentes régions viticoles françaises font preuve d'une grande diversité thermique ; les vignobles espagnols sont, au contraire, beaucoup plus groupés. On remarque également l'analogie thermique qui existe entre les vignobles grecs et ceux d'Afrique du nord, groupe

de vignobles dans lequel viennent se placer également ceux de Palerme et de Malaga.

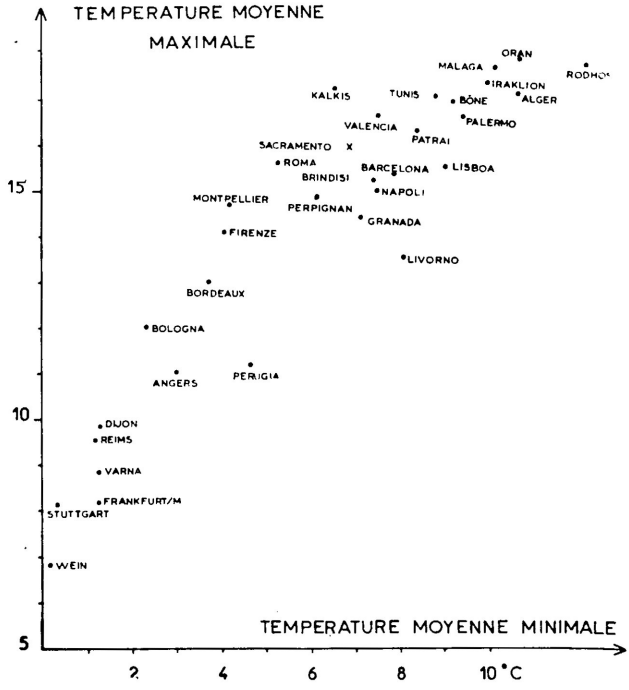



Fig. 20. — Répartition de quelques régions viticoles en fonction des températures moyennes minimales et maximales sous abri, au cours de la période de janvier à avril.

**La phase de croissance des sarments** présente des caractéristiques totalement différentes. L'ensemble des vignobles considérés paraît se subdiviser en deux groupes. Le premier groupe correspond aux vignobles de climats continentaux ou atlantiques qui demeurent à cette époque relativement froids. (Maximums et minimums moyens respectivement de l'ordre de 20 et 10° C). Un autre groupe intéresse l'ensemble des vignobles dont le climat est à prédominance méditerranéenne. Il se caractérise par une gamme de températures beaucoup plus élevées et par une variabilité géographique beaucoup plus grande. Les maximums sont compris entre 22 et 28° C et les minimums entre 12 et 19° C (fig. 21). A l'intérieur de cet ensemble, chaque pays comprend des gradients climatiques, à la fois très marqués et très caractéristiques, se traduisant, d'une manière générale, par une variation simultanée des deux critères thermiques utilisés. En outre, un déplacement vers les températures de plus en plus élevées a lieu lorsqu'on passe de la France à l'Italie et à l'Espagne, puis à l'Afrique du nord et enfin à la Grèce.

**Les caractéristiques climatiques de la période de croissance et maturation des baies** présentent une certaine analogie avec celles de la période

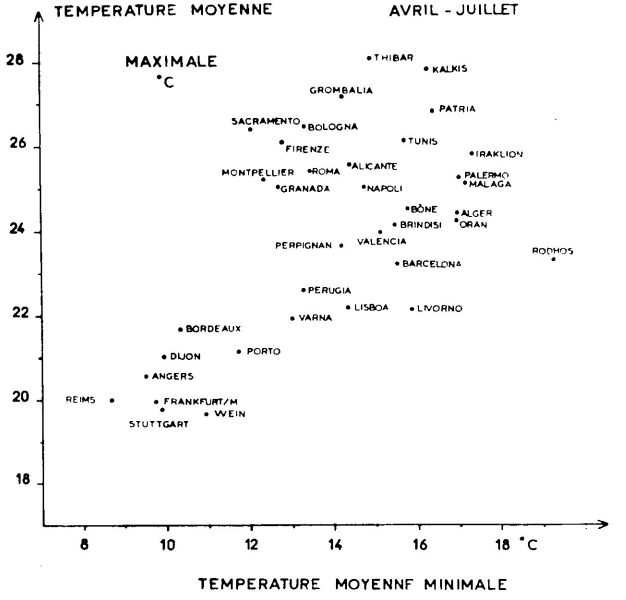



Fig. 21. — Répartition de quelques régions viticoles en fonction des températures moyennes minimales et maximales sous abri, au cours de la période d'avril à juillet.

précédente (fig. 22). Les vignobles de climats continentaux et atlantiques (la région de Lisbonne mise à part) sont de nouveau très groupés, leurs températures demeurant assez basses (maximums et minimums toujours inférieurs respectivement à 25° et 14° C). Les vignobles de climat méditerranéen se situent dans des régions ayant des gammes de températures tout à fait différentes et particulièrement étendues, ce qui souligne bien la grande diversité des conditions dans lesquelles s'effectue la maturation des baies. De Grenade à Rodhos, les minima moyens varient de 14 à 24° C. De Livourne à la région d'Athènes, les maximas moyens augmentent de 26 à 32° C. Ce sont donc surtout les températures moyennes minimales qui, à l'échelle géographique, présentent une plus grande variabilité pendant la période de maturation. De même, la localisation graphique des divers vignobles apparaît comme très différente de celle observée dans les autres phases de végétation. C'est ainsi que l'écart entre Montpellier et Perpignan varie progressivement au cours de l'année. Avant le débourrement, les maximums sont pratiquement les mêmes dans les deux régions, mais les minimums à Perpignan sont de 2° C plus élevés qu'à Montpellier. A l'époque de la maturation, les minimums sont pratiquement les mêmes aux deux endroits, mais les maximums sont alors de 2° C plus élevés à Montpellier qu'à Perpignan.

La présentation qui vient d'être faite des caractéristiques thermiques des vignobles à l'échelle géographique, est évidemment très critiquable dans la mesure où elle ne tient guère compte de la réalité biologique : choix du cépage et rythme de développement notamment. Elle a cependant le mérite d'attirer l'attention sur les insuffisances que présente la considération des seules températures moyennes et sur la nécessité de

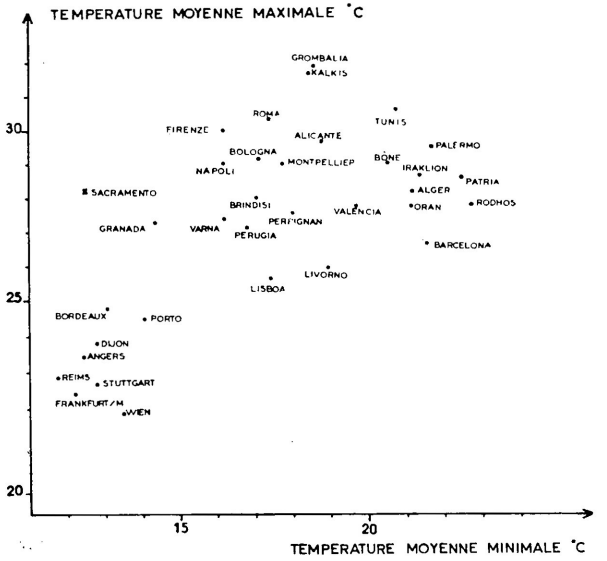



Fig. 22. — Répartition de quelques régions viticoles en fonction des températures moyennes minimales et maximales sous abri, au cours de la période de juillet à septembre.

subdiviser l'ensemble du cycle de développement de la vigne en un certain nombre de phases, aussi bien pour des raisons climatiques que biologiques. Il apparaît également indispensable de se demander si, pour les vignobles relativement nordiques de régions continentales ou atlantiques, les stations prises habituellement comme référence sont suffisamment représentatives des condiditions de culture en collines où la vigne se développe effectivement.

**b)** Le facteur eau.

Là encore, il n'est pas possible de faire reposer une étude comparative du régime pluviométrique des diverses régions viticoles sur des considérations biologiques très précises. Il est pratiquement indispensable de se limiter à une distinction simpliste entre, d'une part, les pluies d'automne et d'hiver (août à mars) qui reconstituent les réserves en eau du sol et d'autre part, les pluies de printemps et d'été qui sont un appoint important sous le climat méditerranéen et dont l'effet indirect

néfaste est de mieux en mieux combattu grâce aux produits phytosanitaires. On peut dire que chaque région viticole se caractérise par la hauteur totale de pluies annuelles et par la fraction de ces pluies qui tombent pendant la période estivale. Du point de vue graphique, ces deux caractéristiques se mettent facilement en évidence si l'on porte, en abscisses les pluies d'hiver et en ordonnées, les pluies d'été (fig. 23).

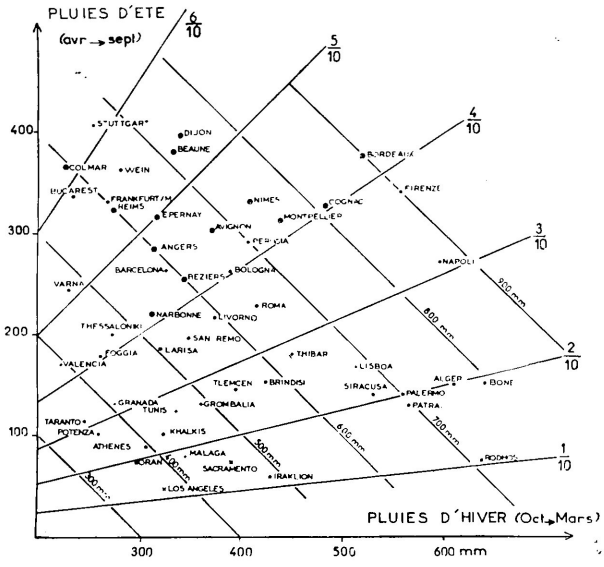



Fig. 23. — Caractéristiques pluviométriques de quelques stations viticoles : pluviosité totale et importance relative des pluies d'hiver et d'été.

L'ensemble des régions viticoles considérées couvre une gamme de pluviométrie annuelle de 350 à 900 mm, les pluies d'été pouvant représenter de 1/10 à 6/10 de cette hauteur d'eau totale. Entre ces valeurs extrêmes, pratiquement toutes les situations possibles sont représentées. Leur analyse peut être faite par trois méthodes différentes. On peut considérer des gammes de hauteur d'eau constante et voir comment se situent, suivant la proportion de pluies d'été, les diverses régions correspondantes. En deuxième lieu on peut analyser, pour des proportions de pluies déterminées, comment varient suivant le site géographique, la hauteur d'eau totale reçue. Enfin, on peut se demander, pour un pays déterminé, comment se situent ses différentes régions viticoles, compte tenu à la fois, de la pluviosité totale et de la pluviosité estivale.

Prenons, par exemple, le cas d'une pluviométrie de 600 à 700 mm. On la rencontre à Patras, Syracuse et Palerme où les pluies d'été représentent environ 2/10. La même hauteur totale d'eau est reçue à Rome

et à Bologne, mais 4/10 environ tombent en été. A Angers, Epernay, Reims, qui se situent toujours dans la même gamme, les pluies d'été représentent 5/10. Les conséquences viticoles de cette évolution du régime des pluies sont à la fois importantes et bien connues. Dans les régions les plus méridionales, la pluie d'été est un facteur hautement favorable, alors que dans les vignobles plus nordiques, les bonnes récoltes sont obtenues à la suite d'étés relativement secs et chauds.

Prenons maintenant le cas de l'ensemble des régions qui reçoivent de 4/10 à 5/10 de la pluie totale pendant l'été. C'est le cas de Valencia et Salonique (400 à 450 mm) et d'un grand nombre de vignobles français. Ces derniers se classent très régulièrement depuis Narbonne (530 mm) jusqu'à Montpellier (750 mm) et Bordeaux (900 mm).

Il n'était pas question, dans ce très rapide examen du facteur eau à l'échelle géographique, de faire plus que situer les grandes régions viticoles par rapport les unes aux autres. Seules les données relatives à l'évapotranspiration potentielle et à l'évapotranspiration réelle de la vigne qui ne sont d'ailleurs pas disponibles, pourraient permettre une analyse plus approfondie. Le graphique très simple qui a été établi a cependant l'intérêt de montrer l'extrême variabilité des situations pluviométriques où se développe la vigne et tout le parti qu'on pourrait en tirer dans le cadre d'une expérimentation concertée sur le plan international.

**2. - Etude à l'échelle d'une région.**

Il faut se demander maintenant qu'elle est la représentativité de la station climatique utilisée comme référence (Epernay, Grenade, Patras, etc...) par rapport à la région viticole qui l'entoure ou, plus exactement, qu'elle est l'hétérogénéité climatique d'une région viticole.

Du point de vue agronomique, chaque grande région viticole présente souvent une certaine unité. Le choix des porte-greffes et des cépages disponibles est en général assez limité, seule la proportion des différents types biologiques et l'âge des plantations peuvent varier considérablement. De même, les types de sol sont souvent assez voisins ; le mode de conduite et les méthodes de taille caractérisent généralement l'ensemble de la région.

Par contre, la topographie (pente et orientation), les conditions hydriques du sol, l'environnement par les autres cultures et finalement, les conditions mésoclimatiques peuvent être très variables à l'échelle du

kilomètre ou de quelques dizaines de kilomètres. Qui plus est, la variabilité de ces conditions, à la fois au cours d'une même année et suivant les années, est souvent considérable surtout dans les climats méditerranéens où se développe la vigne. Il est donc nécessaire, dans une étude théorique du climat d'une région viticole, d'envisager successivement la variabilité du milieu physique à l'intérieur de cette région, sa variabilité en fonction des années et enfin de discuter les méthodes qui pourraient permettre d'apprécier les conséquences viticoles de ces variations.

**a)** Variabilité climatique à l'intérieur d'une région viticole.

En France tout au moins, il est pratiquement impossible de trouver des séries d'observations d'assez longue durée, relatives à un nombre suffisant de postes météorologiques peu distants les uns des autres, pour analyser de manière satisfaisante la variabilité climatique à l'intérieur d'une région viticole. Pour la Bourgogne, MOUILLEFERT, (1891) cite un travail concernant deux cents postes climatologiques sans indiquer les résultats des observations ; GADILLE (1967) analyse une série très importante de renseignements relativement récents et d'origines diverses mais qui ne se prêtent pas à une analyse statistique. Il a donc fallu utiliser les observations publiées par la Commission Météorologique du département de l'Hérault (1951 à 1968). Dans ce département où la vigne couvrait, en 1951, environ 185.000 hectares, soit 68 % des terres cultivées (GALET 1958), on a retenu huit stations pour l'étude de la température et onze pour celle de la pluie (GALZY R., GALZY P., NIGOND J., PLAN C., REMOND J., 1970). Toutes ces stations sont situées dans une région de la plaine du Languedoc correspondant approximativement à 90 km dans le sens est-ouest et à 20 km dans la direction nord-sud.

Pour étudier **la variabilité de la pluie** dans cette zone, l'exemple des mois d'avril, mai et juin, particulièrement importants sur le plan viticole a été utilisé. Le sondage effectué correspond à une période de quinze années au cours de laquelle la pluviosité moyenne pour les trois mois a été à Montpellier (Station de Bel Air) de 127 mm ; cette valeur apparaît d'ailleurs très inférieure à la normale qui, d'après CHAPTAL, correspond à 178 mm. La méthode mise en œuvre consiste à calculer pour chaque station et pour chaque année, l'écart avec la hauteur de pluie reçue à Montpellier, E.N.S.A.M. Les valeurs ainsi obtenues sont présentées sous forme d'un polygone de fréquences relatives (fig. 24). En premier lieu apparaît une forte dissymétrie de la distribution, les écarts négatifs étant très nettement les plus fréquents. En second lieu, il faut souligner la grande dispersion des valeurs locales par rapport à la station de référence.

L'écart moyen pour les quinze années étudiées correspond à 36 mm et les valeurs extrêmes à — 140 et + 180 mm. Une telle analyse mériterait d'être effectuée à chacune des différentes phases de végétation de la vigne. Le graphique 25, relatif à la période du 1er juillet au 31 août, montre comment les résultats obtenus peuvent différer suivant l'époque considérée, la pluviosité étant encore plus variable pendant la maturation des

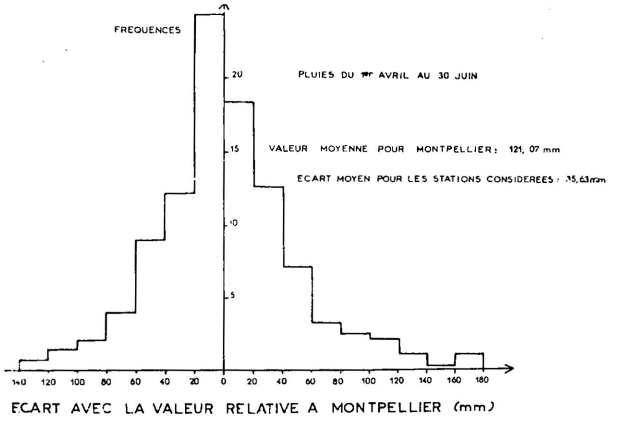



Fig. 24. — Variabilité de la pluie dans la partie de la plaine du Languedoc appartenant au département de l'Hérault. Ecart avec la station de Montpellier E.N.S.A.M. Période du 1er avril au 30 juin. (Années d'observation, 1954 à 1969).

baies que pendant la croissance des rameaux. Ces premières indications permettent de situer l'importance de la variabilité de la pluie à l'échelle d'une région viticole et de considérer ce paramètre climatique comme pouvant être l'un des plus importants dans le déterminisme de la variabilité de la production viticole.

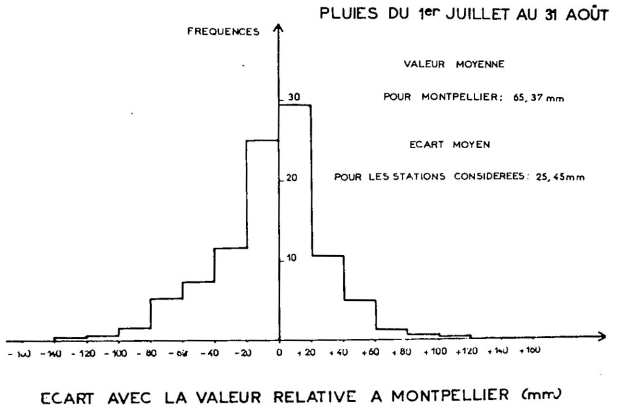



Fig. 25. — Variabilité de la pluie dans la partie de la plaine du Languedoc appartenant au département de l'Hérault. Ecart avec la station de Montpellier E.N.S.A.M. Période du 1er juillet au 31 août. (Années d'observation, 1954-1969.)

**La variabilité de la température** a été étudiée avec la même méthode et en prenant toujours pour référence la station de Montpellier, E.N.S.A.M. La période considérée correspond, pour quinze années, aux mois de juillet et août et recouvre donc l'ensemble de la phase de maturation des baies, le début des vendanges ayant lieu en moyenne vers le 5 septembre dans cette région. Les écarts de température observés (fig. 26) suivant les localités sont, si l'on peut risquer cette comparaison, peut être moins importants que ceux mis en évidence dans le cas de la pluie (fig. 25). Cependant, il faut souligner que ces écarts concernent des températures maximales et minimales moyennes mensuelles. Or, si l'on fait abstraction des valeurs extrêmes, on constate que dans 85 % des cas environ, l'écart relatif aux températures maximales est compris entre — 3 et + 2°C, celui concernant les températures minimales se situant dans la gamme de — 3 à + 1° C. Une telle variabilité peut évidemment contribuer à expliquer les variations observées suivant les communes de la région étudiée aussi bien pour la date de maturité commerciale (début des vendanges) que pour le degré alcoolique et l'acidité de la récolte.

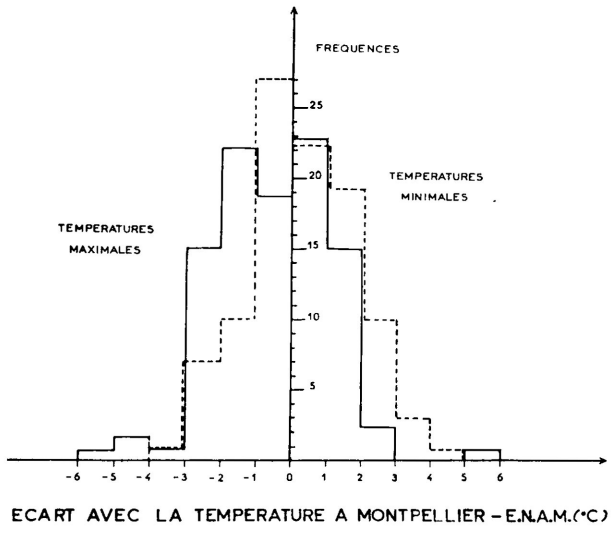



Fig. 26. — Variabilité des températures maximales et minimales moyennes sous abri au cours des mois de juillet et août dans la partie de la plaine du Languedoc appartenant au département de l'Hérault. Ecart avec la station de Montpellier E.N.S.A.M

Bien qu'il ne faille en aucun cas donner à la variabilité de la pluie et de la température un caractère cumulatif, les résultats précédents conduisent néanmoins à penser qu'une station comme celle de Montpellier peut difficilement être prise comme référence unique pour une région viticole aussi vaste que la partie de la plaine du Languedoc comprise

dans le département de l'Hérault. C'est manifestement à une échelle géographique beaucoup plus limitée que les données de l'abri météorologique peuvent être utilisées pour étudier l'influence du climat sur la production viticole. Le sondage dont les résultats viennent d'être présentés fournit uniquement un ordre de grandeur des variations possibles et ne permet pas de savoir quelle unité géographique il serait utile de retenir. Pour préciser les limites d'une telle unité, il faudrait réaliser une étude climatologique beaucoup plus fine fondée sur les résultats de très nombreux lieux d'observation.

*Variabilité climatique pour une même station.*

Il est maintenant nécessaire d'essayer de situer l'importance de la variabilité climatique au cours des années. Prenons l'exemple de la pluie à la station de Montpellier. VERNET et MARGER (1946) ont réalisé une étude statistique qui fournit, entre autres exemples, le polygone des fréquences de la quantité d'eau reçue pendant les mois de mars, avril et mai au cours de la période 1852-1945. La dissymétrie de la distribution apparaît très nettement, les périodes plus sèches que la normale étant les plus fréquentes (60 % des cas). La variabilité individuelle est très importante puisque l'écart moyen atteint 43 %.

En fait, la variabilité annuelle de la pluie au cours des trois mois de mars, avril et mai à Montpellier apparaît comme étant du même ordre de grandeur ou même un peu plus importante que la variabilité géographique de la pluie des mois d'avril, mai et juin à l'intérieur de la partie héraultaise de la plaine du Languedoc. Si la variabilité annuelle et la variabilité géographique régionale sont du même ordre, on peut faire l'hypothèse que, toutes autres choses égales par ailleurs, les caractéristiques de la récolte pourront être aussi variables à l'intérieur de la région au cours d'une même année, qu'elles le sont en un même lieu suivant les années.

**b)** Variabilité viticole à l'intérieur d'une région

Prenons comme base, le travail du « Comité de propagande et d'expansion des produits agricoles de l'Hérault » qui a divisé le département en six micro-régions viticoles dont il est admis qu'une partie au moins de leurs vins de consommation courante peut être commercialisée sous la même dénomination.

Dans le cas de la micro-région « Clapas et Garrigue » qui comprend quatre vingt neuf communes, un sondage a été fait en vue de déterminer

quelles pourraient être les méthodes à appliquer pour l'étude de sa production viticole. Un facteur très favorable est que l'Aramon (65 %) et le Carignan (23 %) représentent la plus grande partie de l'encépagement. Par contre, l'hétérogénéité pédologique et topographique est assez grande. Le travail effectué (GALZY R., GALZY P., NIGOND J., PLAN C. et REMOND J., 1970) repose entièrement sur les caves coopératives qui ont bien voulu nous fournir, souvent pour un grand nombre d'années, la contenance de chaque cuve ainsi que le degré alcoolique et l'acidité du vin. A partir de ces indications, un groupement par classe suivant la teneur en alcool et l'acidité permet de connaître les quantités totales correspondantes de vin produites et de réaliser une présentation graphique.

L'intérêt de cette présentation est mis en évidence en prenant comme exemple la production viticole de la commune de Montarnaud (fig. 27) dont on peut étudier différentes caractéristiques.

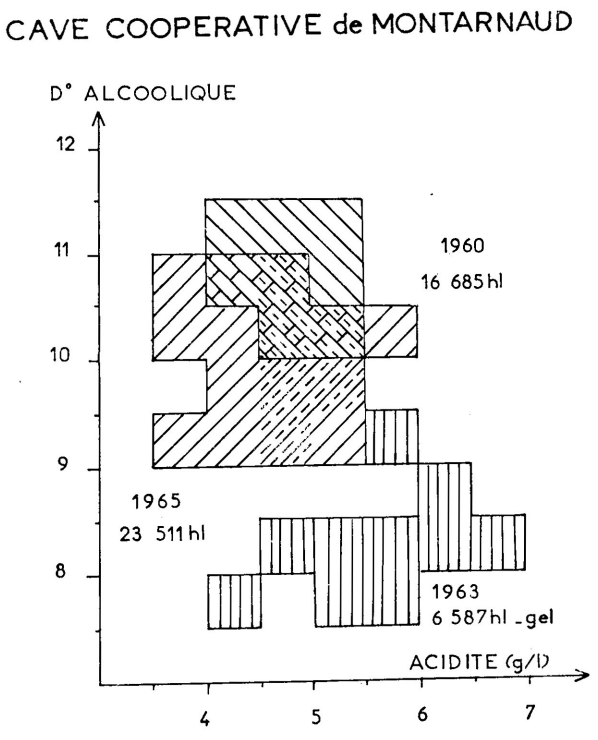



Fig. 27. — Caractéristiques des vins produits par la cave coopérative de Montarnaud (Hérault) au cours des années 1960-1963-1965.

Pour une même année :

— localisation du « noyau principal » constitué par les « zones d'acidité et de teneur en alcool » représentant plus de 10 % de la production totale.

— variabilité des types de vins à l'intérieur de ce « noyau principal ».

Pour différentes années :

— déplacement du noyau principal de production en fonction notamment des conditions climatiques.

— modification des caractéristiques de variabilité que présente la production annuelle.

— influence de phénomènes particuliers tels que les gelées de printemps (1963).

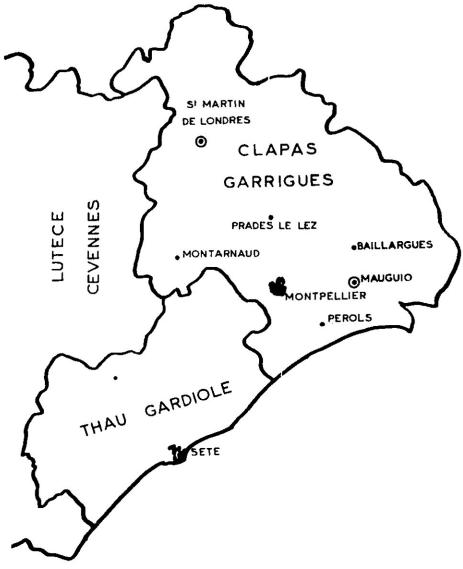



Fig. 28. — Limites de la micro-région « Clapas et Garrigues » définie par le Comité de propagande et d'expansion des produits agricoles de l'Hérault.

En utilisant cette méthode d'analyse, il a été possible d'effectuer une série de sondages concernant, par exemple, les caractéristiques de la production viticole pour quelques communes de la région « Clapas et Garrigue » (fig. 28). Ainsi, pour l'année 1966 et en se limitant toujours aux zones qui représentent plus de 10 % de la récolte de chaque commune (fig. 29), une variation très progressive des caractéristiques du « noyau principal de production » apparaît lorsqu'on passe du nord au sud de la micro région. Ces communes s'inscrivent dans un cercle ayant moins de

20 kms de rayon et pourtant cette année lè, leur production principale a varié depuis des vins ayant 9°,5 d'alcool et 4 g d'acidité jusqu'à des vins de 11°,5 et 5,5 g d'acidité, les rendements évoluant d'ailleurs vraisemblablement dans le même sens. Cet exemple a pour principal intérêt de montrer la possibilité d'étudier la production viticole à petite échelle en utilisant des données quantitatives précises et hautement significatives en raison de l'importance des caves coopératives qui veulent bien apporter leur collaboration.

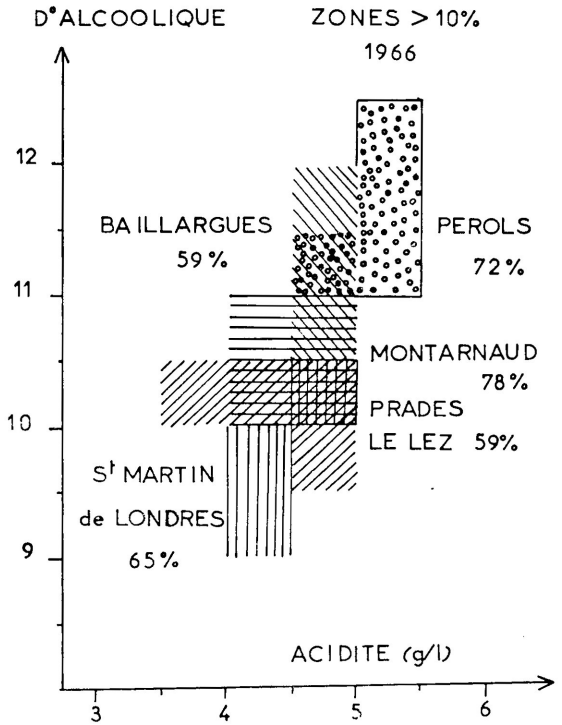



Fig. 29. — Caractéristiques des vins produits en 1966 par cinq caves coopératives de la micro-région « Clapas et Garrigues » du département de l'Hérault.

*Variabilité viticole pour une même commune.*

Là encore, il ne s'agit pas de présenter les résultats concernant l'ensemble de la micro-région étudiée. Seul sera retenu un exemple concernant deux caves coopératives de communes très différentes et relatif à la production de six années. Bien que très courte, cette période va permettre de comparer deux types de production à l'intérieur d'une micro-région.

A Montarnaud (fig. 30) où la production totale a été de l'ordre de 130.000 hl, les divers types de vins produits couvrent un ensemble de 26 « zones » (selon la terminologie adoptée). Cependant, malgré cette dispersion un noyau de production apparaît très nettement : les vins contenant 10 à 11° d'alcool et 4 à 5 g d'acidité représentent environ 67.000 hl soit 51 % de la production. Il semble donc possible pour cette commune, de définir un type de production caractéristique, comme le souhaitent les organismes professionnels.

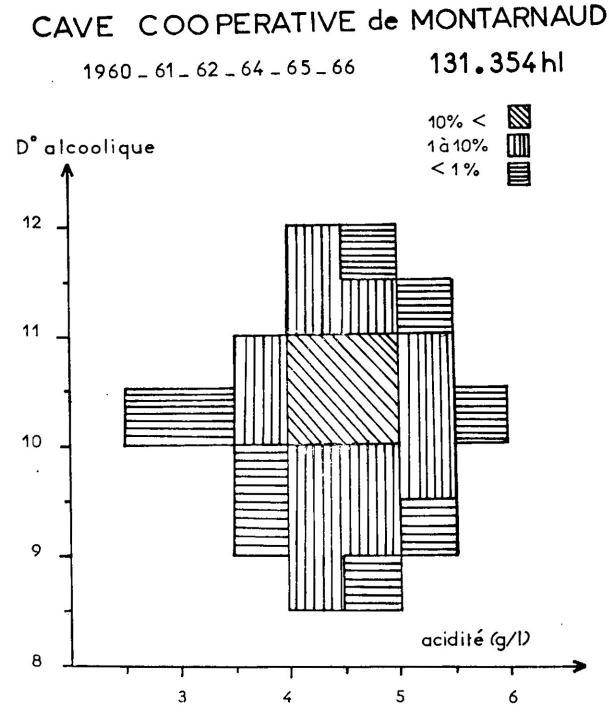



Fig. 30. — Caractéristiques des vins produits par la cave coopérative de Montarnaud (Hérault) pour l'ensemble des années : 1960-1961-1962-1964-1965-1966.

A Marsillargues (fig. 31) où la production totale étudiée correspond à 650.000 hl, la situation est tout à fait différente. L'ensemble des vins de la cave couvre 46 zones et deux d'entre elles seulement, très éloignées d'ailleurs l'une de l'autre, représentent plus de 10 % de la production (respectivement 82.000 et 96.000 hl). On peut évidemment conclure, pour les six années étudiées, à une légère prédominance de deux types de vins faits dans ce territoire, l'un d'entre eux seulement (10,5 à 11,0° et 4 à 4,5 g d'acidité) existant également à Montarnaud.

En fait, ces résultats mériteraient une très longue analyse relative au déterminisme des phénomènes ainsi mis en évidence et à leurs conséquences à la fois sur les plans bioclimatologiques et œnologiques. Pour l'instant, on soulignera seulement qu'ils montrent la nécesisté d'un type nouveau d'études viticoles à une échelle de recherche qui n'est habituellement pas envisagée.

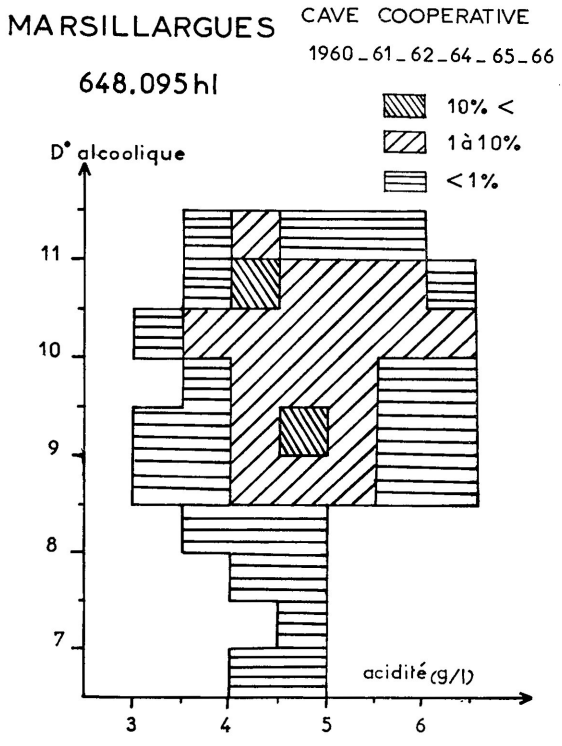



Fig. 31. — Caractéristiques des vins produits par la cave coopérative de Marsillargues (Hérault) pour l'ensemble des années : 1960-1961-1962-1694-1965-1966.

## C. — L'INFLUENCE DU MESOCLIMAT.

Le terme de « mésoclimat » dont GODARD (1949) a souligné l'intérêt est sans doute préférable à celui de topoclimat (PASZYNSKI 1968). Il correspond en fait, à la même échelle de distances, mais, ayant un sens plus général, il englobe à la fois l'influence du relief et celle d'autres facteurs tels que la végétation (forêts, par exemple) ou les cours d'eau. Dans le domaine viticole, l'influence mésoclimatique est capitale. Il suffit de rappeler les résultats de l'étude faite par l'Office International de la Vigne et du Vin (O.I.V.) montrant que, pour les trois premiers pays producteurs de vin (Italie, Espagne, France), les vignobles de coteaux

représentent en moyenne 42 % de la surface plantée en vigne. En Allemagne et en Suisse, pays plus septentrionaux, ces vignobles sont encore plus important (59 %). Au total, pour un ensemble de dix pays, le vignoble de coteaux représente 47 % et pratiquement la totalité de la production des vins de qualité. L'importance économique des études de mésoclimatologie de la vigne se trouve ainsi soulignée. Pourtant, les rapports de l'O.I.V. font état de bien peu de recherches expérimentales dans ce domaine, sauf pour certains pays de l'Europe de l'Est (STOEV, 1966).

### 1. - Le rayonnement solaire global

Parmi toutes les études théoriques ou expérimentales relatives à l'insolation des pentes, on peut choisir comme exemple le travail effectué par TURNER (1966) dans la région de Davos. Il concerne une parcelle d'environ 7 hectares située entre 2.000 et 2.300 mètres d'altitude sur une pente d'orientation moyenne NE et d'inclinaison moyenne 35°. Bien que cette situation ne présente évidemment aucun intérêt viticole, certains des phénomènes mis en évidence méritent d'être rapportés.

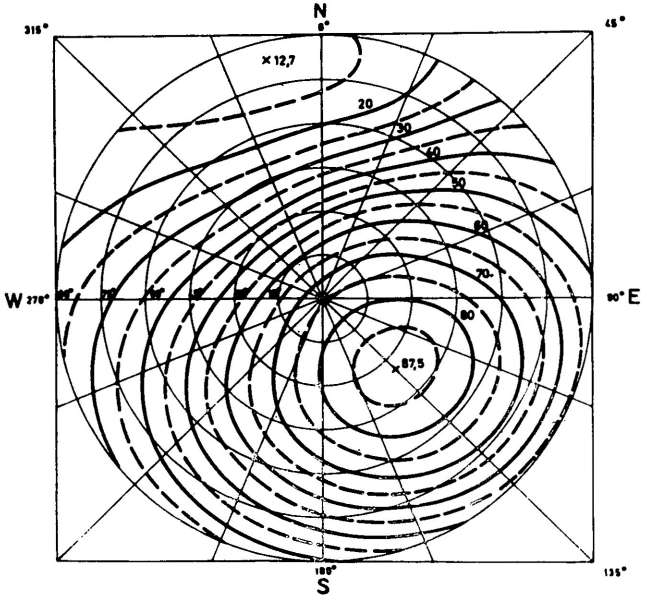



Fig. 32. — Isolignes du rayonnement global sur la surface supérieure d'une 1/2 sphère par temps clair au cours de la période de végétation. Valeurs exprimées en Kcal/cm2. (Turner, 1966.)

En particulier TURNER a déterminé, par ciel clair, les valeurs du rayonnement global pour trois journées (21 juin, 19 août, 23 septembre)

et pour la période du 15 mai au 30 septembre dans le cas de huit orientations principales et de pentes de 0,15, 30, 45°, etc...

Pour l'ensemble de la période considérée et sous la latitude étudiée (46° 47'), (fig. 32) ce sont les surfaces orientées au sud-est et de pente comprise entre 25° et 48° qui reçoivent la plus grande quantité d'énergie (18 % de plus qu'une surface horizontale). Dans le cas de deux pentes de 30° exposées l'une à l'est, l'autre à l'ouest, les quantités de chaleur reçues sont dans le rapport de 1,5 à 1.

Les valeurs journalières montrent également la supériorité des expositions est, sud-est et sud qui, de juin à septembre et pour des pentes de 15 à 30°, reçoivent toujours plus d'énergie qu'une surface horizontale. Au contraire, cette dernière surface est plus favorisée que les pentes d'orientation sud-ouest et ouest. **Les écarts constatés suivant l'orientation vont en augmentant de juin à septembre.** Ainsi, le 30 septembre, des pentes de 15 à 30° orientées au sud-est ont reçu l'une 28 %, l'autre 46 % d'énergie solaire de plus qu'un sol horizontal alors que le 21 juin elles recevaient seulement, 10 et 11 % de plus. Cette évolution de l'influence de la pente sur le mésoclimat au cours de la saison ne doit pas manquer, chez la vigne, d'influencer les conditions de maturation et par conséqent la qualité de la récolte.

Un autre exemple typique fourni par TURNER est relatif à l'évolution du rayonnement solaire global au cours de la journée sur des pentes de 40° d'orientation nord, nord-est et est (fig. 33). Les valeurs indiquées

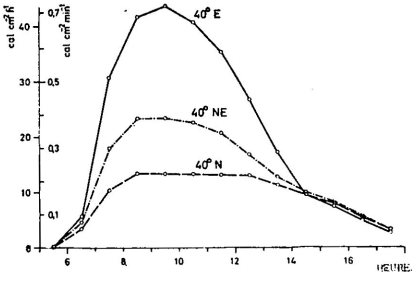



Fig. 33. — Enregistrement du rayonnement global sur des pentes de 40° exposés au nord, nord-est et est sur l'aire expérimentale de Stillbergalp. Moyenne mensuelle horaire : septembre 1965. (Turner, 1966).

sont relatives à une journée moyenne de septembre 1965, mois caractérisé par une fraction d'insolation de 0,45 et une nébulosité moyenne de 60 %. La quantité d'énergie reçue est évidemment très différente suivant l'orientation, la valeur maximale observée étant approximativement trois fois plus élevée pour l'exposition est que pour l'exposition nord.

Il faut noter également la dissymétrie des courbes de répartition du rayonnement global. Cette dissymétrie est de plus en plus marquée lorsqu'on passe d'une pente nord à une pente est, de telle sorte que, sur cette dernière, le maximum d'intensité est observé vers 9 h. 30.

Ce résultat aura évidemment une influence importante sur la cinétique des phénomènes biologiques au cours de la journée. Il est à mettre en parallèle avec les observations faites par UNGURJAN (d'après STOEV, 1966) et relatives aux conditions thermiques pendant la maturation dans des vignobles diversement orientés : l'évolution de la température au cours de la journée ainsi que les valeurs du maximum et de l'amplitude thermiques sont très différentes suivant les versants.

Ainsi, à l'échelle mésoclimatique, les caractéristiques des rythmes nycthéméraux et annuels des facteurs physiques apparaissent comme pouvant être considérablement modifiés.

## 2. - La température

Des sondages mésoclimatiques de courte durée concernant l'influence de la topographie sur le facteur température ont été assez fréquemment réalisés (GEIGER 1966, HAGENE 1933), en particulier lors de l'étude des

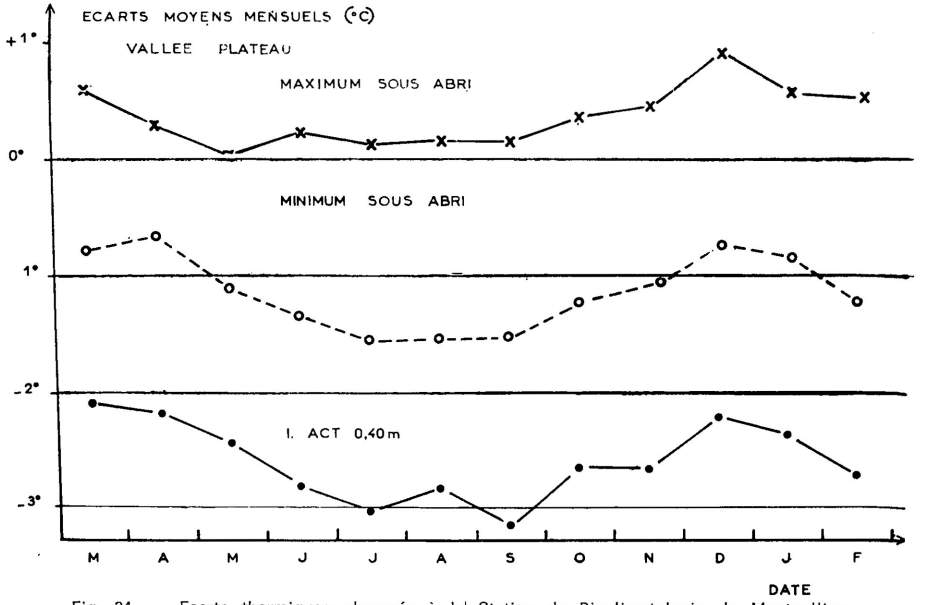



Fig. 34. — Ecarts thermiques observés à la Station de Bioclimatologie de Montpellier entre deux postes d'observation, « Plateau » et « Vallée ». Distance horizontale, 324 mètres - différence d'altitude, 26 mètres.

gelées de printemps (GESLIN et **al** 1952). Par contre, il est beaucoup plus rare de trouver des études relatives à ce sujet, poursuivies pendant plusieurs années comme celle effectuée à la station de bioclimatologie de Bel Air à Montpellier (GODARD, MARGER et NIGOND 1970). Deux postes climatologiques étaient installés, l'un à proximité du laboratoire au lieu-dit « Le plateau » (altitude 80 mètres) l'autre dans une vigne, à « La vallée » (altitude 54 mètres) ; la distance horizontale entre eux était de 324 mètres, d'où une pente moyenne de 8 % environ. Pendant cinq années (1959-1963), chaque jour ont été relevées les températures minimales et maximales sous abri ainsi que les indices actinothermiques minimums à 0,40 m au-dessus du sol nu.

Parmi les résultats obtenus, on étudiera les valeurs moyennes mensuelles des écarts thermiques existant entre les deux stations (fig. 34). Ces écarts sont très différents, d'une part, suivant la caractéristique thermique envisagée et d'autre part, selon l'époque de l'année.

Les températures maximales moyennes sous abri sont peu différentes dans les deux stations pendant l'été (de mai à septembre). En automne et en hiver, au contraire, ces températures sont assez nettement plus élevées dans la vallée.

Les températures minimales moyennes sous abri sont beaucoup plus basses en situation de vallée. Pendant la période hivernale, l'écart moyen est de l'ordre de 1,0° C mais au cours de l'été, il atteint 1,6° C environ. Les indices actinothermiques minimums moyens à 0,40 m présentent des écarts encore plus importants qui sont toujours supérieurs à 2,0°C en hiver et qui, en été, sont de l'ordre de 3,0° C.

En outre, aux écarts existant entre valeurs moyennes mensuelles viennent s'ajouter, au moins dans certains cas, des différences très importantes dans la distribution des valeurs journalières. Par exemple, au cours de la première décade d'août et pour les valeurs journalières des indices actinothermiques minimums à 0,40 m, l'écart type de leur distribution est beaucoup plus élevé dans la vallée (3,5° C) que sur le plateau (2,6° C).

Ainsi, se trouve située l'importance des écarts thermiques que peut provoquer une différence de niveau de 24 m seulement entre deux points distants d'à peine plus de trois cents mètres. Bien que l'ensemble de la topographie de tout le voisinage exerce également une influence capitale, l'ordre de grandeur de ces résultats est à retenir. Il faut souligner en outre l'évolution régulière de ces différences de températures au

cours de l'année, « la vallée » apparaissant, en été, particulièrement froide par rapport « au plateau ». Dans ces conditions, il semble bien indispensable, pour comprendre les résultats viticoles relatifs à diverses situations topographiques, de leur associer dans chaque cas, des observations climatologiques effectuées de manière continue.

### 3. - Vignobles sur pentes et vignobles sur terrasses.

Une discussion même très rapide du rôle du mésoclimat en viticulture ne peut être limitée aux deux exemples précédents qui concernent uniquement des phénomènes physiques. Il faut y ajouter un exemple à caractère biologique tel que celui fournit par STOEV (1966) comparant à la fois les conditions de température du sol et les caractéristiques viticoles sur les pentes aménagées ou non en terrasses.

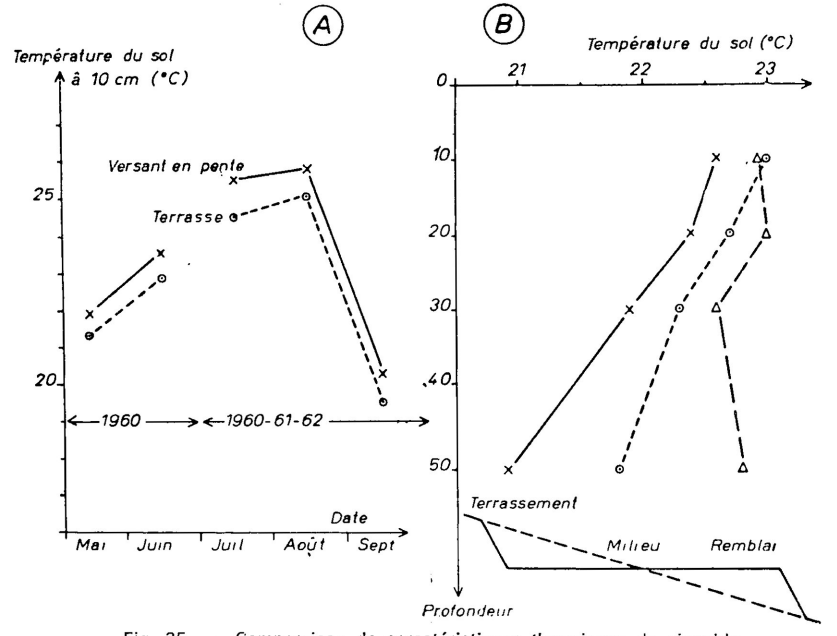



Fig. 35. — Comparaison de caractéristiques thermiques de vignoble installés sur des pentes aménagées ou non en terrasse (d'après Stoev et al., 1966).

Du point de vue physique, des différences très nettes se manifestent dans la température du sol. A 10 cm de profondeur, la température moyenne mensuelle apparaît, de mai à septembre, plus élevée dans le sol en pente que dans le sol des terrasses (fig. 35). De plus, les gradients thermiques dans le sol d'une terrasse sont très différents suivant l'endroit considéré.

Peu marqué dans le remblai, ce gradient prend une importance plus grande à l'intérieur de la terrasse. De telles hétérogénéités physiques ont évidemment des conséquences biologiques apparaissant lorsqu'on étudie le comportement de la vigne (fig. 36). Qu'il s'agisse de la longueur des sarments, de la surface foliaire, du poids de raisins récoltés par souche

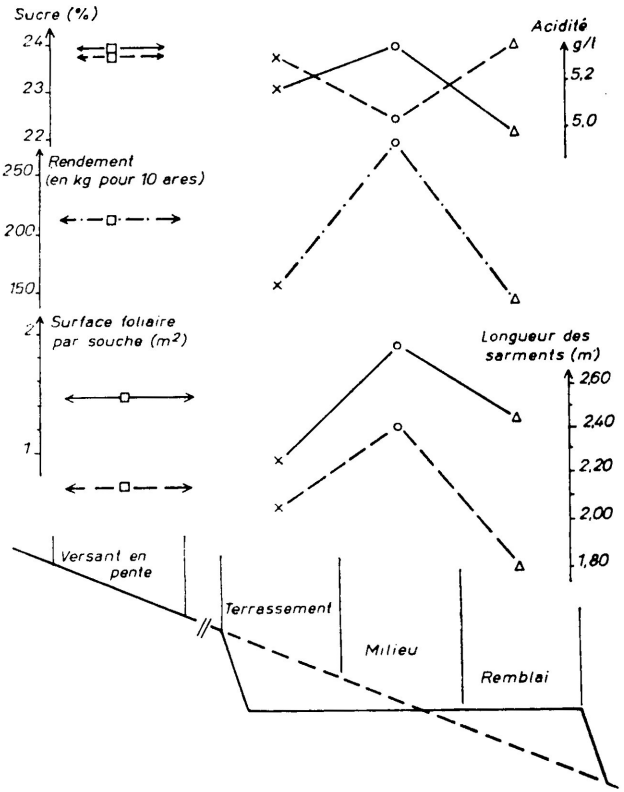



Fig. 36. — Comparaison de quelques caractéristiques de la végétation de la vigne sur des pentes aménagées ou non en terrasses (d'après Stoev et al., 1966).

ou de la qualité de la vendange, les valeurs maximales sont toujours obtenues au milieu de la terrasse. Ces valeurs sont plus élevées que celles relatives aux plantes de la pente non aménagée. Mais, la végétation étant moins abondante sur les bords de la terrasse, celle-ci apparaît dans son ensemble et au moins dans le cas étudié, comme moins favorable que la pente pour la culture de la vigne. Il est à remarquer d'ailleurs qu'en Allemagne et selon GOEDECKE (1966) « en général l'installation des vignobles a lieu sans terrasse, sur la ligne de pente, jusqu'à une inclinaison de 60 % et dans certains cas, même au-delà ».

Une étude de l'influence du mésoclimat en viticulture limitée aux trois exemples précédents est évidemment très insuffisante. Elle ne situe pas correctement l'importance du mésoclimat. En réalité, il est assez difficile de faire beaucoup mieux faute de données climatologiques et viticoles nombreuses et précises. Pourtant, en France, a été réalisée une analyse approfondie des aptitudes viticoles des divers « lieux dits » constituant les aires d'appellation d'origine contrôlée ; mais, comme l'a souligné KUHNHOLTZ-LORDAT (1963), ces délimitations ont été faites en l'absence presque totale d'études mésoclimatiques. Ces dernières auraient cependant permis de caractériser quantitativement les situations souvent très particulières des « **noyaux d'élite** » et d'expliquer l'existence de gradients de qualité correspondant aux échelles topographiques les plus fines. D'un point de vue un peu plus général, il aurait peut-être été possible de définir, compte tenu du climat régional, des normes caractérisant les divers types topographiques de vignobles de qualité que distingue KUHNHOLTZ-LORDAT dans son étude de « l'assiette du vignoble » : vignobles de pentes — de plateaux — de têtes de vallées — de croupes. On aurait pu également contribuer à l'explication des vignobles reliques. Enfin, même en matière de vins de consommation courante, la mésoclimatologie du vignoble pourrait jouer un rôle considérable comme le laisse entrevoir l'étude de la variabilité viticole dans la plaine du Languedoc.

## D. — L'INFLUENCE DU MICROCLIMAT.

Faisons maintenant abstraction des influences mésoclimatiques et considérons un tênement homogène à cette échelle, c'est-à-dire du point de vue topographique. Une telle parcelle présente néanmoins une hétérogénéité climatique considérable aux échelles inférieures à quelques dizaines de mètres. En prenant évidemment comme référence, non plus le climat de l'abri mais le climat des organes végétaux eux-mêmes, on met en évidence des différences importantes en fonction notamment de l'orientation, de la hauteur au-dessus du sol et de la position des organes les uns par rapport aux autres. Ces différences résultent tout d'abord des **caractéristiques variétales** (morphologie et physiologie de l'individu). Elles ont également pour origine des **facteurs agronomiques** (densité de plantation, mode de conduite, méthode de taille, palissage). L'importance respective de ces deux types de facteurs variétaux et agronomiques est d'ailleurs variable suivant les situations. Ainsi, le port naturel des rameaux joue sans doute un rôle plus considérable quand la souche est conduite en gobelet que dans un palissage sur fil de fer. Par contre, le rythme de développement demeurera toujours un facteur primordial.

Dans la première partie de cet exposé, l'étude de la croissance et de la maturation des fruits a nécessité la présentation de résultats relatifs **aux variations de température des baies en fonction de leur position sur la plante et de l'heure de la journée.** Cet exemple précis peut être considéré comme suffisant pour illustrer le problème du microclimat des organes sans sous-estimer cependant l'importance des études de répartition du rayonnement solaire.

Il est donc possible de limiter maintenant cette analyse à l'étude plus générale de l'influence microclimatique du mode de conduite. Depuis quelques années et pour des raisons essentiellement économiques, pratiquement tous les pays viticoles ont mis en place de très importants dispositifs expérimentaux pour comparer l'intérêt de divers modes de conduite applicables aux différents cépages compte tenu de densités de plantation extrêmement variables (BOUBALS, 1967, SAFRAN et HOCHBERG 1968 - COSMO, CALO et LIUNI, 1969 - BRANAS 1970 - SAFRAN et HOCHBERG, 1970). En fait, très peu de protocoles expérimentaux (SHAULIS 1966) ont comporté les études microclimatologiques permettant l'explication et la généralisation des résultats obtenus. C'est pourquoi il me paraît finalement préférable de retenir ici comme exemple **une étude de l'influence de la hauteur du tronc** où, en l'absence de toutes mesures physiques, la réponse de la plante a été cependant suivie à l'aide de nombreuses observations biologiques (LAFON et COUILLAUD, 1966).

Réalisée de 1960 à 1965 par la station de Cognac (France) cette expérimentation portait sur une parcelle de St-Emilion âgée de 10 ans greffé sur 5 B B, plantée à la densité de 4.000 souches par hectare et taillée à raison de 18 bourgeons en moyenne par souche.

Un premier aspect de l'influence de la hauteur du tronc concerne le rythme de développement (fig. 37 A). Le débourrement est plus précoce pour les hauteurs moyennes (0,90 et 1,2 m) que pour les souches les plus basses et les plus hautes. La date de floraison est d'autant plus tardive que le tronc est plus élevé. Enfin, à une date déterminée (2 septembre 1964) le pourcentage de grappes ayant atteint le stade de véraison est d'autant plus grand que le tronc est plus bas.

L'influence très différente de la hauteur sur les trois repères phénologiques cités à évidemment un déterminisme double, à la fois physique et biologique. Ainsi, l'époque du débourrement est l'aboutissement des phénomènes d'installation de dormance, de levée de dormance, de croissance avant le débourrement se déroulant à diverses hauteurs dans les conditions microclimatiques qui règnent d'abord à l'intérieur de la végétation automnale, puis, en hiver, au-dessus d'un sol nu. L'époque de

floraison au contraire se situe au terme d'une phase de croissance rapide des inflorescences et dans le microclimat déterminé par un système foliaire au cours de développement. Les observations réalisées ne pourront donc être interprêtées qu'après une double étude, physique et biologique, destinée à faire connaître l'évolution du microclimat au cours de la végétation et les exigences écologiques des organes pendant chacune des phases de leur développement.

Les mêmes remarques peuvent être faites à propos des autres aspects de l'influence de la hauteur du tronc (fig. 37 A et B). Les caractéristiques quantitatives de l'appareil végétatif et reproducteur (surface et poids des feuilles, poids des sarments, poids d'une grappe, poids de raisin par souche) présentent des variations très comparables, une valeur maximale étant observée pour le niveau 0,90 m. Au contraire, le rendement en moût (poids de raisin nécessaire pour obtenir un hectolitre de moût) diminue régulièrement quand la hauteur du tronc augmente. Ses variations d'ailleurs très nettes, correspondent à des changements dans la « morphologie » des fruits. Le degré alcoolique et l'acidité présentent une évolution également caractéristique, le rapport sucres/acides étant maximum pour les souches basses et minimum pour les souches hautes. Ainsi, la productivité de la souche d'une part, la « morphologie » des fruits et la qualité de la vendange d'autre part sont influencés de manières différentes par des changements microclimatiques dus à l'accroissement de la hauteur du tronc.

Dans de telles expériences, d'importance actuellement primordiale pour la viticulture, le microclimat paraît être l'intermédiaire essentiel entre le paramètre cultural (hauteur du tronc) et son influence sur la production. En d'autres termes, la production viticole est modifiée, en premier lieu parce que la hauteur du tronc joue un rôle important dans le déterminisme des conditions microclimatiques de la végétation. S'il en est ainsi, des mesures physiques apparaissent absolument indispensables pour expliquer les modalités d'action des facteurs culturaux. On pourrait évidemment effectuer un certain nombre de calculs correspondant à des modèles théoriques plus ou moins complexes (BRANAS 1965 a et b, NIGOND et **al.** 1968) pour tenter d'expliquer les résultats culturaux obtenus. En fait, pour l'instant, il paraît plus souhaitable de promouvoir de nombreuses études microclimatologiques dont le but serait entre autres choses, de préciser l'importance des gradients physiques existant au niveau des différents types d'organes, de situer l'amplitude de la dispersion des valeurs individuelles relative à un même type d'organe et aussi d'apprécier l'importance de certains paramètres biologiques peu

Fig. 37 A

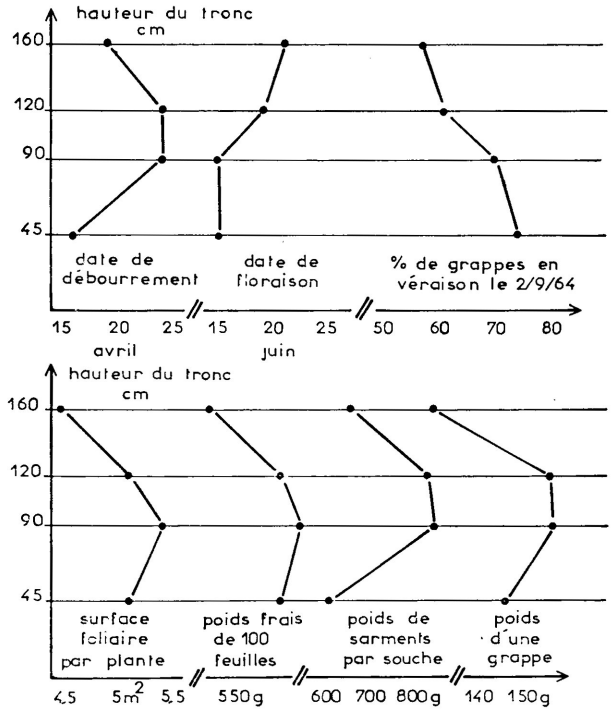



Fig. 37 B

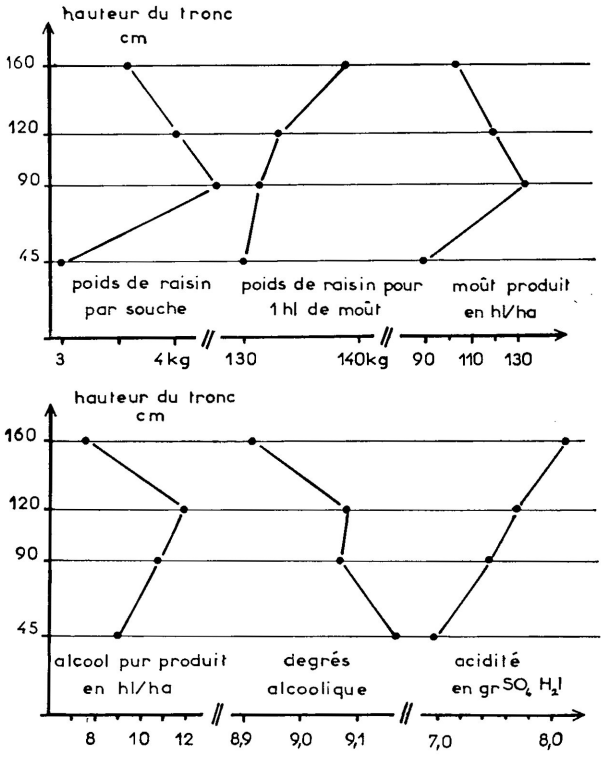



Fig. 37 A et B. — Influence de la hauteur d'établissement du tronc sur différentes caractéristiques végétatives du cépage St-Emilion dans la région de Cognac. (D'après LAFON et **al.**, 1966.)

étudiés comme par exemple la variation de la position individuelle des des feuilles suivant le mode de conduite.

## IV. — QUELQUES EXEMPLES DE RELATIONS STATISTIQUES CLIMAT - RENDEMENT - QUALITE

Aux travaux à caractère plus ou moins analytique qui viennent d'être évoqués depuis le début de cet exposé, s'ajoute toute une série de recherches visant à établir des relations statistiques entre certains facteurs climatiques et les caractéristiques de la production viticole.

Ainsi, la notion de « somme de température » a été utilisée en Californie pour définir cinq grandes zones climatiques ayant des vocations viticoles différentes (WINKLER, 1962). Dans d'autres cas, on a préféré utiliser le « produit héliothermique » (BRANAS et **al.** 1946) calculé en multipliant la somme des « températures efficaces » (température moyenne - seuil thermique caractéristique du cépage) par la somme des durées d'éclairement pendant la « période favorable ». En Roumanie un « indice bioclimatique » de la vigne a été établi (CONSTANTINESCU, 1966) qui tient compte non seulement des facteurs température et insolation mais également de la quantité totale d'eau reçue pendant la période de végétation active.

Un autre type de démarche est celui effectué par de nombreux auteurs établissant un parallélisme entre de longues séries d'observations climatologiques et viticoles. GUYOT et GODET (1933) montraient, pour le vignoble de Neuchatel (Suisse) l'influence de la température, des conditions d'insolation, etc... en analysant les variations du rendement et en distinguant les bonnes et les mauvaises années. Plus récemment, BECKER (1969, 1970 a, b, c) analysait, par des méthodes mécanographiques, un ensemble de plus de 300 stations de la région viticole du Rheingau. Il montrait à la fois l'influence de certains facteurs climatiques et topographiques, les relations existant entre différentes étapes phénologiques du développement de la vigne et enfin la possibilité d'établir, par cette méthode, une carte des potentialités viticoles de la région.

Un travail de même nature est celui réalisé en Bourgogne par GADILLE (1967) qui concerne « les facteurs climatiques annuels conditionnant la réussite du millésime ». En utilisant des dépouillements statistiques relatifs à différentes parties du cycle végétatif, des relations sont établies

entre, d'une part les conditions climatiques et d'autre part les caractéristiques qualitatives et quantitatives de la récolte. En outre, différents types d'année viticole sont définis.

Pour la région du Languedoc, une analyse statistique a également eu lieu (GODARD et NIGOND 1956). Les résultats fournis pour la période de 1945-1957 par trois caves coopératives (Celleneuve, Grabels, Pignan) correspondant à des vignobles de demi-coteau ont été étudiées à l'aide des observations climatologiques faites à quelques kilomètres par la station de Bel-Air. Deux relations ainsi obtenues seront citées.

— L'époque de maturité et la température (fig. 38).

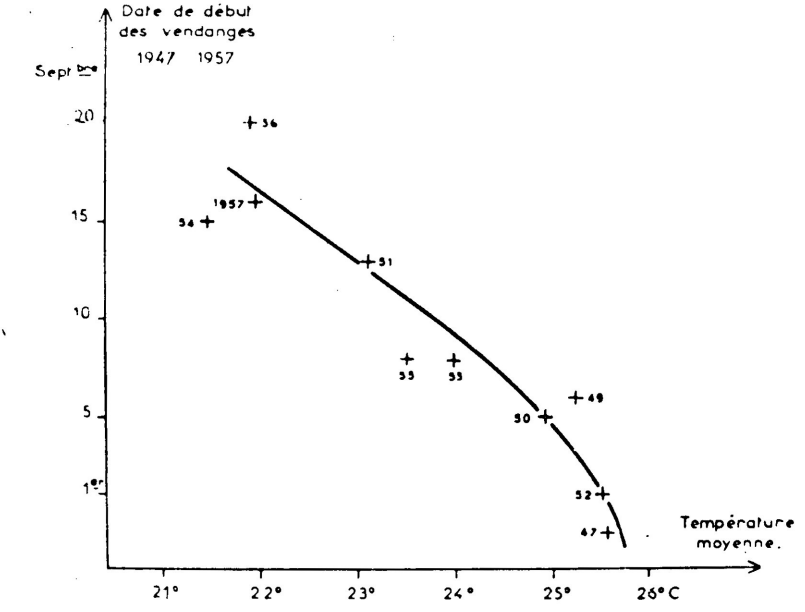



Fig. 38. — Epoque de maturité du raisin en fonction de la température moyenne de la période s'étendant du 1er juillet à la date des vendanges.

Comme on pouvait s'y attendre, la date de début des vendanges est d'autant plus précoce que la température moyenne depuis le premier juillet a été plus élevée. Ainsi, quand cette température moyenne passe de 21,5° C à 25,5° C, la date d'ouverture de la cave coopérative est avancée d'environ vingt jours.

— Le rendement et le facteur eau (fig. 39).

Les pluies d'hiver assurent très généralement, dans cette région, le renouvellement des réserves en eau du sol ; ce sont donc surtout les pluies

ayant lieu pendant la période végétative (1er avril - 31 août) qui peuvent avoir une influence déterminante sur la récolte. En effet, pour huit années sur onze, le rendement moyen augmente très rapidement en fonction de la quantité d'eau reçue pendant la végétation. Il passe de 30 hectolitres à l'hectare environ pour des pluies de l'ordre de 100 mm (1947 et 1952) à plus de 55 hectolitres quand la hauteur d'eau tombée atteint 220 mm (1948 - 1951). Rappelons que ces huit années furent toutes sèches ; seule 1951 atteignit la moyenne (255 mm).

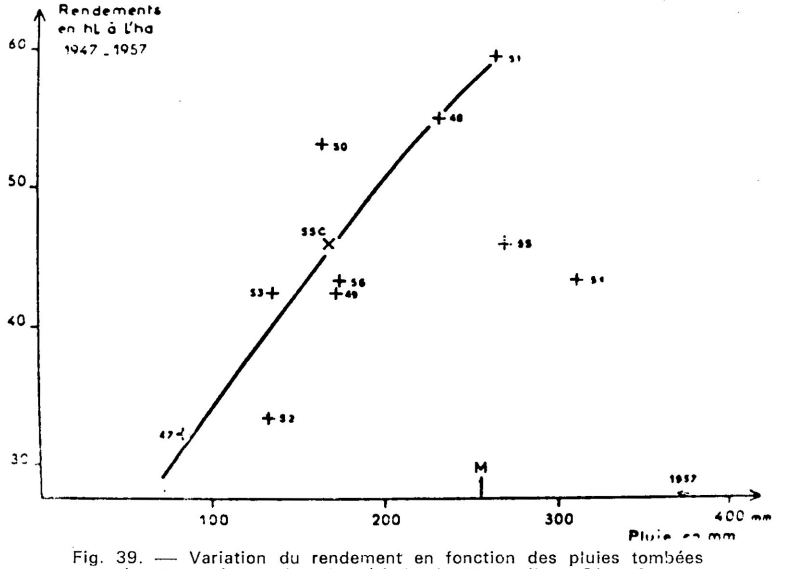



Fig. 39. — Variation du rendement en fonction des pluies tombées chaque année pendant la période du 1er avril au 31 août.

Pour l'année 1955, le point représentatif se situe nettement en dehors de la courbe d'accord tracée. En réalité, sur les 266,8 mm d'eau tombée du 1er avril au 31 août, 99,4 mm ont été apportés par deux orages le 28 et 29 août, quelques jours seulement avant que débutent les vendanges (8 septembre), donc vraisemblablement trop tard pour avoir une action marquée sur le rendement. Ce dernier a été déterminé principalement par 266,8 -- 99,4, soit 167,4 mm d'eau seulement. Si on utilise cette dernière valeur en abscisse pour établir la figure 39 (point 1955 c corrigé), on constate que l'année 1955 suit la relation générale précédente.

Quant aux années 1954 et 1957, ce sont des « années à mildiou » où les pluies abondantes (310 et 373 millimètres, respectivement) provoquèrent de très graves attaques de ce parasite contre lesquelles les viticulteurs n'ont généralement pas pu lutter d'une manière efficace. La

figure montre combien les points représentatifs correspondants se situent au-dessous de la courbe d'accord.

En fait, l'intérêt de ce type de résultats apparaît comme assez limité. Ils peuvent permettre de résoudre momentanément certains problèmes agronomiques( implantation des vignobles dans des régions mal connues, compléments d'irrigation, etc...). Ils peuvent également servir de base à d'autres travaux de recherche à caractère expérimental. Mais il est peu probable que l'établissement de telles relations statistiques puisse aider beaucoup à résoudre les problèmes de la viticulture moderne, en particulier ceux concernant l'adaptation des cépages et des modes de conduite au milieu climatique ou la délimitation topographique des vignobles de qualité.

## V. — CONCLUSIONS

La question n'est pas de savoir si climat, mésoclimat et microclimat sont importants en viticulture. Dans chacun des exemples cités, la vigne apparaît sensible peut-être plus que toute autre production végétale à l'influence du climat.

Pourtant l'exposé précédent n'a traité que d'une toute petite partie du sujet. Dans le domaine des phénomènes végétatifs, il n'a été question ni de la croissance des rameaux, ni de la différenciation florale, ni même de la photosynthèse. La physiologie de l'eau n'a pas été évoquée. Dans la partie « climat des régions viticoles », il n'a pas été question de la production de raisins de table, au vignoble ou en serre, qui pose pourtant des problèmes importants de bioclimatologie. Même pour la production vinicole, le sujet n'a été qu'effleuré, sans parler par exemple des gelées de printemps.

Si l'importance du climat en viticulture apparaît ainsi tout à fait évidente, il est clair également que nos connaissances dans ce domaine sont encore extrêmement insuffisantes. S'il est un sujet sur lequel il faille insister dans cette conclusion, c'est sans doute la nécessité de développer les recherches de bioclimatologie de la vigne. A mon avis, ces recherches devraient présenter trois caractéristiques :

— En premier lieu, **les travaux de recherche seraient à envisager à des échelles fines.** En effet, la variabilité des facteurs physiques en fonction du temps et les relations qui existent entre eux sont telles qu'il est généralement très difficile de dissocier leurs influences respectives. Du point de vue biologique également, il est indispensable de disposer

de tests précis, relatifs à des temps suffisamment courts pour mettre en évidence les réponses concernant les phénomènes physiologiques les plus importants.

— En second lieu, **les recherches de bioclimatologie de la vigne devraient être conçues dans un cadre pluri-disciplinaire ;** il paraît en effet de plus en plus difficile pour un même chercheur de couvrir l'ensemble des problèmes concernant l'action des facteurs du climat. Quelque soit, pratiquement, le problème posé, la recherche de sa solution relève presque toujours des disciplines suivantes : physique du milieu naturel, physiologie végétale, génétique et technique culturale. La réalisation de protocoles expérimentaux mettant en œuvre l'ensemble des moyens que peuvent fournir ces quatre disciplines est sans doute la méthode la plus efficace.

— En troisième lieu, il faut envisager que les recherches de bioclimatologie de la vigne puissent **exploiter la possibilité offerte par la multiplicité des situations mésoclimatiques et microclimatiques** bien connues **des producteurs**. Certes, les recherches en conditions contrôlées telles qu'elles sont souvent poursuivies dans les phytotrons, offrent des possibilités importantes. Pourtant il semble bien que ces méthodes modernes doivent être réservées à l'étude approfondie de quelques points particuliers. Dans la grande majorité des cas, d'excellents résultats pourraient être obtenus par une coordination des programme de recherche à l'échelle géographique. Compte tenu des relations très nombreuses qui existent entre les spécialistes de la plupart des pays viticoles, on pourrait envisager l'étude puis la réalisation de protocoles expérimentaux communs sur le plan international.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES


BECKER N.J., 1969. — Beitrag zum Menge-Güte-Problem im deutschen Weinbau. **Die Wein-Wissenschaft, 24,** 172180.

BECKER N.J., 1970 a. — Standortforschung an Reben, Aufgaben, Problem, Lösungen. **Deutsch Weinbau,** 107-115.

BECKER J., 1970 b. — Ökologische Untersuchungen an Reben als grundlage für Anbauentwicklung und Sortenwahl im Rheingauer Weinbaugebiet. **Gemüse-Obst- und Weinbau, 5,** 1-11.

BECKER J., 1970 c. — Beiträge zur Strandortforschung an Reben. **Die Wein-Wissenschaft, 25,** 63-118.

BOUBALS D., 1967. — Résultats de six ans d'expérimentation sur le problème des vignes hautes et larges dans les vignobles du sud de la France. **Progrès agricole et viticole, 84, 7,** 194-197 **et 84, 8,** 211-216.

BRANAS J., BERNON E. et LEVADOUX L., 1946. — Eléments de viticulture générale. **Ecole nationale d'Agriculture** de Montepllier. 400 pages.

BRANAS J., 1965 a. — Nouvelle chronique : taille et palissage ; interprétation biologique des essais. **Le progrès agricole et viticole,** 82e année, n° **5,** 105-116.

BRANAS J., 1965 b. — Nouvelle chronique : toujours le mode de conduite. **Le progrès agricole et viticole,** 82e année, **6,** 129-136.

BRANAS J., 1970. — Données théoriques fondamentales sur le mode de conduite de la vigne. **Bulletin de l'O.I.V., 43, 470,** 335-346.

CHAPTAL M.L. — Les caractéristiques du climat de Montpellier. **Bulletin de la Société languedocienne de géographie.**

COSMO L., CALO A. et LIUNI C.S., 1969. — Bases scientifiques des systèmes de taille et de conduite haute de la vigne. **Bulletin de l'O.I.V., 42, 455,** 5-17.

CONSTENTINESCU G., 1966. — Etude des relations entre la vigne et les facteurs physiques. **Bulletin de l'O.I.V., 39, 425,** 826-842.

GADILLE P., 1967. — Le vignoble de la côte bourguignonne. **Publication de l'Université de Dijon,** 686 pages.

GALET P., 1958. — Cépages et vignobles de France. T. II, **Edition Dehan.** Montpellier.

GALET P., 1962. — Cépages et vignobles de France. T. III, **Edition Dehan.** Montpellier.

GALZY R., GALZY P., NIGOND J., PLAN C. et REMOND J., 1970. — Résultats non publiés.

GARNIER M., 1967. — Climatologie de la France. **Mémorial de la météorologie nationale, n° 50.**

GEIGER R., 1966. — The climat near the ground. **Harward University Press.** 611 pages.

GESLIN H., 1947. — La caractérisation des climats locaux. **Compte rendu du congrès de pédologie** (Montpellier-Alger) 37-84.

GESLIN H., BOUCHET R., DURAND R, et NIGOND J., 1952. — A propos des gelées de printemps. Nouvelles observations microclimatiques et biologiques. **C.R. Académie d'agriculture de France,** 12 mars 1952, p. 228-233.

GODARD M., 1949. — Microclimats et mésoclimats du point de vue agronomique. **Annales agronomiques, 4,** 1,-27.

GODARD M., MARGER J. et NIGOND J., 1970. — Résultats non publiés.

GODARD M. et NIGOND J., 1957. — Le climat et la vigne dans la région de Montpellier en 1957. **Vigne et vins,** n° **66,** 2-8.

GÖEDECKE E., 1966. — Culture de la vigne en collines. **Bulletin de l'O.I.V., 39, 429,** 1285-1298.

GUYOT E. et GODET C., 1933. — Influence du climat sur le rendement de la vigne. **Bulletin de la société neuchateloise de sciences naturelles, 58,** 77-96.

HAGENE P., 1933. — Sur le climat intérieur des plantations de vigne en Bourgogne. **Bulletin scientifique de Bourgogne, 3,** 42-58.

KUHNOLTZ-LORDAT G., 1963. — La genèse des appellations d'origine des vins. **Bulletin de l'Institut National des appellations d'origine des vins et eaux de vie**, n° **85,** p. 5-100 et n° **86,** p. 103-148.

LAFON J. et COUILLAUD P., 1966 et 1967. — Mode de conduite. Etablissement du tronc à différentes hauteurs au-dessus du sol. **Le progrès agricole et viticole,** 83e année, n° **24,** 337-341 et 84e année, n° 1, 10-14.

Meteorological office, 1958. — Tables of temperature, relative humidity and precipitation for the world. London. Partie I, III, IV, V.

MOUILLEFERT P., 1891. — **Les vignobles et les vins de France et de l'étranger.** Edit. maison rustique, 544 pages.

NIGOND J., DURAND R., et TABARD P., 1968. — Quelques aspects de l'action du microclimat sur la vigne et les arbres fruitiers. **Phytoma, 194,** 20-28 et **195,** 26-30.

PASZYNSKI J. 1968. — Le bilan thermique de la surface active comme principe de la classification climatologique. **Institut de géographie de l'Académie des sciences polonaises,** 141-150.

QUENOT E., 1947. — La vigne dans les pays tropicaux. **Agron. Trop. II,** 647-650.

RIVALS P., 1957. — Notes sur la biologie de la vigne cultivée. Sa biogéographie en Russie et dans le continent asiatique. **C.R. Soc. biogéogr., 34,** 25-31, 113-121.

SAFRAN B. et HOCHBERG N., 1968. — Enrichissement en sucres et accroissement en volume des baies. **Bulletin de l'O.I.V., 41, 446,** 416-442.

SAFRAN B. et HOCHBERG N., 1970. — Conduite haute de la vigne. **Bulletin de l'O.I.V., 43, 473,** 685-688.

SHAULIS N.S., AMBERG H. et GROWE D., 1966. — Response of Concord grapes to light exposure and geneva double curtain system. **Proceedings of the american society for horticultural science, 89,** 268-279.

SPIEGÈL-ROY et BRAVDO B.A., 1964. — Le régime hydrique de la vigne. **Bulletin de l'O.I.V., 37,** 113-140 et 232-248.

STOEV K. et al. 1966. — Culture de la vigne en collines. Rapport bulgare. **Bulletin de l'O.I.V., 39, 427,** 1018-1074.

TURNER H., 1966. — Die globale Hangbestrahlung als Standortsfaktor bei Aufforstungen in sabulpinen Stufe. **Schweizerische Anstalt für das fortliche Versuchwesen. Mitteilunge, Bd 42, Heft 3,** 111-168.

VERNET A. et MARGER J., 1946. — La variabilité de la pluie dans le Languedoc méditerranéen. **Annales Agronomiques,** 1-12.

WINKLER A., 1962. — General viticulture. **University of california Press,** Berkeley.

X, 1967. — **Climatologie de la Tunisie.** République tunisienne, service de la météorologie nationale, 48 pages.