ETUDES RECENTES SUR LES FACTEURS ET LES EFFETS DE LA POURRITURE DU RAISIN *

J. RIBÉREAU-GAYON
Station agronomique et œnologique de Bordeaux

Une communication récente de CHAMPAGNOL et la discussion qui a suivi montrent à la fois la complexité et l'importance pratique de ce sujet : « **Le Botrytis cinerea** est actuellement le parasite qui cause le plus de dommages à la vigne... On constate une vulnérabilité du vignoble plus grande qu'il y a quelques décennies » (1). « Le **Botrytis** est actuellement l'ennemi n° 1 de la viticulture » (AUDIDIER). Cette communication m'incite à rassembler sommairement les résultats des travaux récents du Centre d'Œnologie de Bordeaux sur certains éléments de ce vaste problème. On peut le décomposer en problèmes partiels, par exemple :

1°) Etude des facteurs, qui sont situés :

a) dans le sol : facteurs pédologiques, agrochimiques, régime de l'eau...

b) dans la plante : enracinement, alimentation en substances minérales et en eau, répartition du feuillage...

c) dans le raisin : porte-greffes, cépages, baies saines, baies blessées, baies parasitées...

d) dans l'intervention des microorganismes : **Botrytis, Penicilliums, Mucors,** Bactéries...

e) dans le processus d'infestation...

2°) Etude des formes, parmi lesquelles on a coutume de citer :

a) la pourriture noble ;

b) la pourriture grise ;

c) la pourriture vulgaire ;

(*) Communication à l'Académie d'Agriculture, séance du 18 mars 1970.

Mais ces termes courants désignent des réalités complexes, avec tous les stades intermédiaires. Il existe des formes très diverses qu'il importerait de définir et de représenter d'une manière précise.

3°) Etude des effets ou conséquences sur :

a) la constitution des divers tissus et cellules : pellicule, pulpe, suc vacuolaire...

b) la composition chimique détaillée du vin : sucres, acides, anthocyanes, autres composés phénoliques, substances azotées, substances aromatiques, vitamines...

c) la composition en substances cétoniques notamment, qui sont responsables des taux élevés d'acide sulfureux combiné...

d) les caractères gustatifs : du raisin, du moût, du vin, l'évolution du vin.

4°) Etude des traitements, comportant des essais empiriques méthodiques et l'étude des phénomènes en jeu, qui est susceptible d'aider beaucoup dans la recherche de solutions pratiques.

a) antifongiques minéraux ou de synthèse (conséquences possibles de la suppression des anciens traitements cupriques) ;

b) modalités, nombre et époques des traitements ;

c) persistance sur la baie et dans le vin ;

d) étude théorique des modes d'action.

***

La physiologie de **Botrytis cinerea** a donné lieu à un grand nombre de travaux depuis ceux de MULLER-THURGAU (1888), de RAVAZ (1895), de GOUIRAND (1895), de LABORDE (1896). En première approximation — car il n'est pas encore de délimitations précises — on peut admettre que si le **Botrytis** se développe sur un grain sain ayant une pellicule intacte et restant intacte jusqu'à la maturation, il tend à provoquer une « pourriture noble » avec les améliorations connues de la qualité. Au contraire une « pourriture grise » se développe si le grain laisse sourdre un peu de jus pour une cause quelconque : blessures par grêle, piqûres d'oiseaux ou d'insectes, vers de la grappe, maladies cryptogamiques, léger détachement du grain de son pédicelle, ou même éclatement du grain par un apport massif et subit de sève après une forte pluie. Selon

certains auteurs une « pourriture vulgaire » correspondrait à l'intervention d'autres moisissures et de bactéries.

Comme toutes les moisissures, le développement du **Botrytis** provoque des combustions respiratoires profondes. Il consomme notamment les sucres et les acides organiques. Il se forme du glycérol, du mannitol, de l'éthanol, des acides (citrique, acétique, lactique), un mucilage soluble, le dextrane. En outre plusieurs enzymes ont été identifiés dans le mycelium, diffusant plus ou moins dans la pulpe et dans le jus en contact avec les pellicules : des oxydases (laccase, polyphénol-oxydase, acide ascorbique-oxydase), des enzymes cellulolytiques et pectolytiques, des protéases.

Nous avons abordé l'étude de la pourriture en 1950. Les données apportées, sur des plans divers, montrent, comme on va le voir, une imbrication très complexe des facteurs et des effets. Dans les premiers travaux (2, 3, 4, 5), d'une part des souches de **Botrytis cinerea,** provenant du Sauternais, de l'Institut de microbiologie de PEROUSE et de la mycothèque de BAARN ont été cultivées à la surface de moûts de raisins dans différentes conditions, avec analyses détaillées des milieux de culture ; d'autre part ont été effectuées des analyses comparatives détaillées de grains de raisins mûrs (Sémillon et Sauvignon) parfaitement sains et de grains de raisins parasités par **Botrytis cinerea** sous forme de pourriture noble, les baies saines et les baies pourries étant prélevées sur la même grappe au même moment, les résultats étant rapportés soit au litre de moût, soit à 1.000 grains.

Dans les grandes lignes, les transformations observées **in vitro** et dans les conditions naturelles sont semblables. On retrouve le fait déjà connu d'une combustion des acides proportionnellement plus élevée que celle des sucres, permettant une concentration sans acidification, avec ce fait nouveau que l'acide tartrique, qui est justement l'acide le plus fort, est « brûlé » plus que l'acide malique, contrairement au cas de la maturation normale. Un autre fait nouveau est la présence d'acide gluconique à la dose de 1 ou 2 g par litre dans les moûts et les vins issus de raisins pourris, provenant d'une oxydation du glucose par l'intermédiaire de la glucose-oxydase.

L'ammonium disparaît toujours presque complètement (3). Ce fait contribue à expliquer que le moût provenant de raisins parasités par **Botrytis** ou ayant servi de milieu de culture à ce champignon fermente plus ou moins difficilement. Cependant un autre phénomène intervient aussi (4, 5) : la formation de substances inhibitrices vis-à-vis de champi-

gnons tels que les levures. Ces substances n'ont pas été isolées à l'état pur, mais leur formation et leurs propriétés ont été étudiées après isolement, soit en les précipitant du moût par addition d'alcool, soit en les absorbant sur charbon.

En même temps, comme avec d'autres moisissures, il apparaît dans le mycelium, et par conséquent dans le jus où il baigne, des substances capables, au contraire, d'accélérer la croissance des levures : le nombre de cellules et la vitesse de fermentation peuvent être doublés en leur présence. Par ailleurs la proportion de sucre subissant la fermentation glycéropyruvique est accrue, d'où résulte une modification profonde des taux des produits secondaires (glycérol, acide succinique, acide acétique). Finalement on comprend que les moûts blancs, très souvent issus de raisins plus ou moins pourris, ont une « fermentescibilité » très variable, contrairement aux moûts de raisins rouges (indépendamment des conditions de macération et de température).

***

Recherchant les causes de la plus grande vulnérabilité actuelle de la vigne au **Botrytis cinerea,** CHAMPAGNOL part de l'hypothèse que, parmi les modifications culturales récentes, peuvent intervenir un emploi plus important des engrais azotés, augmentant les teneurs en azote des végétaux, ici du raisin, qui devient plus sensible à l'infestation, et la généralisation des traitements insecticides qui ont, indirectement, le même effet. Le travail expérimental consiste, d'une part à cultiver des souches de **Botrytis** sur des milieux synthétiques plus ou moins riches en azote (sous différentes formes), en acides, en éléments minéraux et, d'autre part à comparer le développement du **Botrytis** sur des moûts issus de parcelles ayant ou non reçu une fumure azotée ou un traitement au D.D.T. La conclusion est celle-ci : « Le présent travail montre que seule la teneur en azote est susceptible de variations suffisamment importantes pour influencer considérablement la croissance du parasite... La fertilisation azotée et les traitements insecticides en élevant les teneurs en azote soluble se trouvent être des facteurs favorisant le développement de la pourriture grise » (1). Dans l'échange de vue qui a suivi M. AUDIDIER a confirmé : « Il est incontestable que les fumures azotées ont une grande responsabilité. J'en ai fait l'expérience à mes dépens ».

Le Centre de Bordeaux avait constaté cette influence favorable du taux d'azote du raisin. CHAMPAGNOL le rappelle d'ailleurs dès le début : « RIBÉREAU-GAYON (1960) a rapproché la teneur des moûts en azote et la croissance de **Botrytis cinerea** : les moûts des vignobles les plus vul-

nérables étaient les plus riches ». Cette note de 1960 (6) constate que des moûts de raisins sains d'un vignoble à pourriture noble sont deux fois moins riches en azote (total et ammoniacal) que ceux de raisins sains d'un vignoble voisin à pourriture grise. Ce serait donc bien la pourriture grise qui se développerait d'autant plus facilement que le raisin est plus riche en azote. Dans les deux cas 75 à 90 % de l'azote du moût disparaissait sous l'effet du développement de **Botrytis.**

Cette note de 1960 pose aussi le problème du mode d'infestation par une expérience consistant à comparer le développement de **Botrytis** et la brunissure de la pellicule sur des grains intacts et sur des grains fendus avec une lame de rasoir, sans et avec ensemencement de **Botrytis** ; la surface des grains était d'abord stérilisée dans une solution de captane puis lavée à l'eau bouillie. Le développement est très difficile si la pellicule est intacte ; il est très rapide si le grain est blessé, et surtout s'il est ensemencé : « Le mycelium se répand dans les matières cellulosiques de l'épiderme et des premières couches cellulaires de la pulpe grâce à l'action d'une enzyme ou cellulase. Une autre enzyme, une oxydase provoque le brunissement de toute la partie attaquée. La pellicule, une fois envahie par **Botrytis cinerea,** devient poreuse et au contact d'un autre grain sain maintient une humidité constituée par du jus renfermant ces diastases capables d'attaquer ce dernier. La cellulase altère l'épiderme de la baie voisine, la rendant plus perméable au mycelium... Par ce processus, si les conditions sont favorables, la pourriture s'étend rapidement à la grappe entière ». (6).

Ainsi deux facteurs de protection apparaissent ici : intégrité totale de la pellicule et taux d'azote faible. Il serait souhaitable de pouvoir appliquer aux baies parasitées de diverses façons, dans lesquelles le métabolisme est profondément modifié, donc le vin qui en sera issu, les mêmes techniques d'étude, utilisant les molécules marquées par le 14 C, qui ont permis de préciser dans une large mesure les mécanismes biochimiques de la physiologie de la vigne et de la maturation du raisin dans les conditions normales (7 et 7 ^{bis}).

*
* *

Un problème actuel est celui du taux anormal d'acide sulfureux combiné dans certains vins blancs issus de vendanges pourries, d'où l'impossibilité de maintenir un taux suffisant de libre sans atteindre ou dépasser la limite légale de total. Il y a quelques années nous pensions encore que seuls intervenaient les sucres, donnant des combinaisons fortement dissociées, et l'aldéhyde acétique, donnant au contraire un

composé très stable, de telle sorte que le problème revenait à fixer les modalités de la fermentation et du sulfitage conduisant à la concentration minimum en aldéhyde. Mais il a bien fallu constater que dans les années de forte pourriture les dispositions prises dans ce sens ne suffisaient nullement et qu'il intervenait d'autres constituants issus de la pourriture. Le problème est progressivement apparu de plus en plus complexe.

Dans un premier travail BLOUIN (8) a d'abord mis au point des méthodes analytiques qui lui ont permis d'identifier puis de doser des substances dont la présence dans le vin n'était pas connue ou certaine : chromatographie sur papier ou sur couche mince des dinitrophénylhydrazones des composés carbonylés acides ou neutres, chromatographie sur papier échangeur d'ions, dosage enzymatique optique de plusieurs composés carbonylés. Ainsi ont pu être couramment dosées des substances combinant l'acide sulfureux, formées soit par **Botrytis,** soit par des bactéries, soit pendant la fermentation : les acides pyruvique et α-cétoglutarique (dont les taux sont très variables et souvent beaucoup plus élevés que nous ne le supposions), les acides glucuronique et galacturonique, les aldéhydes glycolique et glycérique, divers aldéhydes supérieurs, l'acétone. Mais les bilans montrent qu'il reste encore 10 à 25 % de l'acide sulfureux combiné à des corps inconnus. Puis des études systématiques (9, 10, 11, 12) des facteurs de la formation au cours de la fermentation alcoolique des acides cétoniques, principaux responsables de combinaisons anormalement élevées, a montré que leur taux s'abaisse après une addition de thiamine ou vitamine B 1 (entrant dans la constitution du coenzyme de la carboxylase).

Dans des essais de 1966 l'addition à des moûts de raisins pourris de thiamine (0,5 mg par l) a activé la fermentation alcoolique, diminué presque toujours les taux des acides pyruvique et α-cétoglutarique du vin fait, augmenté une fois sur trois l'acide sulfureux libre (de 20 à 40 mg par l) pour un même taux de total, ce qui permet de diminuer ce dernier. Bien qu'il y ait d'autres susbances cétoniques, formées par la microflore complexe des raisins pourris, la thiamine peut contribuer à résoudre certains problèmes que pose la vinification en liquoreux des raisins pourris. De nouveaux essais effectués en 1967 ont confirmé et même accentué les conclusions précédentes : huit fois sur dix le taux d'acide sulfureux libre a été augmenté de 20 mg par litre et plus, c'est-à-dire (étant donné les lois de combinaison de ce corps) que pour maintenir un même taux de libre, le total peut être abaissé de 30, 50 et parfois 70 mg par l.

Or la thiamine est un constituant normal du moût, approximativement à la dose d'emploi, qui est 100 à 1.000 fois inférieure à celle de tous les autres produits œnologiques : en outre elle disparaît spontanément au cours de la fermentation. C'est un produit pur, dont le contrôle est déjà prévu par le Codex pharmaceutique, qui corrige les imperfections de la nature, en l'espèce l'épuisement du raisin en thiamine lors du déroulement de la surmaturation et de la pourriture. C'est sans doute un bon exemple d'une étude allant des mécanismes biochimiques de la fermentation et de la pourriture jusqu'à des conclusions pratiques, et aboutissant à remplacer pour une part un produit chimique exogène par un produit biologique préventif.

***

Mais nous savons que la question est plus complexe encore et que le raisin pourri peut, avant toute fermentation, renfermer déjà des corps cétoniques, ce qui explique que la thiamine n'ait pas toujours l'effet recherché. Déjà en 1961 des bactéries avaient été trouvées dans 50 % des prélèvements de raisins au moment des vendanges (13). En 1969, grâce à la collaboration du professeur BLACKWOOD, de l'Université MC GILL, et en utilisant la technique d'isolement et d'identification des **Acétobacter** de DUPUY, de l'Institut National de la Recherche Agronomique (14), les résultats suivants ont été obtenus (15, 16).

51 souches de bactéries aérobies ont été isolées de raisins mûrs cueillis aseptiquement dans les vignobles du Bordelais. Les raisins étaient sains ou, plus généralement, attaqués par **Botrytis cinerea** ; ils étaient atteints soit de « pourriture vulgaire » comportant l'éclatement des baies, soit de « pourriture noble » permettant, après digestion des pellicules et isolement de la baie par rapport à la plante, une concentration du jus de raisin par évaporation. Les bactéries appartiennent au genre **Acetobacter,** capable d'oxyder l'alcool en acide acétique et au genre **Pseudomonas,** ne produisant pas cette transformation, ne pouvant donc pas être considérés comme des bactéries acétiques, mais formant rapidement des composés cétoniques dans certaines conditions. Ces bactéries isolées de raisins sont en majorité cétogènes, contrairement à celles isolées de vins. L'identification des substances formées a été faite par chromatographie descendante sur papier avec le phénol saturé d'eau comme solvant. 43 souches sur 51 forment de l'acide céto-2 gluconique, 31 souches de l'acide céto-5 gluconique, 18 souches forment encore une ou plusieurs substances cétoniques ; 3 souches seulement n'en produisent pas. L'aldéhyde glycérique et la déhydroxyacétone ont été trouvés dans la plupart

des cultures. Certains **Acetobacter** forment de l'acide α-cétobutyrique et de l'acide α-cétoglutarique (jusqu'à 150 mg par l).

Ainsi il était bien démontré que l'intervention des bactéries aérobies sur les raisins pourris produit, avant même la cueillette, des substances à fonction cétonique. Cette observation contribue à expliquer la fixation anormale sous forme combinée inactive de taux élevés d'anhydride sulfureux dans les vins issus de vendanges altérées par de profondes attaques de pourriture. On doit considérer les **Acetobacter** et les **Pseudomonas** comme de véritables bactéries pathogènes du raisin, accompagnant les altérations dues à **Botrytis cinerea** (15). J'ajouterai que cette recherche des composés cétoniques combinant l'acide sulfureux prend en ce moment une impulsion nouvelle utilisant les techniques avancées de la Station de recherche de Long Ashton dans l'étude des cidres, grâce au concours de SAPIS, de l'Institut National de la Recherche Agronomique.

*
* *

Sur les facteurs de la pourriture, des notions nouvelles ont été dégagées par SEGUIN (17, 18, 19) et, en partie, présentées à notre Compagnie. Elles expriment des conditions favorables qui ont toujours existé, donc n'expliquent pas à elles seules la plus grande vulnérabilité du vignoble aujourd'hui, mais qui doivent être déterminantes lorsque d'autres facteurs favorables interviennent.

L'hypothèse de départ est que l'alimentation en eau de la vigne doit avoir un rôle primordial dans la maturation normale du raisin, ainsi que dans le développement et la forme même de la pourriture. Mais on ne pouvait guère étudier d'une manière scientifique ce problème à cause de la grande profondeur fréquente du système radiculaire de la vigne : les prélèvements à la tarière ne permettent pas de mesurer l'humidité du sol dans toute la zone exploitée par les racines. Aujourd'hui l'emploi d'un humidimètre à neutrons permet de suivre régulièrement les variations des profils hydriques jusqu'à de grandes profondeurs en fonction de stations et en fonction des conditions atmosphériques.

En schématisant beaucoup et sans prétendre généraliser, on peut dire ceci. Les sols des grands crus du Médoc sont des sols pauvres et bien drainés. Ces circonstances favorisent un enracinement profond, qui n'est pas limité par une nappe phréatique proche de la surface et qui permet à la plante de trouver les éléments nutritifs en quantité suffisante. Ces conditions assurent un régime de l'eau dans le sol relativement constant d'une année à l'autre et une bonne régularité de l'alimentation

en eau de la plante. La vigne trouve toute l'eau qui lui est nécessaire lorsqu'elle en a besoin, mais par contre le profil se dessèche lorsqu'on approche de la maturité ; même une précipitation abondante est rapidement absorbée. Ce dessèchement a un effet favorable sur la maturation du raisin, en même temps qu'un effet défavorable sur le développement de la pourriture. On comprend que ces crus présentent une bonne et rapide maturation avant le développement de la pourriture, qu'ils obtiennent ainsi plus sûrement qu'ailleurs une vendange à la fois mûre et saine. On comprend qu'ils produisent encore des vins de qualité, bien que nettement inférieurs à ceux des grands millésimes, lorsque l'été est caractérisé par des conditions climatiques mauvaises. En somme la physiologie du raisin est relativement peu perturbée par une pluviosité anormale sur ces sols perméables avec extension en profondeur des racines.

Au contraire dans d'autres territoires les raisins commencent très souvent à pourrir avant d'être mûrs, en particulier parce que, après une forte pluie dans un col peu perméable et avec un développement des racines en surface, une arrivée brutale d'eau dans le raisin provoque son éclatement et son envahissement très rapide par la pourriture grise. Ainsi la qualité serait liée, pour une grande part, à un régime de l'eau favorable.

En 1968, année de forte pourriture, son développement était d'autant plus rapide que le sol était saturé d'eau. Les quantités d'eau absorbées par la plante étaient plus faibles et l'éclatement des raisins plus réduit sur les sols à enracinement profond que sur les sols à enracinement superficiel, imperméables et mal drainés, où la presque totalité des racines se trouve brutalement plongée dans un milieu saturé d'eau. Ainsi sur le même cépage et le même jour, 70 % des grains étaient éclatés ou pourris avec une profondeur d'enracinement de 100 cm, 42 % avec 180 cm, 20 % avec 370 cm, 5 % avec 500 cm. Il est vraisemblable que les phénomènes concernant le régime de l'eau dans le sol et le sous-sol interviennent dans le comportement de **Botrytis cinerea** provoquant, soit la « pourriture grise », soit la « pourriture noble ».

D'autres observations de SEGUIN sur la répartition des racines dans diverses stations ont montré un parallélisme entre la richesse en éléments nutritifs des couches superficielles et le développement du système radiculaire en surface. Toujours les radicelles se multiplient dans les zones plus riches et s'y ramifient. On doit se poser la question de savoir si une fumure excessive ou inconsidérée, en développant les racines en surface au détriment du développement en profondeur, ne rend pas la vigne plus sensible à l'excès d'humidité à la suite des pluies,

retardant la maturation et favorisant le développement de la pourriture, et ne le rend pas également plus sensible à l'excès de sécheresse.

Je pense que M. AUDIDIER me permettra de rappeler que, dans l'échange de vues qui a suivi la première communication de SEGUIN à l'Académie, il a confirmé, d'abord que des analyses, aussi complètes que possible, des sols de différents terroirs et de différents crus ne révélaient aucune différence quant à leur composition physique et chimique, bien que ces crus soient de valeur tout à fait différente à la dégustation, ensuite qu'après examens lors des replantations de vignes, il apparaissait qu'un facteur très important, en Bourgogne comme en Bordelais, était le drainage du sol et du sous-sol.

*
* *

Cette note a voulu simplement rassembler, dans un ordre plus chronologique que méthodique, les résultats de publications éparses donnés par le Centre d'Œnologie de Bordeaux. Elles n'étudient, et sans nullement épuiser ces sujets, que des maillons, des séquences de la succession des phénomènes qui conduisent aux désastres que beaucoup ont connu en 1963, 1965, 1968 et même 1969. D'autres maillons, non moins importants, sont étudiés dans des centres de l'Institut National de la Recherche Agronomique. Il s'agit d'un problème immense. Les estimations dans ce domaine sont difficiles mais il n'est sans doute pas exagéré de dire que dans cette dernière décennie les pertes, en quantité et en qualité, du seul vignoble Bordelais du fait de la pourriture peuvent approcher le milliard de francs. Malheureusement nous sommes loin de pouvoir formuler une synthèse, de généraliser des lois et des règles pratiques, et, on peut le craindre, de disposer de procédés suffisamment efficaces, sûrs et économiques de lutte.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. CHAMPAGNOL (F). Relations entre la croissance « in vitro » de **Botrytis cinerea** et la composition de moûts de raisin. **C.R. Acad. agric. Fr.**, 1969, **55,** 1082.

2. PEYNAUD (E). **Ann. Falsif. Fraudes,** 1950, **43,** 246 ; 1952, **45,** 11.

3. CHARPENTIÉ (Y). **Contribution à l'étude biochimique des facteurs de l'acidité des vins.** Thèse Ingénieur-Docteur, Bordeaux 1954. **Ann. Technol. agric.,** 1954, **3,** 89.

4. LAFOURCADE (S). **Contribution à l'étude des activateurs et des inhibiteurs de la fermentation alcoolique des moûts de raisin.** Thèse Ingénieur-Docteur, Bordeaux 1955. **Ann. Technol. agric.,** 1954, **3**, 283.

5. RIBÉREAU-GAYON (J), PEYNAUD (E), LAFOURCADE (S) et CHARPENTIÉ (Y). Recherches biologiques sur les cultures de **Botrytis cinerea. Bull. Soc. Chim. biol.,** 1955, **37,** 1055.

6. RIBÉREAU-GAYON (G). **Vitis,** 1960, **2,** 113.

7. RIBÉREAU-GAYON (G). **Etude du métabolisme des glucides des acides organiques et des acides aminés chez** V. VINIFERA L. Thèse Docteur ès-Sci. physiques, Paris 1966.

7bis LEFEBVRE (A.), **Recherches sur la biogènèse de l'acide tartrique chez Vitis Vinifera L utilisant les molécules marquées au ^{11}C.** Thèse doctorat 3e cycle, Bordeaux, 1968.

8. BLOUIN (J). **Contribution à l'étude des combinaisons de l'anhydride sulfureux dans les moûts et les vins.** Thèse Docteur-Ingénieur, Bordeaux 1964.

9. BLOUIN (J) et PEYNAUD (E). **C. R. Acad. Sci.,** 1963, **256,** 4521 et 4774.

10. LAFON-LAFOURCADE (S) et PEYNAUD (E). **Ann. Inst. Pasteur,** 1966, **110,** 766 et **Ind. agric. alim.,** 1966, **2,** 119.

11. LAFON-LAFOURCADE (S), SUDRAUD (P), PEYNAUD (E), BLOUIN (J). **C. R. Acad. agric. Fr,** 1967, **53,** 1046.

12. PEYNAUD (E), SUDRAUD (P) et BLOUIN (J). Où en est l'utilisation de la thiamine en vinification. **Conn. Vigne Vin,** 1968, **3,** 295.

13. PEYNAUD (E) et DOMERCQ (S). **C. R. Acad. Sci.,** 1952, **252,** 343.

14. DUPUY (P). **Ann. Technol. agric.,** 1952, **1,** 107 et 1957, **2,** 217.

15. BLACKWOOD (A.C.), GUIMBERTEAU (G) et PEYNAUD (E). Sur les bactéries acétiques isolées de raisins. **C. R. Acad. Sci.,** 1969, **269 D,** 802.

16. BLACKWOOD (A.C.). **Conn. Vigne Vin.,** 1969, **3,** 227 et 243.

17. SEGUIN (G). **Etude de quelques profils de sols du vignoble bordelais.** Thèse Doctorat 3e cycle, Bordeaux 1965. **C. R. Acad. agric. Fr.,** 1965, **51,** 1197 et 1967, **53,** 232.

18. SEGUIN (G). Alimentation et eau de la vigne dans les sols du Haut-Médoc. **Conn. Vigne Vin,** 1969, **2,** 93.

19. SEGUIN (G), COMPAGNON (J) et RIBÉREAU-GAYON (J). **C. R. Acad. Sci.,** 1969, **269 D,** 770.