

Rôle des substances de croissance dans la floraison, la nouaison, le développement des fruits, leur maturation et leur comportement pendant la conservation

par **J. RODRIGUÈS** et **C. SRIVASTAVA** (*)

Central Food Technological Research Institute-Mysore.

Traduit par **P. YOT**

Institut français de Recherches Fruitières Outre-mer

*ROLE DES SUBSTANCES DE CROISSANCE
DANS LA FLORAISON, LA NOUAISON,
LE DÉVELOPPEMENT DES FRUITS, LEUR MATURATION
ET LEUR COMPORTEMENT
PENDANT LA CONSERVATION*

par J. RODRIGUÈS et H. C. SRIVASTAVA.

Fruits, vol. 21, n° 7, juillet-août 1966, p. 352 à 361.

RÉSUMÉ. — Étude bibliographique sur le rôle des substances de croissance dans la floraison et le comportement physiologique des fruits. Les auteurs de cet article ont complété les données trouvées dans la littérature par des observations personnelles non publiées, et effectuées au cours de leurs propres expérimentations. 150 références.

Floraison.

Pendant les dernières années, il a paru de nombreuses revues traitant de l'utilisation des substances de croissance en agriculture comme herbicides, inducteurs de la floraison, de la nouaison, du développement et de l'éclaircissage des fruits, inhibiteurs de la chute des fruits avant la récolte et de l'apparition de gourmands.

Dans cet article sont discutés le rôle des substances de croissance dans la floraison, la formation, le développement et la maturation du fruit et leur utilisation en vue de modifier des processus physiologiques divers. On a également essayé de voir l'influence des régulateurs de croissance sur le mûrissement et le comportement pendant la conservation de divers fruits. On a aussi envisagé les possibilités d'application commerciale des régulateurs de croissance.

Des confusions ont été faites quant à la terminologie des régulateurs de croissance. On sait que les hormones

végétales ou auxines sont des composés organiques produits par la plante afin de régulariser son développement physiologique ; cependant on a tendance à classer parmi les hormones ou les auxines tous les composés synthétiques ayant un rôle de régulation dans les processus physiologiques.

Pour simplifier on peut grouper tous les composés de ce type sous le terme général de régulateurs de croissance végétale ou de substances de croissance puisque leur rôle dans la plante est de régulariser la croissance et les processus physiologiques.

On emploiera le terme générique d'auxine pour les composés qui se caractérisent par leur aptitude à induire l'élongation des cellules des pousses. Leur action physiologique est semblable à celle de l'acide indolyl-3-acétique. Outre l'élongation, les auxines peuvent influencer d'autres mécanismes.

Des régulateurs de croissance ont été utilisés pour contrôler ou changer les périodes de floraison en horticulture. On a montré que les auxines avaient la capacité de modifier l'initiation florale (1-3).

Les auxines peuvent modifier la réponse des plantes au

photopériodisme en interférant avec les réactions obscures qui se produisent dans les feuilles (4). Selon GALSTON (5), il est possible qu'il existe un antagonisme entre l'hormone de floraison et l'hormone de croissance et par conséquent l'application de régulateurs de croissance pourrait inhiber ou accélérer la floraison. Cependant selon LEOPOLD (6) l'action de l'auxine n'est pas unique, mais correspond à une interaction ou à un équilibre entre de nombreux constituants de la plante, nécessaires à son fonctionnement.

BONNER et BANDURSKI (7) ont suggéré que les régulateurs de croissance pouvaient intensifier ou induire la floraison par un abaissement du niveau fonctionnel de l'auxine dans le méristème. Cette hypothèse a été étayée par les résultats de GOWING (8) dans ses études sur l'ananas. Dans ce cas, l'hypothèse est la suivante : les auxines agissent en général comme des inhibiteurs de floraison et une stimulation par des régulateurs de croissance se produit parce que ces composés chimiques activent le mécanisme de destruction des auxines en entrant en compétition avec l'auxine endogène et en diminuant son efficacité. Il a été montré que tout traitement qui abaisse la teneur en auxine des tissus végétaux peut favoriser la floraison. La suppression des apex (9, 10), les traitements aux U. V. (11) ou aux rayons X (12) peuvent diminuer la teneur en auxine et dans certaines conditions favoriser la floraison. Cependant des déterminations des teneurs en auxine libre dans des plantes, des graines et des plantules, après un traitement par les régulateurs de croissance, font apparaître, soit une augmentation, soit aucune variation auxinique dans les tissus plutôt qu'une diminution (13-15). La floraison de l'ananas peut également être provoquée par l'action de gaz comme l'éthylène (16, 17). Celui-ci peut aussi influencer de nombreux processus, que l'on sait être contrôlés par les auxines (18). Les théories concernant le mécanisme d'action de l'éthylène sur des plantes en végétation s'appuient essentiellement sur une interaction entre ces deux types de substances. L'accroissement de taille des cellules végétales corticales (19, 20), l'épinastie des feuilles chez la tomate et l'accélération de croissance à la base de la face supérieure du pétiole (21) qui sont dus au traitement à l'éthylène, suggèrent une augmentation de la concentration en auxine. Des dosages dans des plantes traitées à l'éthylène, indiquent souvent une diminution en auxine dans les parties apicales (22, 23). On a pensé que l'éthylène pouvait perturber la polarité des cellules (24, 25) en obligeant l'auxine à se répandre latéralement à travers les tissus par diffusion à partir du phloème. C'est peut-être à ce phénomène qu'est due l'apparition d'auxine en grande quantité dans certaines parties et en faible quantité dans d'autres (26). Dans la stimulation de l'enracinement, l'éthylène peut agir de façon indépendante, mais également en synergie avec l'auxine (27). YAMAKI (23) a montré que l'éthylène peut augmenter la sensibilité des cellules en croissance envers les auxines et qu'il n'a pas d'effet direct sur les auxines.

L'induction de la floraison de l'ananas par les auxines a été rapportée simultanément aux Hawaï et en Floride

(1, 2). Des applications d'acide α -naphtyl acétique (ANA) en petites quantités à des plants d'ananas en végétation ont induit la floraison tandis que des quantités relativement importantes ont inhibé la floraison de plants normalement prêts à fleurir (1). Aux Hawaï presque tous les champs d'ananas sont traités avec de l'ANA pour induire la floraison. Une simple application de 62,5 g d'ANA par hectare peut provoquer la floraison (28). A Porto-Rico on recommande l'acide 2-4 dichlorophénoxy-acétique (2-4-D) aux concentrations de 5-10 mg par litre pour induire la floraison de l'ananas ; aux Hawaï la concentration de 25-30 mg par litre est couramment utilisée (29).

L'acide indolyl-3-acétique (AIA) est pratiquement inactif pour induire la floraison, probablement à cause de la présence dans le plant d'ananas de grandes quantités d'enzymes qui détruisent l'auxine (30). Il est également possible de provoquer la floraison des litchis (*Litchi chinensis* L.) ; celle-ci peut être induite pour ce fruit par une incision annulaire, une basse température et de courtes photopériodes aussi bien que par un traitement à l'ANA (3). Normalement les courges produisent des fleurs mâles lorsqu'elles sont jeunes, puis au fur et à mesure de leur croissance des fleurs hermaphrodites, femelles et parthénocarpiques. A la suite d'un traitement à l'ANA les fleurs femelles apparaissent plus hâtivement ; un abaissement des températures nocturnes provoque également la formation de fleurs femelles (31).

L'application d'acide 2-3-5 triiodobenzoïque (ATIB) à des tomates, induit le développement de boutons floraux sur les pousses feuillues et la formation d'un bouquet floral à l'extrémité de la tige principale, ce qui indique que l'ATIB provoque la floraison de pousses qui autrement resteraient végétatives (32, 33). Cet effet de l'ATIB a été également observé pour le soja, dans des conditions photopériodiques optimales (5). L'induction florale a également été obtenue avec des auxines pour d'autres plantes dans des conditions déterminées se rapprochant des conditions photopériodiques (34).

Retard de floraison.

L'application de régulateurs de croissance à des arbres fruitiers avant leur floraison amène un retard dans la floraison et dans la nouaison. Pour les pommes, poires, pêches, cerises et prunes, des pulvérisations d'ANA retardent l'ouverture des fleurs de 9 à 15 jours (35, 36). ZIMMERMAN et HITCHCOCK (36) ont signalé que pour la poire et la pêche le développement des bourgeons pouvait être retardé plus efficacement par un traitement à l'ANA (200-800 ppm) pendant la période précédant l'été plutôt qu'au printemps où les bourgeons sortis de leur latence ont commencé à pousser. Cependant MITCHELL et CULLINAN (37) travaillant avec différents régulateurs de croissance ne réussirent pas à obtenir un retard de floraison. Le retard observé dans la floraison a été attribué à la réduction du feuillage et aux dégâts causés aux arbres par les pulvérisations (38, 39). Des essais pour retarder la floraison de

l'ananas provoquent des dégâts importants sur les plantes (1). En appliquant de l'hydrazide maléique (HM) (50-1 000 ppm) au début du printemps à des plants de framboisiers noirs, les périodes de floraison et de récolte furent retardées respectivement de 7-8 jours et de 5-20 jours suivant les concentrations de HM appliquées. Des résultats analogues furent obtenus avec les framboisiers rouges et les airelles (40). Des auxines à des concentrations élevées peuvent retarder la floraison de nombreuses plantes, mais de tels essais ont en général échoué à cause des dégâts importants subis par les plantes avant que l'on puisse réellement débiter des observations (41). Cependant certains des résultats obtenus ont été encourageants et un travail approfondi dans cette voie révélera peut-être que certains régulateurs de croissance pourront être utilisés efficacement pour retarder la floraison et réduire ou éliminer les dégâts causés aux parties végétatives.

Nouaison.

La germination du pollen et la fécondation ultérieure de l'ovaire peuvent dépendre du milieu fourni par le style et le stigmate. La présence dans l'ovaire de substances de croissance est bien connue, certaines agissant comme des activateurs, d'autres comme des inhibiteurs. TWANAMI (42). KATO (43) a observé une faible augmentation de la germination du pollen par l'AIA, l'addition de gibbérelline à la place de l'auxine provoque une nette stimulation.

La présence de substances de croissance ajoutées n'est pas essentielle pour la germination des tubes polliniques. La plupart des types de pollen peuvent germer et les tubes polliniques croître dans un milieu sucré. Cependant la présence de substances de croissance peut influencer notablement la croissance du tube (44). Le début de la croissance du fruit après la pollinisation a été attribué à une production d'auxine dans l'ovaire. MUIR (45) a montré qu'aussitôt après la pollinisation une augmentation nette de la teneur en auxine se produisait dans les ovaires des fleurs de tabac. Sans pollinisation une telle augmentation n'a pas lieu. L'auxine est synthétisée par l'ovaire aussitôt après la pollinisation, ce qui a pour résultat d'aboutir à la nouaison. La parthénocarpié naturelle a lieu dans des ovaires qui ont une forte teneur en auxine avant la pollinisation.

Le rôle des auxines dans la nouaison a été confirmé ultérieurement par le fait que des régulateurs de croissance peuvent se substituer à la pollinisation dans de nombreuses espèces.

Pour des tomates, l'application d'auxine a effectivement remplacé la nécessité de la pollinisation de la fleur. La pratique commerciale n'est intéressante que si elle peut palier certaines limites de la nouaison dues au manque de pollinisation et apporter aussi une augmentation de la taille du fruit et du taux de maturation pour une récolte précoce (6). Pour des intensités lumineuses faibles, un apport d'azote excessif ou des températures élevées, le style des fleurs de tomate a tendance à devenir excessive-

ment allongé et la capacité d'auto-fécondation de la fleur disparaît. Dans ces conditions l'acide *p*-chlorophénoxyacétique (CIPA) à la concentration de 25-30 mg par litre augmente considérablement la nouaison (6).

On a réalisé avec succès la nouaison de la figue 'Calimyrna' par l'utilisation de CIPA (46) et de l'acide benzothiazole-2-oxyacétique (BOA) (47). Pour une bonne pollinisation l'emploi de ces composés chimiques remplace le besoin d'arbres mâles dans le verger, aussi bien que la présence de la guêpe nécessaire à la capricification. Dans certaines régions le développement parthénocarpique des poires 'Barlett' peut être obtenu par la vaporisation de substances de croissance (48, 49). L'avocatier forme quelquefois des fruits parthénocarpiques ; il peut être forcé à nouer par le 2-4-D, mais le fruit en général n'atteint pas sa taille normale (50). Des auxines ont été utilisées pour induire la nouaison de la vigne.

Normalement des fleurs des variétés de raisins 'Black corynth' et 'Thomson seedless' nouent faiblement à moins que l'on ne pratique une incision annulaire ; la vaporisation de CIPA et de BOA augmente alors considérablement la nouaison (51-53).

La possibilité qu'ont les gibbérellines d'influencer la nouaison des fruits a également été reconnue. PROSPER et JACKSON (54) trouvèrent que des variétés de roses qui ne répondent pas à un traitement auxinique portaient des fruits après un traitement aux gibbérellines. CRANE et coll. (55) ont montré que les abricots, les pêches et les membres du genre *Prunus* nouaient à la suite d'un traitement aux gibbérellines. On a trouvé que l'application de gibbérelline aux variétés de raisin 'Black corynth' et 'Thompson seedless' induisait un grand pourcentage de nouaison de grains plus gros. Des résultats analogues ont été obtenus avec le genre *Citrus* sp., le fraisier, le tilleul *Grewia asiatica* et le raisin 'Pusa seedless' (56). Pour la vigne la pulvérisation foliaire a été beaucoup plus efficace qu'une application sur le bouquet floral (57, 58). Pour des variétés semées le traitement au stade de la floraison (le meilleur moment pour des variétés sans pépins), aboutit au développement de nombreux grains qui restent petits, durs et verts (59). LUCKWILL (60) a signalé que la gibbérelline stimule la formation de fruits parthénocarpiques dans les genres *Malus* sp. et *Pirus* sp.

D'autres espèces fruitières peuvent nouer après un traitement par des régulateurs de croissance, mais généralement les fruits obtenus ne se développent que partiellement et tombent avant maturité. Il n'a pas été possible de réaliser une nouaison satisfaisante pour des poires avec l'acide naphthoxypropionique (61) ou avec l'acide 2-4-5 trichlorophénoxypropionique (2-4-5-TP) (62), pour des pommes avec l'acide α -phénoxypropionique (61) et pour des olives avec le 2-4-D (63). MARTH et MEADER (64) obtinrent des résultats favorables avec le plant de mûre USDA n° 28 en pulvérisant sur les fleurs déjà ouvertes un mélange de 12 ppm d'acide β -naphthoxyacétique (NOA) et de 8 ppm de CIPA. WALDO et HANSEN (65) utilisant le mélange de ces mêmes régulateurs de croissance sur la

même variété, mais dans des proportions différentes (NOA = 40 ppm + CIPA 40 ppm) ne purent pas confirmer ces résultats. Cependant, ils obtinrent une augmentation de 20 p. cent en poids des baies pour une autre variété. On a trouvé que des substances de croissance étaient efficaces pour provoquer la parthénocarpie du fraisier ; de tels traitements peuvent augmenter efficacement les rendements pour des variétés à fleurs mâles stériles qui en général ne donnent pas de récolte complète à cause d'une pollinisation insuffisante (66). On a obtenu un accroissement dans la nouaison et dans les rendements (jusqu'à 33 p. cent) par une application de NOA à la concentration de 50 ppm aussitôt après la pollinisation (67).

L'application des régulateurs de croissance provoque une stimulation de la croissance du fruit, stimulation qui se produit normalement dans la plupart des fruits après la pollinisation. Différents produits chimiques dérivés de l'acide phtalamique, qui ne sont pas des auxines, stimulent également la nouaison des fruits (68). Ceci peut être dû au retard de la chute de la fleur, jusqu'à ce que l'ovaire puisse produire les substances naturelles stimulatrices de la croissance. On estime que l'aptitude des régulateurs de croissance à agir sur la nouaison est une fonction de leur activité auxinique (69).

Développement du fruit.

La stimulation de la nouaison et des premiers stades de croissance est liée à une division cellulaire active. STEWARD et SIMMONDS (70) ont démontré la présence de kinines dans les jeunes fruits de bananes parthénocarpiques. GOLDACRE et BOTTOMLEY (71) ont montré la présence de kinines dans la chair de pommes jusqu'à ce qu'elles soient âgées de trois semaines, époque à laquelle la division cellulaire cesse normalement. Ils furent capables de rétablir la division cellulaire dans des pommes après la troisième semaine par l'application de kinines extraites préalablement. La croissance des fruits impliquant une augmentation de la taille des cellules a été associée aux auxines. Quand on applique des régulateurs de croissance à certaines fleurs, ils influencent non seulement la nouaison du fruit mais aussi sa croissance et sa maturation. En outre il y a des sites de synthèse active d'auxine à l'intérieur du fruit (embryon et endosperme) pendant la croissance. Quand elle se ralentit ou s'arrête et que la teneur naturelle en auxine est basse, l'application d'auxines sur le fruit provoque une stimulation de la croissance.

NITSCH (72) trouva que dans la fraise, la production d'auxine est liée à une croissance active et que lorsque le fruit a atteint sa taille définitive, la teneur en auxine décroît progressivement. Dans le fraisier, la synthèse d'auxines se situe principalement dans les akènes en développement car le fait d'enlever ceux-ci supprime la croissance du fruit et l'application de régulateur de croissance peut la faire reprendre.

Contrairement au fraisier qui ne présente qu'une seule poussée de croissance du fruit, certaines espèces ont deux

ou trois phases de croissance. La corrélation des deux phases de croissance avec la production d'auxine a été bien illustrée dans le cas du groseillier. Cependant des observations sur des raisins offrent un aspect différent. Des extraits de raisins réalisés à différents stades de la croissance montrent que la teneur en auxine croît au cours de la première phase active et diminue en même temps que le rythme de la croissance, mais il n'y a pas d'augmentation détectable de la teneur en auxine dans la seconde phase de croissance (74). Dans ce cas la deuxième phase de croissance ne peut pas être attribuée à la teneur en auxine, puisque l'on ne trouve aucune substance de croissance pour en rendre compte.

La croissance de la figue présente également un grand intérêt. Peu de temps après la caprification, la figue 'Calimyrna' contient de faibles quantités mesurables d'auxines. Mais pendant la première phase de la croissance du fruit, la teneur en auxine baisse réellement, augmentant de nouveau seulement pendant la phase finale de croissance ; la deuxième phase de croissance se poursuit sans intervention d'aucune auxine (75). Cependant si des auxines sont fournies à la figue pendant la phase de croissance ralentie, la pleine croissance reprend et le fruit atteint sa taille normale ou une taille plus importante avec une date de maturité plus précoce (46).

Pour la pêche, on trouve des quantités appréciables d'auxines seulement pendant la période située entre les deux phases de croissance (76) ; ceci indique que le rôle de l'auxine dans ce fruit est principalement d'inhiber la croissance pendant la phase de croissance. Il est intéressant de noter que l'application d'acide 2-4-5 trichlorophenoxyacétique (2, 4, 5-T) peut accélérer la maturation et stopper la croissance avant que le fruit n'atteigne sa taille normale. Ces fruits peuvent être récoltés deux semaines plus tôt que les fruits non traités (77). Le retard de la phase de croissance peut durer environ six semaines pour l'abricot. L'application d'auxine peut rétablir le processus de croissance et a pour résultat une maturité plus précoce et une augmentation de la taille finale du fruit (78, 79). L'augmentation de la taille du fruit à la suite d'un traitement par les régulateurs de croissance a été démontrée pour un grand nombre de fruits, notamment pour l'ananas (80, 81). Le même effet a été signalé pour les limes (82), les oranges 'Washington Navel' (83), les oranges 'Valencia' (84), les raisins sans pépins (85) et les fraises (67). Des essais récents ont montré que l'application de 2-4-D pendant le développement du fruit provoque une augmentation de la longueur et une diminution de la circonférence de l'ananas produisant des fruits cylindriques (SRIVASTAVA H. C., non publié). La production de tels fruits peut être avantageuse en réduisant les pertes pendant la mise en conserve.

Le fait que tous les fruits ne répondent pas au traitement par les régulateurs de croissance indique que les auxines par elles-mêmes ne sont pas entièrement responsables de la croissance du fruit. Naturellement il y a des périodes pendant la croissance où une faible teneur en auxine peut limiter une croissance active et où l'applica-

tion de régulateurs de croissance peut la favoriser. Il est évident que diverses autres substances peuvent jouer un rôle important dans la division cellulaire (86). La nouaison du rosier (55) est induite par les gibbérellines, alors que les auxines n'ont pas d'action ; ceci indique également que ce régulateur de croissance peut participer à la nouaison et au développement du fruit.

Éclaircissage.

De nombreux arbres fruitiers ont tendance à nouer plus de fruits qu'ils ne peuvent en porter, ceci ayant pour résultats la production de fruits petits et de qualité inférieure. Ceci peut être également une cause de l'alternance dans certains cas. Pour quelques variétés fruitières, l'alternance est devenue un problème sérieux, lorsque l'on a noté que l'on récoltait beaucoup de petits fruits pendant les années d'alternance. Dans ces conditions il est désirable d'éliminer ce surplus de production afin d'obtenir une récolte moyenne de fruits de bonne taille et d'éviter l'alternance.

L'éclaircissage manuel bien qu'efficace n'est pas pratique. Des régulateurs de croissance comme l'ANA se sont révélés efficaces dans l'éclaircissage et sont utilisés commercialement.

LÉOPOLD (6) a attribué l'effet des régulateurs de croissance sur l'éclaircissage à l'empêchement de la pollinisation, à l'induction de l'avortement de l'embryon et à l'altération du gradient d'auxines dans la zone d'abscission, ce qui provoque la chute. L'application d'auxine à des fleurs produit une incompatibilité des styles (87). Ces traitements inhibent également la germination et la croissance des tubes polliniques (88). Des brûlures de parties florales ont également été noté (89). Cependant l'avortement de l'embryon semble être la principale cause de l'éclaircissage du fruit.

Aussitôt après une pulvérisation d'ANA, il y a une chute considérable de fruits et l'examen de ceux-ci montre l'avortement des embryons (87). Dans les premiers stades de la nouaison, l'endosperme est hautement susceptible à l'avortement après un traitement par les auxines et sa dégénérescence est suivie par la mort de l'embryon (90).

Il est peu probable qu'il y ait altération du gradient auxinique dans la zone d'abscission. MURNEEK et TEUBNER (91) ont montré que le fait d'ôter le fruit à la main en laissant le pédoncule après un traitement d'éclaircissage à l'ANA retarde l'abscission du pédoncule. Le fait qu'une pulvérisation après la chute de juin n'ait pas une action d'éclaircissage suggère que le changement dans le gradient auxinique n'est pas un facteur intervenant dans la chute des fruits.

Selon STRUCKMEYER et ROBERTS (92) l'éclaircissage peut résulter d'une nouaison abondante en réponse à une pulvérisation d'auxine suivie par une plus grande compétition pour la nutrition entre les fruits. Quoiqu'il y ait une courte période de diminution de la chute pour certains fruits, il y a des cas où il n'y a pas de diminution et où l'éclaircissage suit la pulvérisation (62). Ceci suggère que

le retard de l'abscission ne doit pas être considéré comme un accroissement de la nouaison. Cependant les possibilités d'une compétition pour la nutrition dans le cas d'une nouaison importante, pouvant avoir pour résultat l'abscission, doivent être prises en considération. Il est intéressant de noter que pour les olives, des pulvérisations d'ANA sur les feuilles ont pour résultat un éclaircissage, tandis qu'une application similaire sur le fruit n'a pas d'effet (89). Pour les pêches, des pulvérisations pendant les trois premières semaines suivant la floraison, alors qu'il n'y a pas de feuilles sur l'arbre, n'induisent pas d'abscission mais on observe un éclaircissage marqué quand les bourgeons foliaires sont ouverts (93). Selon LEOPOLD (94) le mouvement de l'ANA du feuillage vers l'ovule peut être impliqué dans le mécanisme d'éclaircissage ; alternativement, il peut être dû à un effet de mobilisation des auxines dans les feuilles, ce qui prive les fruits de leur substrat de croissance entraînant l'avortement des embryons.

Puisqu'il existe des revues détaillées sur ce sujet (6, 94, 95) les applications des régulateurs de croissance dans l'éclaircissage des fruits n'ont pas été examinées dans cet article.

Abscission des fruits.

Les organes végétaux ont une tendance générale à se détacher et la production d'auxine à l'intérieur de ces organes supprime cette tendance. LUCKWILL (96) a montré que dans des pommes l'auxine est produite en trois étapes : 1) au moment de la fécondation l'ovaire produit un flux d'auxines ; 2) à la quatrième semaine, l'endosperme produit des auxines ; 3) entre la huitième et la douzième semaine, l'embryon dans la graine devient une riche source d'auxines.

Les courtes périodes de chute des fruits surviennent entre chacun de ces stades, Il y a une chute considérable de la production d'auxine à l'approche de la maturité. L'abscission des fruits mûrs se situe principalement au moment d'un affaiblissement et d'une dissolution finale des lamelles moyennes des cellules dans ou près de la zone d'abscission (97). Des auxines appliquées au fruit évitent le développement de ces changements dans les lamelles moyennes sans doute par l'inhibition des enzymes qui solubilisent les pectines (28). L'inhibition de la pectine méthylesterase par les auxines a été observée *in vitro* mais pas *in vivo* (98). Selon SACHER (99) les changements accompagnant la sénescence et l'abscission des fruits et des feuilles sont dues à la perte d'intégrité des membranes cellulaires résultant de niveaux en auxines insuffisants. Les résultats obtenus par OSBORNE (100, 101) indiquent que la sénescence des feuilles sur l'arbre ou des feuilles tombées de plusieurs espèces caduques a pu être retardée par l'application de 2, 4-D. Le 2, 4-D et le 2, 4, 5-T peuvent éviter la chute naturelle du gradient d'activité de la pectine méthylesterase qui survient dans les zones d'abscission (102). YAGER (103) a suggéré l'existence d'autres enzymes actives dans l'abscission. La présence de pectine méthylesterase dans

l'exsudat de fragments d'endocarpe de pois de marécage (à faible teneur en auxine) est également bien connue (104, 105). Selon Varner (106), une faible teneur en auxine peut apporter une variation dans la distribution de l'activité de la pectine métylsterase et peut être d'autres enzymes, et de ce fait provoque un changement dans le métabolisme des pectines, ce qui contribuerait aux modifications se produisant dans la sénescence et l'abscission.

On a trouvé que l'acide chlorophénoxy-acétique était actif dans le contrôle de la chute des fruits. Cependant le 2,4-D qui a des effets rémanents prolongés pour certaines variétés de pomme provoque des difformités de croissance. Parmi les autres régulateurs de croissance on a trouvé que le 2, 4, 5-T était très efficace, son efficacité étant dépassée seulement par celle du 2, 4, 5-TP (94). L'amide du 2, 4, 5-TP semble avoir un effet très fort sur le mûrissement des pommes. Des pulvérisations de HM afin de limiter les effets de mûrissement provoqués par l'ANA lors de son utilisation pour éviter la chute des fruits, a rencontré quelque succès. Cependant le même composé chimique lorsqu'il est utilisé après des pulvérisations de 2, 4, 5-T ou de 2, 4, 5-TP ne donne pas une protection satisfaisante (107).

Bien que la production d'auxines dans les fruits de *Citrus* n'aient pas été étudiée, le 2, 4-D et le 2, 4, 5-T utilisés en pulvérisation pour empêcher la chute des fruits combinent leurs effets bénéfiques en limitant la chute avant récolte et en augmentant la taille des fruits (83, 84).

Des essais réalisés afin d'éviter la chute des fruits avec l'ANA ont été partiellement positifs pour l'abricot (108). L'utilisation de 2, 4, 5-T pour améliorer la taille des fruits a permis de contrôler efficacement la chute des fruits des abricots 'Royal' (109). Les pulvérisations ont été efficaces sur les variétés 'Tilton' et 'Stewart' (79). Pour la variété 'Stewart' l'abscission est apparemment due à l'avortement des embryons qui peut diminuer considérablement la teneur en auxine, mais pour la variété 'Tilton' l'examen des fruits tombés montre que ces abricots ont des embryons normaux (79).

La chute avant récolte de ces fruits ne peut pas s'expliquer en s'appuyant sur la teneur en auxine. L'abricot 'Tilton' répond remarquablement à un traitement auxinique. Le contrôle de la chute avant récolte a été rapporté pour différents autres fruits comme les poires (110), les prunes (111) et aussi les amandes (112). L'utilisation des régulateurs de croissance pour prévenir la chute des fruits a déjà été examiné en détail (6, 94, 95).

Qualité du fruit et maturation.

Des applications d'auxine ont été utilisées pour modifier la taille des fruits, accélérer le mûrissement et améliorer la coloration et les qualités de conservation. Pendant les phases de croissance du fruit limitées par les auxines, l'application de régulateurs de croissance accélère le taux de croissance et provoque un retard ou une avance de la maturation.

Les différentes phases de la croissance des fruits et l'éven-

tuelle influence des auxines sur ces phases de croissance en relation avec la taille et la maturation du fruit ont été étudiées par LÉOPOLD (94).

L'amélioration de la taille des abricots est principalement due à l'augmentation du volume des cellules (94). Dans les fruits du genre *Prunus* la division cellulaire s'arrête aussitôt après la pollinisation et cette situation n'est pas changée par un traitement auxinique. Il y a un accroissement de 50 à 60 p. cent du volume des cellules dans ces fruits (113). L'augmentation du poids des fruits est due principalement à l'accroissement de la teneur en eau. Le poids sec des fruits traités n'est pratiquement pas différent de celui des fruits non traités (114).

Pour les pommes, l'auxine agit fortement sur le développement de la coloration et l'utilisation de régulateurs de croissance dans le but de prévenir la chute des fruits a pour résultat une importante pigmentation rouge des pommes et une maturation hâtive (94). L'emploi de HM permet de contrôler le ramollissement du fruit sans provoquer de changement dans la coloration (115). On a signalé une accélération de la maturation pour les pêches (77), les mangues (116), les prunes (117) et les tomates (118).

Des pulvérisations de 2,4,5-T ou de 2,4-D provoquent un retard dans la maturité des fruits de *Citrus*, révélé par la persistance de la couleur verte, une acidité importante et une faible teneur en produits solubles (119). Pour l'ananas, des traitements avec les régulateurs de croissance retardent la maturité (81). Tandis que des traitements avant la récolte avec le NOA ont pour résultat une augmentation de la taille du fruit des mangues 'Alphanso' à Mysore, des pulvérisations avec HM environ un mois avant la récolte retardent la maturité des mangues 'Alphanso'.

Les effets des régulateurs de croissance sur la composition chimique du fruit ne sont pas encore bien compris, quoiqu'une augmentation significative d'acide ascorbique ait été trouvée dans les mangues à la récolte (MOORTHY, N. V. N. et coll., non publié). Des pulvérisations de gibbérelline induiraient la nouaison de fruits parthénocarpiques pour beaucoup d'espèces fruitières; des pulvérisations de solutions à 500 ppm produisent des fruits aussi gros que ceux qui ont été pollinisés, bien qu'ils soient parfois différents en taille et qu'ils mûrissent au moins 10 jours plus tôt que les fruits non traités (55). Pour l'orange 'Navel' 'Thompson améliorée' une application de gibbérelline retarde le développement de la coloration et augmente la teneur en jus et en acide ascorbique (120). Pour les oranges 'Valencia' un traitement à la gibbérelline a diminué leur taille et beaucoup retardé le développement de la coloration (121). Pour les citrons 'Lisbonne' il y a un retard dans le développement de la coloration et la taille du fruit n'est pas affectée par un traitement à la gibbérelline (121, 122). LÉOPOLD (44) a suggéré que les inhibiteurs de croissance pouvaient jouer un rôle important dans la phase finale de la croissance; il observe une accumulation d'inhibiteurs de la croissance végétale pendant le processus de maturation. Cependant le rôle exact de ces inhibiteurs dans le contrôle de la croissance reste à élucider.

Effets des auxines et comportement des fruits pendant la conservation.

A la fin de la croissance et de la maturation du fruit, il y a une diminution notable de la teneur en auxine. Pendant la conservation, la teneur en auxine reste faible et des inhibiteurs sont présents (123). Bien que les auxines aient un rôle important pendant la croissance du fruit et son développement, leur étude pendant la période suivant la récolte n'a pas été jugée utile (124). Cependant il est intéressant que des régulateurs de croissance aient influencé efficacement le processus du mûrissement et le contrôle des pertes lorsque des fruits et des légumes (6, 119, 125) ont été traités après récolte.

Le trempage des fruits, comme les pommes, les poires, les bananes, dans une solution aqueuse de 2,4-D accélère la maturation (126). On a pensé que l'action de diastases dans ces fruits était accélérée par l'application de 2,4-D. Les piments, les tomates et les kakis dont la maturation ne se traduit pas par une transformation de l'amidon, ne répondent pas au 2,4-D (119). Les régulateurs de croissance tels que le 2,4,5-T et le CIPA se sont montrés efficaces pour accélérer le mûrissement des bananes (127, 128). Des observations semblables ont pu être faites pour les pêches (129) et les prunes 'Stanly' (130). Le traitement de différentes variétés de pommes avec l'ANA, l'acide indolyl-butérique (AIB) et un mélange de ces deux composés avant la conservation au froid, a diminué considérablement le développement de l'échaudure (131). De même pour les poires 'Anjou' un traitement au 2,4-D a permis de contrôler efficacement l'échaudure.

L'application de 2,4-D ou de 2,4,5-T a été efficace pour ralentir le processus de maturation des citrons 'California' et pour empêcher les « points noirs » et la pourriture à *Alternaria*. Le développement de la coloration des oranges 'Valencia' a été retardé et la perte réduite lors du traitement au 2,4-D après récolte (119). Des résultats analogues ont été obtenus avec les mandarines 'Coorg' et les mangues 'Alphanso' traitées avec 2,4-D, 2,4,5-T et HM (132-134). Pour les goyaves, le trempage avec du 2,4-D réalisé après la récolte augmente la rapidité de maturation et les fruits prennent une coloration très attirante, tandis que HM retarde le mûrissement et allonge la période de conservation des fruits (SRIVASTAVA, H. C., non publié). Des traitements après récolte avec de fortes concentrations d'acide indolyl-propionique (AIP) et (AIB) retardent le virage de coloration, la déshydratation et la respiration, et favorisent la conservation des limes. On a également observé un retard de maturation pour des tomates traitées avec de l'AIP et de l'AIB (RODRIGUES J., non publié) alors qu'une amélioration du développement de coloration a été signalée pour un traitement post-récolte avec HM (SRIVASTAVA, H. C., non publié).

Au moment de la maturation des fruits plusieurs processus entrent en jeu. Différents changements biochimiques ont lieu pendant la phase climactérique et la sénescence, et des régulateurs de croissance peuvent influencer

ces processus de plusieurs manières. HM peut retarder avec succès la stimulation de la respiration et la maturation des pommes induites par les auxines (115). L'HM réduit l'efficacité de l'AIA et l'on pense que ceci est dû à une destruction enzymatique de l'AIA (125). Bien que l'on ait considéré l'HM comme une anti-auxine, le manque de preuves ne permet pas de fournir l'explication pour ce qui est de son rôle exact dans le retard de la maturation.

Métabolisme des auxines.

Les plants traités avec de faibles concentrations en auxines ont une tendance à avoir une activité métabolique accrue, comme l'indique l'augmentation de la respiration. On admet de préférence que l'action primaire des auxines se situe au niveau du métabolisme des phosphates (136). Selon THIMMAN (137) les auxines joueraient un rôle de protecteur des enzymes dans le métabolisme des acides organiques vis à vis des inhibiteurs naturels. Selon BONNER et THURLOW (138) le métabolisme des acides organiques fournirait un substrat pour l'action des auxines. Le métabolisme des acides organiques produit du phosphate hautement énergétique, le transfert et l'utilisation de ce phosphate sont contrôlés par un mécanisme auxinique.

Il est intéressant que les auxines intensifient la respiration en particulier si les acides du cycle de l'acide citrique sont présents en quantités suffisamment grandes (136). Ceci indique que les acides organiques peuvent limiter le mécanisme d'action des auxines. Les conditions du milieu comme de basses températures qui entraînent une augmentation de la production des acides organiques auront souvent des effets semblables à ceux causés par les auxines (139, 141). On a montré qu'une chute de la température nocturne provoque une augmentation de la teneur en acides organiques, ce qui a pour résultat l'induction florale de l'ananas (28, 142). Une basse température influence également la nouaison des tomates et des courges sans pollinisation (6, 31). L'induction florale et la nouaison peuvent aussi être obtenues par l'application des régulateurs de croissance. La respiration produit de l'énergie qui est captée dans les liaisons phosphates à haute énergie et cette énergie est utilisée pour la croissance. La respiration se continue grâce à la présence d'accepteurs de phosphate. Les auxines peuvent augmenter la respiration en utilisant pour la croissance les produits de phosphorylation tandis que les composés non auxiniques comme le 2,4 dinitro-phénol augmentent la respiration en découplant oxydation et phosphorylation.

On considère qu'en début de phase climactérique, l'augmentation de l'intensité respiratoire est due à un accroissement progressif de la disponibilité des accepteurs de phosphates dans le fruit ou à la production d'agents découplants (143). MILLARD et coll. (143) ont montré que le mûrissement des avocats se poursuit en fonction de la disponibilité des accepteurs de phosphates dans le milieu métabolique. Ils ont montré la présence dans l'avocat d'une substance qui, de même que le DNP, agit comme un agent

découplant pendant la phase climactérique. Selon eux, l'augmentation de la respiration pendant le début de la phase climactérique et les modifications chimiques pendant le mûrissement du fruit, peuvent être dues à un découplage, à une diminution de synthèse ou de disponibilité de l'adénosine triphosphate (ATP) dans le fruit. Une action découplante similaire dans la maturation des pommes a été observée par PEARSON et ROBERTSON (144). En injectant à des tomates prêtes à mûrir du DNP, les changements physiques et chimiques associés avec les hausses de maturation peuvent être évités (145). Le besoin d'une source énergétique sous la forme d'une phosphorylation oxydative a été considéré comme nécessaire pour une bonne maturation. LÉOPOLD (6) a attribué le mûrissement des bananes traitées avec le 2,4-D au 2,4-dichlorophénol, impureté courante dans des préparations commerciales de 2,4-D. Comme le DNP, cette impureté est un agent découplant fort. Des études récentes ont montré que le 2,4-D pouvait découpler la phosphorylation oxydative. SWITZER (146) montra que le 2,4-D découplait la phosphorylation oxydative dans les mitochondries de soja. Un mécanisme de découplage a également été observé pour les chlorelles (147). WEDDING et KAY BLACK (148) montrèrent que l'activité du 2,4-D comme agent découplant est égal au

1/20 de celle du DNP, tandis que l'AIA n'a pas l'effet découplant. D'autres acides chlorés peuvent efficacement découpler la phosphorylation oxydative.

Des expériences récentes (149, 150) avec du ^{32}P ont montré que le taux de pénétration et l'incorporation des phosphates dans les esters organiques sont réellement plus importants dans les fruits climactériques, ce qui indique que la phosphorylation oxydative se produit dans les fruits non mûrs et dans les fruits climactériques. Des mitochondries isolées de fruits se trouvant dans leur phase pré-climactérique étaient presque complètement découplées alors que celles extraites de fruits au moment de leur pic climactérique étaient faiblement affectées par le DNP. Le sens précis de cette phosphorylation résistante au DNP dans les fruits climactériques demande une étude supplémentaire. On a suggéré que l'incorporation de phosphates dans certaines substances spécifiques peut être la réponse-clef au changement métabolique dans les fruits en train de mûrir. Des régulateurs de croissance peuvent jouer un rôle important en occasionnant ces changements dans les fruits. Une bonne compréhension de la physiologie de la maturation et du rôle des régulateurs de croissance dans la modification du métabolisme des fruits aidera éventuellement à contrôler ces phénomènes.

CONCLUSION

Une explication unique n'est pas possible pour l'éventail d'effets obtenus par l'application aux plantes de différents régulateurs de croissance. C'est un fait que les substances de croissance jouent un rôle important dans le métabolisme végétal. Leurs effets sur la nouaison, le développement et la maturation du fruit ne sont pas les mêmes pour toutes les espèces. Puisque les variétés de la même espèce fruitière réagissent différemment à des traitements par des régulateurs de croissance, on peut s'attendre à des variations sensibles, pour les espèces de type différent. L'action de ces composés varie énormément avec le stade de développement de la plante, de la fleur et du fruit, avec la concentration utilisée et les conditions de milieu. Avec un temps couvert, l'efficacité des pulvérisations d'auxines aux Hawaï a été réduit de 50 p. cent (6). L'étude des teneurs en auxine de fruits à des stades différents, donne une idée sur leur rôle possible dans le développement, la maturation et la sénescence du fruit quoique la preuve ne soit pas très concluante.

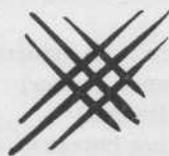
L'utilisation des régulateurs de croissance dans différentes cultures fruitières afin d'étudier la possibilité d'application commerciale, est récente aux Indes. Pour interpréter les résultats en vue d'une exploitation commerciale, il faut considérer de nombreux facteurs : différence saisonnière et climatique, nutrition des plantes et pratiques culturales. Des études physiologiques en relation avec la floraison, la croissance du fruit et la maturation paraissent nécessaires pour appliquer judicieusement des régulateurs de croissance afin d'améliorer les rendements, la qualité, le comportement pendant la conservation, les pratiques précommerciales et la commercialisation. Des études approfondies prenant en considération le phénomène à contrôler, le type de fruit, la période de l'application, la concentration à utiliser, les conditions de milieu, doivent permettre de mieux comprendre les phénomènes physiologiques de la floraison, du développement du fruit, de la maturation et de la sénescence et peuvent éventuellement nous rendre capable de les contrôler.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) CLARK, H. E. et KERNS, K. K. — *Science*, 95 (1942), 536.
- (2) COOPER, W. C. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 41 (1942), 93.
- (3) NAKATA, S. — *Bot. Gaz.*, 117 (1955), 126.
- (4) BONNER, J. — *Science*, 113 (1951), 145.
- (5) GALSTON, A. W. — *Amer. J. Bot.*, 34 (1947), 356.
- (6) LEOPOLD, A. C. — *Auxins and plant growth* (University of California Press, Berkeley and Los Angeles), 1955.
- (7) BONNER, J. et BANDURSKI, R. S. — *Annu. Rev. Pl. Physiol.*, 3 (1952), 59.
- (8) GOWING, D. P. — *Amer. J. Bot.*, 43 (1956), 411.

- (9) REECE, P. C., FURR, J. R. et COOPER, W. C. — *Amer. J. Bot.*, 43 (1946), 209.
- (10) VINCE, D. et MASON, D. T. — *Nature, Lond.*, 174 (1954), 842.
- (11) VON DEUFFER, D. — *Naturwissenschaften*, 24 (1951), 564.
- (12) LEOPOLD, A. C. et THIMMAN, K. V. — *Amer. J. Bot.*, 36 (1949), 342.
- (13) AUDUS, L. T. et THRESH, R. — *Ann. Bot., Lond.*, 20 (1956), 439.
- (14) BONNER, J. — *Amer. J. Bot.*, 36 (1949), 429.
- (15) HEMBERG, T. — *Physiol. Plant.*, 8 (1955), 418.
- (16) RODRIGUEZ, A. B. — *J. Dep. Agric. P. R.*, 26 (1932), 5.
- (17) LEWCOCK, H. K. — *Qd agric. J.*, 48 (1937), 532.
- (18) CROCKER, W., HITCHCOCK, A. E. et ZIMMERMAN, P. W. — *Contr. Boyce Thompson Inst.*, 7 (1935), 248.
- (19) ISAAS, W. E. — *Trans. Roy. Soc., S. Afr.*, 26 (1938), 307.
- (20) RICHARDS, H. M. et MACDAUGAL, D. T. — *Bull. Torrey bot. Cl.*, 31 (1904), 57.
- (21) TURKOVA, N. — *C. R. Acad. Sci. URSS*, (1942), 39.
- (22) MICHENER, H. D. — *Amer. J. Bot.*, 25 (1938), 711.
- (23) YAMAKI, T. — *Proc. imp. Acad. Japan*, 23 (1947), 53.
- (24) BUNNING, E. et ELG, H. — *Planta*, 43 (1954), 472.
- (25) BORGSTORM, G. — *K. fysiogr. Sällsk. Lund, Förh.*, 9 (1939), 135.
- (26) BURG, S. P. — *Annu. Rev. Pl. Physiol.*, 13 (1962), 265.
- (27) MICHENER, H. D. — *Science*, 82 (1935), 551.
- (28) VAN OVERBEEK, J. — *Plant growth substances*, edited by F. Skoog (University of Wisconsin Press, Madison), 1951, 225.
- (29) VAN OVERBEEK, J. — *Bot. Gaz.*, 108 (1946), 64.
- (30) GORDON, S. A. et NIEVA, F. S. — *Arch. Biochem. Biophys.*, 20 (1949), 356.
- (31) NITSCH, J. P. — *Abstr. Amer. Soc. Pl. Physiol.*, (1951), 22.
- (32) ZIMMERMAN, P. W. et HITCHCOCK, A. E. — *Contr. Boyce Thompson Inst.*, 12 (1942), 491.
- (33) RODRIGUES, J. — *Effect of 2-3-5-triiodobenzoic acid on meristems of tomato*, M. Sc. thesis University of Missouri Columbia, 1955.
- (34) LIVERMAN, J. L. et LANG, A. — *Plant Physiol.*, 31 (1956), 147.
- (35) WINKLEPECK, R. C. — *Hoosier Hort.*, 21 (1939), 152.
- (36) ZIMMERMAN, P. W. et HITCHCOCK, A. E. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 42 (1943), 141.
- (37) MITCHELL, J. W. et CULLINAN, F. P. — *Plant. Physiol.*, 17 (1942), 16.
- (38) MARTH, P. C., HAVIS, L. et BATJER, L. P. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 49 (1947), 49.
- (39) TUKEY, H. B. et HAMNER, C. L. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 54 (1947), 95.
- (40) KENNERD, W. C., TUKEY, L. D. et WHITE, D. G. — *Progr. Rep. Pa agric. Exp. Sta.*, (1951), 52.
- (41) RICE, E. L. — *Bot. Gaz.*, 112 (1950), 207.
- (42) TWANAMI, Y. — *Bot. Mag., Tokyo*, 70 (1962), 742.
- (43) KATO, Y. — *Bot. Gaz.*, 117 (1955), 16.
- (44) LEOPOLD, A. C. — *Canad. J. Bot.*, 40 (1962), 742.
- (45) MUIR, R. M. — *Amer. J. Bot.*, 29 (1942), 716.
- (46) CRANE, J. C. et BLONDEAU, R. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 54 (1949), 102.
- (47) CRANE, J. C. — *Science*, 115 (1952), 238.
- (48) DETAR, J. E., GRIGGS, W. H. et CRANE, J. C. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 55 (1950), 137.
- (49) GRIGGS, W. H., TWAKIRI, B. T. et DETAR, J. E. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 58 (1951), 37.
- (50) STEWART, W. S. et HIELD, H. Z. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 58 (1951), 53.
- (51) WEAVER, R. J. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 61 (1953), 135.
- (52) WEAVER, R. J. — *Bot. Gaz.*, 115 (1954), 365.
- (53) WEAVER, R. J. — *Bull. Calif. agr. Exp. Sta. No. 752* (1956).
- (54) PRÖSSER, M. V. et JACKSON, G. A. D. — *Nature, Lond.*, 184 (1959), 180.
- (55) CRANE, J. C., PRIMER, P. et CAMPBELL, R. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 75 (1960), 129.
- (56) RANDHAWA, G. S. et SINGH, J. P. — *Indian Hort.*, 6 (4) (1962), 3.
- (57) STEWART, W. S., HALSEY, D. et CHING, F. T. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.* 72 (1958), 165.
- (58) WEAVER, R. J. — *Nature, Lond.*, 181 (1958), 851.
- (59) WEAVER, R. J. et MCCUNE, S. B. — *Hilgardia*, 28 (1959), 625.
- (60) LUCKWILL, L. C. — *Grower*, 52 (1959), 451.
- (61) OSBORNE, D. J. et WAIN, R. L. — *J. hort. Sci.*, 26 (1951), 317.
- (62) BATJER, L. P. et UOTA. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 58 (1951), 33.
- (63) HARTMANN, H. T. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 55 (1950), 181.
- (64) MARTH, P. C. et MEADER, E. M. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 45 (1944), 293.
- (65) WALDO, G. F. et HANSEN, E. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 47 (1946), 201.
- (66) LUCKWILL, L. C. — *Plant regulators in agriculture*, edited by H. B. Tukey (John Wiley et Sons Inc., New York), 1954, 81.
- (67) ZIELINSKI, Q. B. et GARREN, R. — *Bot. Gaz.*, 114 (1952), 134.
- (68) HOFFMAN, O. L. et SMITH, A. E. — *Science*, 109 (1949), 588.
- (69) NITSCH, J. P. — *Quart. Rev. Biol.*, 27 (1952), 33.
- (70) STEWART, F. C. et SIMMONDS, A. H. — *Nature, Lond.*, 173 (1959), 1083.
- (71) GOLDACRE, P. L. et BOTTOMLEY, W. — *Nature, Lond.*, 184 (1959), 555.
- (72) NITSCH, J. P. — *Amer. J. Bot.*, 37 (1950), 211.
- (73) WRIGHT, S. T. C. — *J. hort. Sci.*, 31 (1956), 196.
- (74) NITSCH, J. P., PRATT, C., NITSCH, C. et SHAULIS, N. J. — *Amer. J. Bot.*, 47 (1960), 566.
- (75) CRANE, J. C. et BRADLEY, M. V. LUCKWILL, L. C. — *J. hort. Sci.*, 34 (1959), 142.
- (76) STAHLY, E. H. et THOMPSON, A. H. — *Bull. Univ. Maryland No. A 104* (1959).
- (77) WEINBERGER, J. H. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 57 (1951), 115.
- (78) CRANE, J. C. et BROOCKS, R. H. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 59 (1952), 218.
- (79) CRANE, J. C. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 65 (1955), 75.
- (80) KRAUSS, B., FO, J., CLARK, H. E. et NIGHTINGALE, G. T. — *Pineapple Res. Inst. Hawaii. Sp. Rep. 10* (1948), 1.
- (81) CLARK, H. E. et KERAS, K. R. — *Bot. Gaz.*, 104 (1943), 639.
- (82) ERICKSON, L. C. et BRANNMAN, B. L. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 56 (1950), 79.
- (83) STEWART, W. S., KOLTZ, L. T. et HIELD, H. Z. — *Hilgardia*, 21 (1951), 161.
- (84) STEWART, W. S., HIELD, H. Z. & BRANNMAN, B. L., *Hilgardia*, 21 (1952), 301.
- (85) WEAVER, R. J. et WILLIAMS, W. O. — *Bot. Gaz.*, 11 (1950), 477.
- (86) NITSCH, J. P. et NITSCH, C. — *Plant growth regulation*, edited by R. M. Klein (Iowa State University Press, Ames, Iowa), 1961, 687.
- (87) LUCKWILL, L. C. — *J. hort. Sci.*, 28 (1953), 14.
- (88) ADDICOTT, F. T. — *Plant Physiol.*, 18 (1943), 270.
- (89) HARTMANN, J. T. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 59 (1952), 187.
- (90) SWANSON, C. P., LABELLE, G. et GOODGAL, S. H. — *Amer. J. Bot.*, 36 (1949), 170.
- (91) MURNEEK, A. E. et TEUBNER, F. C. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 61 (1953), 149.
- (92) STRUCKMEYER, B. E. et ROBERTS, R. H. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 56 (1950), 76.
- (93) HIBBARD, A. D. et MURNEEK, A. E. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 56 (1950), 65.
- (94) LEOPOLD, A. C. — *Annu. Rev. Pl. Physiol.*, 9 (1958), 281.
- (95) BATJER, L. P. — *Plant regulators in agriculture*, edited by H. B. Tukey (John Wiley et Sons Inc., New York), 1954, 111.
- (96) LUCKWILL, L. C. — *J. hort. Sci.*, 24 (1948), 32.
- (97) McCOWN, M. — *Bot. Gaz.*, 105 (1943), 212.
- (98) BRYAN, W. H. et NEWCOMB, E. H. — *Physiol. Plant.*, 7 (1954), 290.
- (99) SACHER, J. H. — *Science*, 125 (1957), 1199.
- (100) OSBORNE, D. J. — *Nature, Lond.*, 183 (1959), 1459.
- (101) OSBORNE, D. J. — *Nature, Lond.*, 188 (1961), 240.

- (102) OSBORNE, D. J. — *J. Exp. Bot.*, 9 (1958), 446.
 (103) YAGER, R. E. — *Plant Physiol.*, 35 (1960), 157.
 (104) SACHER, J. A. — *Plant. Physiol.*, 34 (1959), 365.
 (105) SACHER, J. A. et GLASZION, K. T. — *Nature, Lond.*, 183 (1959), 757.
 (106) VARNER, J. E. — *Annu. Rev. Pl. Physiol.*, 12 (1961), 245.
 (107) SMOCK, R. M., EDGERTON, C. J. et HOFFMAN, M. B. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 63 (1954), 211.
 (108) HESSE, C. O. et DAVEY, A. E. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 40 (1942), 55.
 (109) CRANE, J. C. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 63 (1954), 189.
 (110) BATJER, L. P., THOMPSON, A. H. et GERHARDT, F. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 51 (1948), 71.
 (111) HARRIS, R. W. et HANSEN, C. J. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 66 (1955), 79.
 (112) SERR, E. F. et FORDE, H. I., — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 60 (1952), 193.
 (113) BRADLY, M. V. et CRANE, J. C. — *Amer. J. Bot.*, 42 (1955), 273.
 (114) CRANE, J. C., DEKAZOS, E. D. et BROWN, J. G. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 68 (1956), 105.
 (115) SMOCK, R. M., EDGERTON, C. J. et HOFFMAN, M. B. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 58 (1951), 69.
 (116) KENNERD, W. C. et WINTERS, H. F. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 67 (1956), 290.
 (117) ZIELINSKI, Q. B., MARTH, P. C. et PRINCE, V. E. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 58 (1951), 65.
 (118) WEDDING, R. T., HALL, B. J. et LANCE, E. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 68 (1956), 459.
 (119) STEWART, W. S. — *Plant regulators in agriculture*, edited by H. B. Tukey (John Wiley et Sons Inc., New York), 1954, 132.
 (120) COGGINS, C. W. (Jr) et HIELD, H. Z. — *Calif. Agric.*, 12 (1958), 11.
 (121) COGGINS, C. W. (Jr), HIELD, H. Z. et GARBER, M. J. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 76 (1960), 193.
 (122) COGGINS, C. W. (Jr), HIELD, H. Z. et BORWELL, S. D. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 76 (1960), 199.
 (123) MIMAULT, J. — *Rev. gen. Bot.*, 64 (1957), 25.
 (124) ULRICH, R. — *Annu. Rev. Pl. Physiol.*, 9 (1958), 385.
 (125) CAROLUS, R. L., LEE, S. H. et VANDERMARK, J. S. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 49 (1947), 367.
 (126) MITCHELL, J. B. et MARTH, P. C. — *Bot. Gaz.*, 106 (1944), 199.
 (127) MARTH, P. C. et MITCHELL, J. B. — *Bot. Gaz.*, 110 (1949), 514.
 (128) FRIEBERG, S. R. — *Bot. Gaz.*, 117 (1955), 113.
 (129) SOUTHWICK, F. W. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 47 (1946), 84.
 (130) BATJER, L. P. et MOON, H. H. — *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, 46 (1945), 113.
 (131) SCHOMER, H. A. et MARTH, P. C. — *Bot. Gaz.*, 107 (1945), 284.
 (132) DATE, W. B. et MATHUR, P. B. — *Proc. Fruit Tech. Ass. India*, (1956), 73.
 (133) DATE, W. B. et MATHUR, P. B. — *Hort. Advanc.*, 3 (1959), 108.
 (134) SUBRAMANYAM, H. MOORTHY, N. V. N., DALAL, V. B. et SRIVASTAVA, H. C. — *Food Sci.*, 11 (1962), 236.
 (135) ANDREAE, W. A. et ANDREAE, S. R. — *Canad. J. Bot.*, 31 (1953), 426.
 (136) VAN OVERBEEK, J. — *Annu. Rev. Pl. Physiol.*, 3 (1952), 87.
 (137) THIMMAN, K. V. — *Plant growth substances*, edited by F. Skoog. (University of Wisconsin Press, Madison), 1951, 476.
 (138) BONNER, J. et THURLOW, J. — *Bot. Gaz.*, 110 (1949), 613.
 (139) PAUCHER, G. W., LEAVENWORTH, C. S., GINTER, W. D. et VICKERY, H. B. — *Plant Physiol.*, 23 (1948), 123.
 (140) SIDERIS, C. P., YOUNG, H. Y. et CHUN, H. H. Q. — *Plant Physiol.*, 23 (1948), 38.
 (141) SOMERS, C. P., *Plant Physiol.* — 26 (1951), 1.
 (142) VAN OVERBEEK, J. et CRUZADO, H. J. — *Plant Physiol.*, 23 (1948), 282.
 (143) MILLARD, A., BONNER, J. et BIALE, J. B. — *Plant Physiol.*, 28 (1953), 521.
 (144) PEARSON, J. A. et ROBERTSON, R. M. — *Aust. J. Sci.*, 15 (1952), 99.
 (145) MARKS, J. D., BERNLOHR, R. W. et VARNER, J. E. — *Plant Physiol.*, 32 (1957), 259.
 (146) SWITZER, C. M. — *Plant Physiol.*, 32 (1957), 42.
 (147) WEDDING, R. T. et KAY BLACK, M. — *Plant et Soil*, 14 (1961), 242.
 (148) WEDDING, R. T. et KAY BLACK, M. — *Plant Physiol.*, 37 (1962), 364.
 (149) BIALE, J. B. — *Food Pres. Quart.*, 22 (1962), 57.
 (150) BIALE, J. B. et YOUNG, R. E. — *Endeavour*, 21 (1962), 164.



**TEXTES RÉGLEMENTAIRES,
NORMES ET RECOMMANDATIONS
DANS LE DOMAINE DU FROID
SUR LES PLANS FRANÇAIS ET INTERNATIONAL**

En consacrant un numéro spécial (décembre 1966) de la *Revue générale du Froid* aux dispositions nombreuses et complexes qui font l'objet du titre sus-indiqué, l'Association française du froid s'est efforcée de répondre à un besoin qui se faisait vivement sentir. Le sujet est, en effet, plus actuel que jamais et il prendra dans l'avenir une importance accrue en raison de l'accélération des échanges : par ailleurs, il fallait, autant que faire se peut, rassembler les textes épars couvrant la **matière frigorigène** la plus large possible.

Le travail a commencé il y a près d'un an et demi. Il a rassemblé, chacune dans sa spécialité, les personnalités dont les noms et qualités sont indiqués ci-après. Il n'a pas l'ambition d'être encyclopédique, mais seulement de ramasser en un seul ouvrage ce qui a pu paraître çà et là et qui échappait le plus souvent à l'attention des intéressés. C'est donc un essai de mise à jour des principaux travaux réalisés dans le domaine des réglementations, normalisations et recommandations.

A notre avis, rien de semblable n'avait encore été établi et nous pensons que ce recueil constituera un véritable outil de travail appelé à être souvent consulté. Ce document demandant, en raison de la création continue de la matière dont il traite, à être complété au fur et à mesure, la R. G. F. s'efforcera dans l'avenir de publier ce qui sera venu à sa connaissance.

Vous trouverez, au bas de cet imprimé, au cas où vous seriez intéressé, une formule de demande de numéros. Nous nous permettons d'insister sur la date limite de votre commande éventuelle, qui devra nous arriver dans les délais prévus : cet impératif nous est indispensable, tant pour faire face au délai d'impression, qu'à la détermination du tirage.

BULLETIN DE SOUSCRIPTION

à retourner avant le 15 novembre 1966

à la **REVUE GÉNÉRALE DU FROID**

129, boulevard Saint-Germain — 75 - PARIS VI^e

Veillez m'adresser exemplaires du numéro spécial décembre 1966 de la *Revue générale du Froid* au prix de **10 F** (franco France)
11 F (Étranger)
9 F (à nos bureaux).

à : Nom

Adresse

Ci-inclus, je vous adresse le montant de cette commande, par chèque bancaire, par mandat-poste, par virement postal au CCP PARIS 667-21 (rayer la mention inutile).