

INTRODUCTION

Chez le pommier, de nombreux facteurs peuvent être à l'origine d'une nouaison excessive: la taille longue, l'arcure, la maîtrise de l'itinéraire technique (fertilisation, irrigation, protection phytosanitaire, etc.) et l'amélioration de la pollinisation. Lorsque la charge en fruit est excessive pour la masse de nutriments disponibles, seuls ceux qui sont les mieux placés par rapport au courant de sève grossissent normalement, tandis que les autres mal placés donc mal nourris, restent petits, de qualité médiocre, et donc peu commercialisables (Hugard, 1987). La présence de plusieurs fruits sur une même inflorescence conduit à une compétition alimentaire (Ferré & Pech, 1998). Le développement et le grossissement du fruit dépendent de la surface foliaire qui l'alimente. Ainsi, le rapport entre les feuilles et les fruits doit être suffisant pour l'obtention d'un fruit de qualité. Ce rapport doit être de 15 à 20 feuilles par fruit pour "Golden Delicious" de 25 à 30 feuilles pour "Jonagold" et de 30 à 40 pour les "Delicious rouges" (Regnard & Kelmer, 1998).

Les fortes charges en fruits ont tendance à réduire le calibre à la récolte, la teneur en matière sèche, en sucres solubles, acide organique titrable et en pigments anthocyaniques pour les variétés à épiderme coloré (Billote & Cuvier, 1997). En outre, la maturité est retardée par des rendements élevés chez "Golden Delicious" et "Mondial Gala".

Après une année de forte production, la floraison est réduite à cause d'une inhibition de l'induction florale. Cette réduction est attribuée à la diffusion de gibbérellines synthétisées par les graines (pépins) vers les bourgeons les plus proches (Font, 1997). Cet afflux serait amorcé 4 à 5 semaines après floraison et culminerait 3 à 5 semaines plus tard. La réduction de la surface foliaire, observée en année de forte production, entraînerait également la diminution du flux des cytokinines vers les bourgeons qui sont en phase d'induction florale (Regnard & Kelmer, 1998).

Le contrôle d'une nouaison excessive résultant d'une charge trop importante donnant des pommes de petit calibre et de qualité médiocre est donc indispensable. L'éclaircissage demeure une technique essentielle pour la garantie de la qualité de la récolte et du retour à fleur (Hugard, 1987; Thierry, 1996). Cette technique consiste à éliminer un certain nombre de fleurs ou de fruits qui sont les

moins favorisés en nutriments tout le long des organes fruitiers. L'élimination des fleurs ou fruits en excès atténue l'effet des compétitions susceptibles de réduire le calibre et la qualité des fruits. Le but recherché est un déplacement de l'équilibre nutritionnel de l'arbre dans un sens plus favorable aux objectifs de l'arboriculteur (rendement et calibre). L'efficacité de l'éclaircissage reste tributaire de la maîtrise de la période d'intervention et de la sévérité de l'opération.

L'éclaircissage peut être préparé ou facilité par une taille permettant d'ajuster le nombre de boutons à fruits que l'arbre peut supporter sans que la formation des bourgeons floraux pour l'année suivante soit pour autant entravée.

Traditionnellement, l'éclaircissage était pratiqué à la main. Il consiste à supprimer, manuellement, sur chaque rameau fruitier, un certain nombre de fruits: les petits fruits, doubles fruits et ceux portés par les organes faibles. L'opération permet de mieux organiser la charge de l'arbre de manière à laisser un nombre bien déterminé de fruits par rameau ou brindille. Il s'ensuit pour l'arboriculteur une récolte plus sûre et une production garantie. La précocité est améliorée; il en est de même pour la couleur des variétés bicolores et le calibre (Geraud & Crete, 1997). Malgré ces avantages, l'éclaircissage manuel présente certaines difficultés. En effet, cette technique exige une main-d'œuvre abondante et habile capable d'opérer avec discernement et douceur pour obtenir les résultats escomptés. Cette exigence en main-d'œuvre et la nécessité de la réaliser dans des délais précis pour une meilleure efficacité en font une opération coûteuse et difficile à réussir. Ainsi, l'éclaircissage manuel est plutôt utilisé comme complément et une finition à l'éclaircissage chimique, lorsque celui-ci est possible.

Des produits chimiques comme l'acide alpha naphthyl acétamide (NAD), l'acide alpha naphthylacétique (ANA), le N-méthylcarbamate de naphthyle-1 (carbaryl) dinitro orthocrésol (DNOC) ont été expérimentés pour l'éclaircissage des arbres fruitiers.

Le NAD, hormone de synthèse, utilisé à des fins d'éclaircissage, atténue l'alternance de certaines vieilles variétés (Contour, 1987). Il respecte la faune auxiliaire, les abeilles, ne favorise pas la pullulation du puceron lanigère ou d'araignées

rouges et ne présente pas d'influence sur la rugosité (Zambaux, 1998). En revanche, du fait de sa faible activité, il nécessite souvent un éclaircissage complémentaire manuel ou chimique. Par ailleurs, le NAD ne convient pas aux variétés sensibles au ralentissement de la croissance aboutissant à la formation de fruits "pygmés" (Magein, 1984). Selon Magein (1984), le NAD devrait être appliqué de la fin de la floraison à 6 j après. Pour Williams (1979) et Ferré (1996), l'action maximale du NAD se situerait entre 15 et 20 j après floraison pour la variété "Golden Delicious", les fruits centraux mesurant entre 9 et 11 mm de diamètre. Par ailleurs, Zambaux (1998) a préconisé que le NAD soit utilisé du stade F₂ (50% de fleurs ouvertes sur vieux bois) au stade à 80% de chute des pétales. Appliqué 15 à 20 j après floraison, le NAD provoquerait le maintien de fruits atrophiés, arrêtés dans leur croissance et susceptibles de nuire à la croissance des autres fruits. Ces fruits, souvent rencontrés chez la variété "Red Delicious" sont dénommés fruits "pygmés" par les anglo-saxons. Il est donc déconseillé d'appliquer cette substance sur les variétés présentant une grande sensibilité à ce phénomène. L'effet du NAD sur l'apparition de fruits "pygmés" chez "Golden Delicious" dépendrait du stade atteint par le bourgeon floral lors de l'application du produit. Ferré (1996) a observé (14, 24 et 78) % de fruits pygmés pour des stades d'application de (16, 20 et 23) j respectivement, après pleine floraison.

L'ANA, hormone de synthèse, utilisé pour l'éclaircissage des pommiers permettrait d'améliorer le retour à fleur (Greene & Autio, 1994). Il n'aurait pas d'effet insecticide, ce qui le rendrait inoffensif envers la micro-faune (Magein, 1984). Il retarderait temporairement l'abscission augmentant ainsi la compétition entre fruits, qui serait alors favorable aux mieux développés (Ferré & Pech, 1998). Il réduirait le poids des fruits de variétés "Delicious rouges" et "Rouge spur" par la formation de fruits "pygmés" (Elfving & Cline, 1993). La période d'application d'ANA se situe entre 10 et 25 j après pleine floraison quand les fruits centraux présentent un diamètre de 8 à 12 mm (Chevinessé, 1998). Elle varierait en fonction des variétés et des conditions locales. Comme le NAD, l'ANA doit être appliqué en temps frais à des températures variant entre 15 et 18°C, et une hygrométrie supérieure à 80% d'humidité relative (Géraud & Crete, 1997) et il doit être évité par temps clair et ensoleillé en raison de son caractère photodégradable (Ferré, 1996).

Le N-méthylcarbamate de naphthyle-1 ou carbaryl, insecticide, présente une activité éclaircissante très forte et nettement supérieure à celle du NAD. Il a une grande efficacité sur toutes les variétés de pommier rouges ou jaunes. Utilisé très tôt après floraison, il est très toxique pour les abeilles. En outre, son application, si elle n'est pas raisonnée, entraîne une pullulation d'araignées, du fait de la destruction de leurs prédateurs (Géraud & Crete, 1997). Le carbaryl pourrait induire ou aggraver la rugosité chez "Cox's Orange Pippin" et "Golden Delicious", même lorsqu'il est utilisé en deuxième traitement (Magein, 1984; Vaysse & Larrive, 1997). Pour limiter ce phénomène, une association de carbaryl et de produits limitant le "russetting" comme le soufre, le bore, Régulex à 1% (GA₄₊₇), la Promaline et Golclair (soufre + oligo-éléments) pourrait être envisagée (Geraud & Crete, 1997; Vaysse & Larrive, 1997). Le carbaryl a toutefois l'avantage de ne pas présenter de risque de sur-éclaircissage, même s'il est appliqué à de fortes concentrations. La période d'application conduisant à l'efficacité maximale du carbaryl se situe entre 20 et 35 j après pleine floraison, ce qui correspond à un diamètre des fruits de 8 à 18 mm selon les variétés (Chevinessé, 1998). Une attention particulière doit être prêtée à l'étalement de la floraison pour éviter le "risque abeilles".

La sensibilité des variétés de pommier à l'action d'éclaircissage est variable (Vercammen, 1997). L'éclaircissage chimique par son intervention précoce permet de réduire la concurrence entre la croissance des jeunes fruits et la formation des boutons floraux pour l'année suivante et atténue le phénomène d'alternance.

Deux essais d'éclaircissage ont été menés en 1990 dans la région de Meknès: l'un sur "Golden Smoothee" et "Ozark Gold" (Mahhou *et al.*, 1995a) et l'autre sur "Starkrimson" et "Jerseymac" (Mahhou *et al.*, 1995b). Le NAD, l'ANA, le carbaryl ou le DNOC ont été utilisés en traitements simples ou séquentiels. Les concentrations appliquées ont été de 50 ou 60 ppm pour le NAD, 10 ou 15 ppm pour l'ANA, 700 ou 900 ppm pour le carbaryl et 160 ou 240 ppm pour le DNOC. Pour chacun des produits, la plus faible concentration a été appliquée lors de traitements séquentiels et la plus forte lors d'un traitement simple.

Le DNOC et le NAD, utilisés seuls, ont induit un éclaircissage insuffisant sur toutes les variétés. L'effet du DNOC restait limité même dans le cas de

traitements séquentiels. En revanche, les traitements simples ou séquentiels d'ANA ou de carbaryl associés à du NAD avaient donné de bons résultats, l'association [NAD + carbaryl] ayant été toutefois légèrement plus intéressante pour l'amélioration du calibre des fruits. Cette distinction était apparue plus prononcée pour les variétés "Golden Smoothee", "Ozark Gold" et "Jerseymac" que pour "Starkrimson".

Le NAD est intéressant par son effet précoce sur le bois d'un an qui porte principalement les petits fruits impropres à une récolte de qualité et constituant la principale source d'alternance (Thiéry, 1996). Le pré-éclaircissage réalisé par le NAD peut être complété par l'ANA ou le carbaryl qui éliminent les jeunes fruits issus d'une floraison tardive, à l'origine, également, de calibres indésirables. Dans d'autres travaux, les mélanges ANA + carbaryl ont été utilisés avec succès sur "Golden", "Braeburn", "Canada", "Elstar" et "Gala" (Thiéry, 1996; Vaysse & Larrive, 1996). Ils se sont montrés plus efficaces que l'ANA seul.

Cette étude a été entreprise pour évaluer les effets éclaircissants de l'ANA et du carbaryl, qui avaient donné de bons résultats à l'issue des travaux précédemment exposés, sur les variétés de pommier "Anna" et "Dorsett Golden" dans les conditions de cultures dans la région de Meknès.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel végétal

L'étude a été réalisée dans un verger de pommiers "Anna" et "Dorsett Golden" greffés sur MM 106 appartenant au domaine privé de Zniber, région de Meknès. Les arbres, conduits en palmette simple, y sont plantés à la densité de 1111 arbres/ha, avec un espacement de 4,5 x 2 m.

2. Produits utilisés

Deux produits ont été utilisés le Rhodofix à 1% d'ANA, appliqué aux concentrations en matière active (m.a.) de 10 et 15 ppm, et le Sevin à 85% de carbaryl, testé aux concentrations en m.a. de 800 et 1000 ppm. Des arbres soumis à un éclaircissage manuel et d'autres n'ayant subi aucune opération d'éclaircissage ont constitué les traitements témoins. Les substances chimiques ont été appliquées lorsque les fruits avaient atteint le stade de 10 et 12 mm, soit 17 j après pleine floraison. Pour faciliter l'assimilation de l'ANA, un

agent mouillant, le "Rosemox" utilisé à 60 ml.100 l⁻¹, a été ajouté à la bouillie prête à l'emploi lors des traitements au Rhodofix.

Le dispositif expérimental adopté a été un bloc aléatoire complet avec 4 répétitions (lignes) et 6 parcelles expérimentales constituées de deux arbres chacune, par bloc. Les observations ont porté sur deux branches (unités expérimentales) par arbre, choisies à hauteur d'homme de part et d'autre de la rangée. Pour éviter le risque d'interaction entre les traitements ou le transport du produit par le vent lors des pulvérisations, les blocs ont été séparés par une rangée d'arbres intercalaires. À l'intérieur du bloc, deux arbres au moins ont été laissés entre chaque parcelle élémentaire.

3. Paramètres mesurés

3.1. Fructification

Pour évaluer l'efficacité des traitements, les fruits ont été comptés juste avant l'application des produits éclaircissants. Des comptages ont été ensuite réalisés tous les 10 j pour suivre, dans le temps, l'évolution de la chute des fruits. Ces comptages, poursuivis jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de chute, ont permis de calculer, pour chaque date d'observation, le taux d'élimination et le nombre de fruits par corymbe. Il a ainsi été possible d'évaluer, à tout moment, l'intensité d'éclaircissage et l'efficacité relative de chaque traitement.

3.2. Production

La production des deux arbres de chaque parcelle élémentaire a été pesée à la récolte pour déterminer le rendement moyen par arbre. Un échantillon de 150 fruits prélevé sur cette production a permis de répartir les fruits entre deux calibres selon que leur diamètre dépassait ou pas 65 mm.

Le rendement par arbre et la répartition des fruits par classe de calibre ont été utilisés pour calculer des indices permettant d'évaluer l'efficacité relative des traitements.

Il s'agit de l'indice de calibre (R), mesuré par le rapport l'indice de production (P) et de l'indice global (G) qui sont définis par les formules suivantes:

- L'indice de calibre R a été mesuré par le rapport [poids des fruits récoltés / poids des fruits de

diamètre inférieur à 65 mm]. Plus R est élevé, plus la proportion des petits fruits est réduite.

- L'indice de production P équivaut au rapport [poids des fruits récoltés sur un arbre ayant reçu un traitement donné/ poids des fruits récoltés sur les arbres témoins]. Ces poids correspondent aux poids moyens par arbre calculés à partir de tous les arbres d'un même traitement et de tous les arbres témoins (non éclaircis).
- L'indice global G est le produit entre les indices R et P ($G = R \times P$). Il intègre en une seule valeur deux caractéristiques touchant la fructification des arbres traités: le rendement brut et la proportion des fruits de petit calibre, ces deux paramètres étant plus ou moins antagonistes et chacun étant important d'un point de vue économique. Plus la valeur de G est élevée, plus le bilan global de l'éclaircissage peut être considéré satisfaisant. Cet indice s'est révélé particulièrement intéressant pour effectuer des comparaisons chiffrées entre traitements d'efficacité voisines, aussi bien sur le plan rendement brut que sur celui de la répartition des calibres.

RÉSULTATS

1. Chute des fruits

1.1. Variété "Anna"

Le suivi de l'évolution de la chute des fruits a révélé qu'il existait une différence significative entre les traitements. Cette différence s'exprime par l'intensité de la chute des fruits et par le moment où celle-ci intervient (Figure 1). En effet, l'efficacité éclaircissante s'apprécie par le taux de chute provoqué, mais également par la date à laquelle cette chute intervient. Le carbaryl a présenté l'accroissement des taux de chute les plus importants à partir du 28^{ème} jour après pleine floraison de 12 fruits/jour, contre seulement 2 fruits par jour pour l'ANA à 10 ppm. Le maximum de chute a été atteint à 5 semaines après pleine floraison pour le carbaryl à 1000 ppm et 7 à 8 semaines pour l'ANA et le carbaryl à 800 ppm. Ainsi, le carbaryl à 1000 ppm a induit une chute importante et précoce, ce qui serait une indication de l'efficacité de ce traitement.

La séparation des moyennes a permis de distinguer 4 groupes de moyennes homogènes: (1) le témoin éclairci manuellement et le carbaryl à 1000 ppm; (2) l'ANA à 15 ppm et le carbaryl à 800 ppm; (3) l'ANA à 10 ppm et (4) le témoin non éclairci

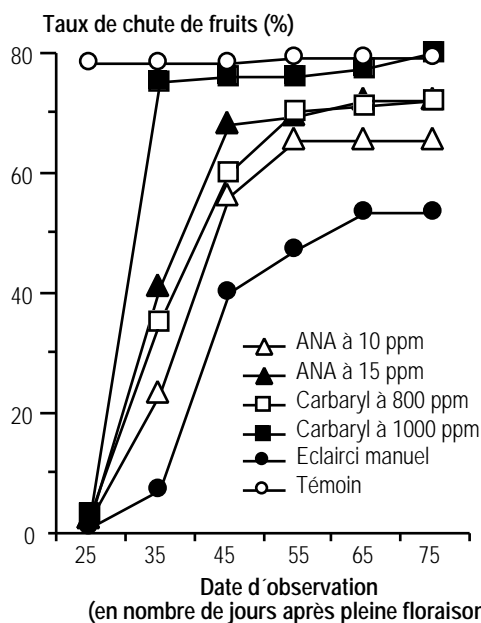


Figure 1. Effet de l'éclaircissage chimique à base d'ANA ou de carbaryl sur la chute des fruits (%) de la variété du pommier 'Anna' dans la région de Meknès au Maroc

De manière générale les substances chimiques ont eu un effet éclaircissant satisfaisant avec une supériorité très nette du carbaryl à 1000 ppm dont le résultat est similaire à celui de l'intervention manuelle.

1.2. Variété "Dorsett Golden"

Pour les pommiers traités de la variété "Dorsett Golden", les taux de chutes de fruits sont restés faibles pendant les premiers jours qui ont suivi l'application des produits (Figure 2). La chute s'est accentuée à partir 22^{ème} jour après pleine floraison, avec 2,3 fruits/jour à 31 jours après pleine floraison correspondant à 2 semaines après le traitement.

Le traitement à base du carbaryl à 1000 ppm s'est distingué des autres traitements chimiques en induisant des chutes plus importantes et précoces. Les taux de chutes finaux sont similaires pour le carbaryl aux deux concentrations et l'ANA à 15 ppm et significativement supérieurs à celui qui est enregistré sur les arbres traités à l'ANA à 10 ppm. Mais les taux de chute enregistrés sont restés inférieurs à ceux du témoin éclairci manuellement. L'ANA à 10 ppm a donné le taux de chute le plus faible avec seulement 38% contre 28% chez le non éclairci.

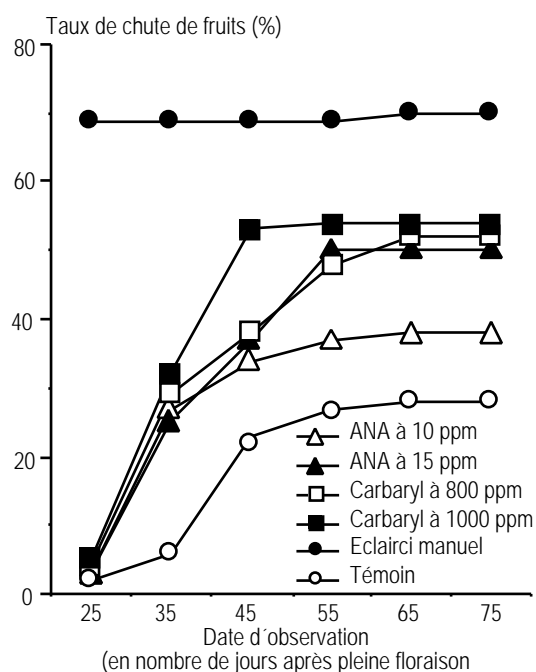


Figure 2. Effet de l'éclaircissage chimique à base d'ANA ou de carbaryl sur la chute des fruits (%) de la variété du pommier 'Dorsett Golden' dans la région de Meknès au Maroc

L'analyse de la variance a révélé une différence significative entre les traitements. Le test de Newman & Keuls a permis de distinguer 4 groupes de moyennes homogènes: le témoin éclairci manuellement, l'ANA à 15 ppm et le carbaryl aux deux concentrations, l'ANA à 10 ppm et enfin le témoin non éclairci.

2. Charge en fruits

2.1. Variété "Anna"

La charge en fruits des corymbes des pommiers "Anna" a varié de manière significative entre les traitements (Figure 3). La séparation des moyennes selon le test de Newman & Keuls a permis de distinguer 4 groupes: (1) arbres avec 98% de corymbes ayant au plus 3 fruits qui ont subi un éclaircissage manuel et ceux qui ont 94% de corymbes ayant au plus 3 fruits et qui sont traités à l'aide du carbaryl à 1000 ppm; (2) arbres avec 79% de corymbes avec moins de 4 fruits ayant reçu une application à base d'ANA à 15 ppm ou arbres avec 77% de corymbes avec moins de 4 fruits ayant reçu une application à base de carbaryl à 800 ppm; (3) arbres traités à l'ANA à 10 ppm, dont le taux de corymbe avec peu de fruits a été de 66%; (4) arbres

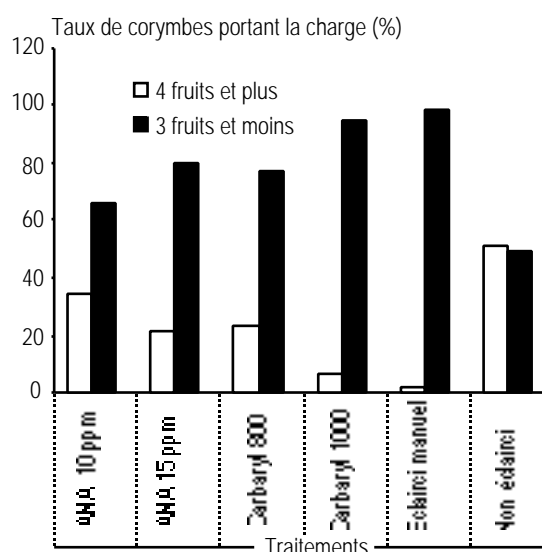


Figure 3. Effet de l'éclaircissage chimique à base d'ANA ou de carbaryl sur la répartition des corymbes (%) selon leur charge en fruits chez la variété du pommier 'Anna' dans la région de Meknès au Maroc

témoins n'ayant pas subi d'éclaircissage dont le taux de corymbes avec 1 à 3 fruits a été de 49%. Sur ces arbres non éclaircis, plus de la moitié (51%) des corymbes auraient donc au moins 4 fruits, ce qui aurait une répercussion sur le calibre final du fruit. Cette proportion a été réduite de manière significative avec les substances chimiques et a été ramenée à 34% pour l'ANA à 10 ppm, à 21% pour l'ANA à 15 ppm, à 23% pour le carbaryl à 800 ppm et à seulement 6% pour le carbaryl à 1000 ppm approchant ainsi le taux enregistré sur l'éclairci manuel (2%).

2.2. Variété "Dorsett Golden"

Comme pour la variété "Anna", la charge en fruits des corymbes sur pommiers "Dorsett Golden" a été significativement différente entre traitements (Figure 4). Parmi les substances chimiques utilisées, le carbaryl à 1000 ppm a donné un taux de corymbes avec moins de 4 fruits de 82% se plaçant juste après le témoin éclairci manuellement (taux de 95%). L'ANA à 15 ppm et le carbaryl à 800 ppm ont occupé la 3^{ème} position avec des taux respectifs de 62 et 66%, l'ANA à 10 ppm a donné un taux de 54% alors qu'on a enregistré pour le témoin non éclairci un taux de 44%. Sur les arbres non éclaircis, 56% des corymbes ont eu 4 fruits et plus, ce qui aurait des répercussions négatives sur le rendement et la qualité.

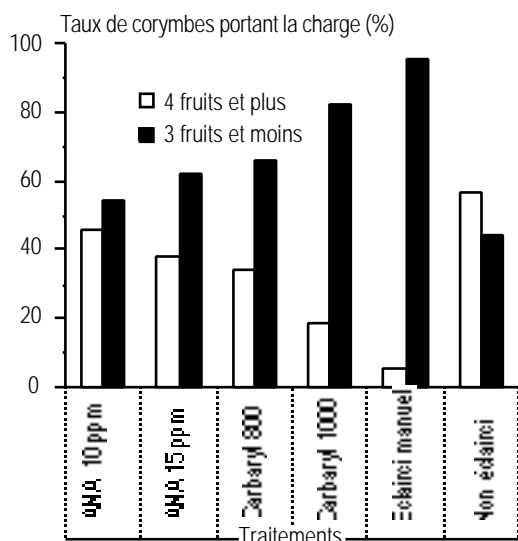


Figure 4. Effet de l'éclaircissage chimique à base d'ANA ou de carbaryl sur la répartition des corymbes (%) selon leur charge en fruits chez la variété du pommier 'Dorsett Golden' dans la région de Meknès au Maroc

3. Production

3.1. Variété "Anna"

La production des pommiers "Anna" a été significativement différente en fonction des traitements appliqués (Figure 5). La séparation des moyennes selon le test de Newman & Keuls a permis de distinguer 4 groupes de moyennes homogènes: le témoin non éclairci avec le rendement le plus élevé, l'ANA à 10 ppm, l'ANA à 15 ppm et le carbaryl à 800 ppm et enfin le carbaryl à 1000 ppm et l'éclairci manuel.

Le rendement était inversement proportionnel au taux de chute enregistré ou à l'efficacité du traitement sur la chute des fruits. En effet, il existe une relation étroite inverse entre la chute des fruits et la production en fruits par arbre comme le montre la figure 6. Cette relation est de type: $y = -0,9738x + 98,996$ ($r^2 = 0,98$).

Le carbaryl à 1000 ppm a permis l'obtention des niveaux d'éclaircissage et de rendement souhaités qui sont pratiquement identiques à ceux qui sont enregistrés chez les arbres éclaircis manuellement. L'ANA à 15 ppm et le carbaryl à 800 ppm ont réduit le rendement de 35% alors que la réduction était seulement de 20% pour l'ANA 10 ppm.

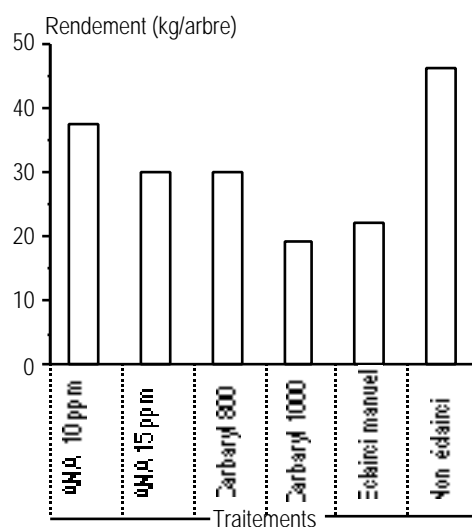


Figure 5. Effet de l'éclaircissage chimique à base d'ANA ou de carbaryl sur le rendement de la variété du pommier 'Anna' dans la région de Meknès au Maroc

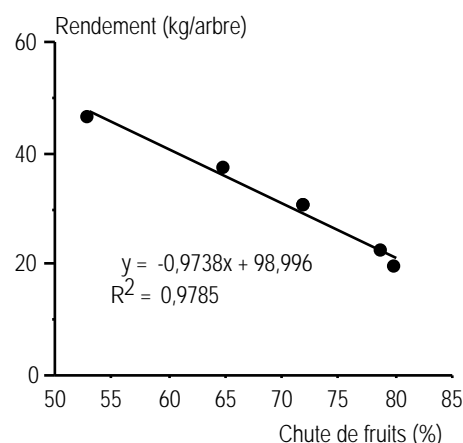


Figure 6. Relation entre la chute de fruits (%) et le rendement (kg/arbre) chez la variété du pommier 'Anna' dans la région de Meknès au Maroc

3.2. Variété "Dorsett Golden"

Les rendements, en kg par arbre, étant significativement différents selon les traitements appliqués (Figure 7), les pommiers "Dorsett Golden" ont pu également être séparés en 4 groupes de moyennes homogènes: le témoin non éclairci avec le rendement le plus élevé, le carbaryl à 800 ppm, l'éclairci manuel et, en dernier, l'ANA à 10 ppm, l'ANA à 10 et 15 ppm et le carbaryl à 1000 ppm.

Il faut signaler la faiblesse du rendement enregistré chez les arbres traités à l'ANA malgré la chute de fruits limitée induite par cette substance. Ceci s'explique par la réduction du calibre du fruit

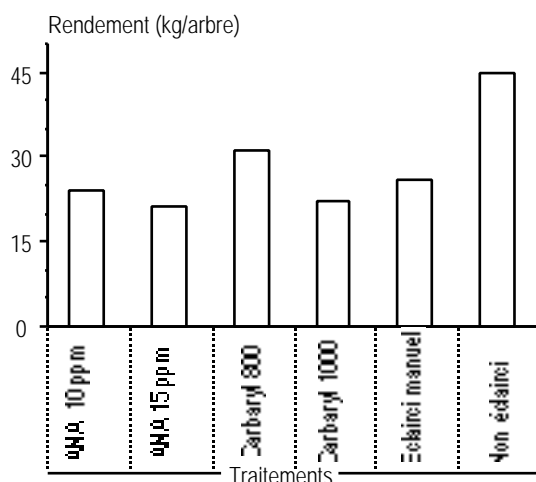


Figure 7. Effet de l'éclaircissage chimique à base d'ANA ou de carbaryl sur le rendement de la variété du pommier 'Dorsett Golden' dans la région de Meknès au Maroc

qui a été provoquée par cette substance en conséquence de la formation des fruits pygmés.

3.4. Calibre des fruits

3.4.1. Variété "Anna"

Les traitements appliqués aux pommiers de la variété "Anna" ont induit l'obtention de fruits de calibres différents. La séparation de moyennes à l'aide du test de Newman & Keuls a permis de distinguer 4 groupes de moyennes homogènes en terme de pourcentage pondéral en fruits de calibre supérieur à 65 mm:

- le carbaryl à 1000 ppm et le témoin éclairci manuellement avec un taux dépassant 85%;
- le carbaryl à 800 ppm (77%), l'ANA à 15 ppm (73%) et l'ANA à 10 ppm (68%);
- le témoin non éclairci a eu le taux de calibres élevés les plus faibles (55%) (Figure 8).

Les différences notables observées entre traitements en terme de calibre peuvent être attribuées aux différences dans l'intensité d'éclaircissage.

En effet, la proportion de fruits de calibre supérieur à 65 mm était proportionnelle à la chute de fruits provoquée. Ainsi, les taux de calibres supérieurs les plus élevés ont été obtenus avec les traitements ayant induit des chutes importantes et précoces de fruits. La relation entre les deux paramètres est de type $y = 1,1435x - 6,237$ ($r^2 = 0,98$) (Figure 9).

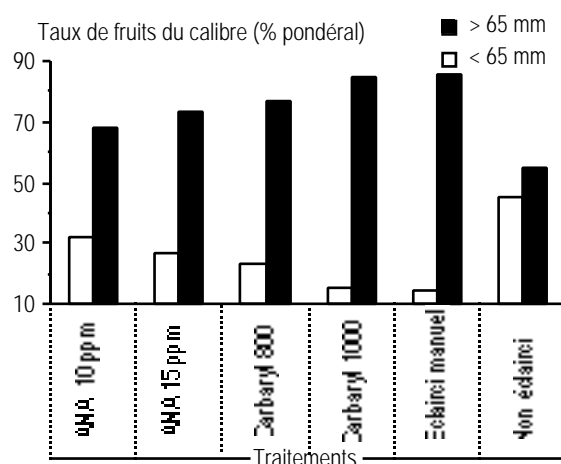


Figure 8. Effet de l'éclaircissage chimique à base d'ANA ou de carbaryl sur le calibre du fruit (en % pondéral) chez la variété du pommier 'Anna' dans la région de Meknès au Maroc

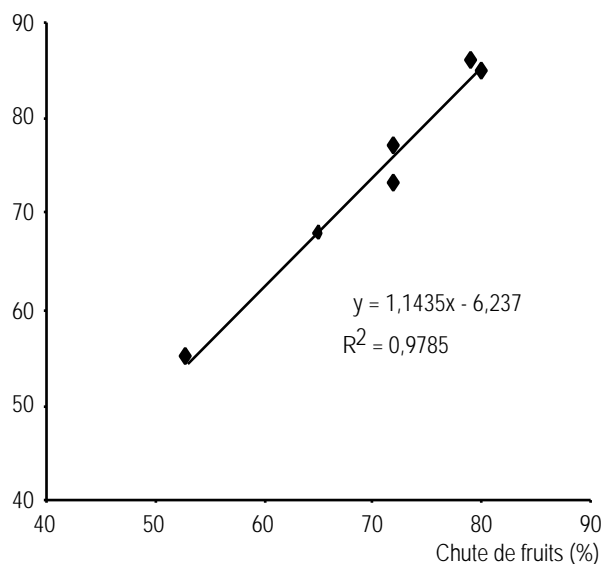


Figure 9. Relation entre la chute (%) et le calibre des fruits (en % pondéral) de la variété du pommier 'Anna' dans la région de Meknès au Maroc

3.4.2. Variété "Dorsett Golden"

Comme pour la variété "Anna", différents groupes de moyennes homogènes en terme de pourcentage pondéral de fruits de calibre inférieur à 65 mm ont été identifiés:

- groupe de pommiers traités à l'ANA avec des taux très élevés (71 à 79%);
- arbres témoins non éclaircis (60%);
- arbres traités au carbaryl à 800 ppm (48%);
- arbres traités au carbaryl à 1000 ppm (36%);
- arbres éclaircis manuellement (23%).

La proportion de fruits de petit calibre observée sur les arbres traités à l'auxine était anormalement élevée. En effet, elle dépassait celle des arbres qui n'ont subi aucune opération d'éclaircissage. Elle est la conséquence de la formation de fruits pygmés induite par l'ANA sur cette variété.

Ainsi, la réduction de la production des arbres "Dorsett Golden" traités par l'ANA était elle-même due à une réduction du calibre ayant résulté de la formation de fruits pygmés. L'utilisation de l'ANA sur cette variété doit alors être évitée.

3.5. Efficacité relative des traitements

3.5.1. Variété "Anna"

L'efficacité relative de chaque traitement d'éclaircissage appliqué aux pommiers de la variété "Anna" a été évaluée à partir de calcul des indices de calibre (R), de production (P) et de l'indice global (G) (Tableau 1).

L'indice du calibre a permis de classer les traitements par ordre décroissant:

- témoin éclairci manuellement (indice le plus élevé);
- carbaryl à 1000 ppm;
- carbaryl à 800 ppm;
- ANA à 15 ppm; ANA à 10 ppm;
- témoin non éclairci.

En se référant à l'indice global qui intègre à la fois

la production et le calibre, l'éclaircissage manuel permet l'obtention du meilleur compromis. Le traitement au carbaryl à 1000 ppm occupe la 2^{ème} position, alors que les traitements au carbaryl à 800 ppm et à l'ANA donnent un indice global inférieur à celui du témoin non éclairci. Ainsi, les niveaux d'éclaircissage induits par ces traitements semblent insuffisants: ils sont probablement atteints tard dans la saison pour permettre une amélioration du calibre susceptible de compenser la perte en production quantitative.

3.5.2. Variété "Dorsett Golden"

Les mêmes indices que ceux qui sont calculés précédemment ont été utilisés pour la variété "Dorsett Golden" (Tableau 1). L'indice du calibre (R) a permis de classer les traitements par ordre décroissant:

- témoin éclairci manuellement;
- carbaryl à 1000 ppm;
- carbaryl à 800 ppm;
- témoin non éclairci;
- ANA à 15 ppm
- ANA à 10 ppm.

Ainsi, on peut noter que les arbres traités avec l'ANA ont présenté un indice de calibre inférieur à celui du témoin non éclairci à cause de la formation de fruits pygmés provoquée par cette substance.

L'indice global qui intègre à la fois la production et

Tableau 1. Efficacité relative des traitements d'éclaircissage chimique à base d'ANA ou de carbaryl appliqués aux variétés de pommier 'Anna' et 'Dorsett Golden' dans la région de Meknès au Maroc

Traitement	Dose (ppm)	Poids (kg/arbre)	Indice calibre (R) ¹	Indice production (P) ²	Indice global (G) ³	Classement selon (G)
Variété 'Anna'						
ANA	10	37	3,29	0,80	2,65	5
	15	30	3,75	0,65	2,44	6
Carbaryl	800	30	4,29	0,65	2,80	4
	1000	20	6,67	0,44	2,9	2
Eclaircissage manuel	22	7,33	0,48	3,52	1	
Pas d'éclaircissage	46	2,87	1	2,87	3	
Variété 'Dorsett Golden'						
ANA	10	24	1,23	0,52	0,64	5
	15	21	1,38	0,45	0,62	6
Carbaryl	800	31	1,7	0,67	1,14	4
	1000	22	2,71	0,47	1,27	3
Eclaircissage manuel	26	4,05	0,57	2,31	1	
Pas d'éclaircissage	45	1,68	1	1,69	2	

¹R = [poids des fruits récoltés / poids des fruits de diamètre inférieur à 65 mm]

²P = [poids des fruits récoltés sur les arbres ayant reçu un traitement donné / poids des fruits récoltés sur les arbres témoins]

³G = R x P

le calibre a permis de confirmer la présence toujours en tête du témoin éclairci manuellement, mais suivi cette fois-ci par le témoin n'ayant reçu aucune opération d'éclaircissage, avec un indice supérieur à ceux des traitements chimiques. Ceci pourrait être expliqué par la formation de fruits pygmés induite par l'ANA et par le rendement élevé (indice de production) observé chez les arbres non éclaircis. En effet, les traitements avec l'ANA ont présenté les indices de calibre et global les plus faibles. Toutefois, l'indice global élevé du témoin non éclairci ne doit pas occulter les inconvénients d'une production excessive: charges supplémentaires pour la récolte et le conditionnement, le risque d'accentuation du phénomène de l'alternance et des difficultés de commercialisation d'une part importante de cette production en raison de son calibre inférieur.

Ainsi, l'ANA n'a pas permis un bon éclaircissage et, en plus d'une action insuffisante, il a entraîné une réduction importante du calibre par induction de formation de fruits pygmés. En revanche, le carbaryl notamment à 1000 ppm a permis l'obtention d'un éclaircissage satisfaisant en réduisant le rendement de 100% et en améliorant la proportion de fruits ayant un bon calibre de 60 %. Les traitements avec l'ANA ont, quant à eux, réduit la production de 88 à 114%, mais ont aussi réduit la proportion de fruits de calibre supérieur de 25 à 50%.

CONCLUSION

Les résultats d'éclaircissage de l'ANA et du carbaryl sur "Anna" et "Dorsett Golden" ont varié avec la variété, le produit et sa concentration. Le carbaryl, à forte concentration notamment, a donné des résultats nettement supérieurs à ceux qui sont obtenus avec l'application de l'ANA pour les deux variétés.

Toutefois, les taux d'éclaircissage induits sur "Dorsett Golden" sont restés en deçà des résultats escomptés. En effet, l'insuffisance d'éclaircissage sur cette variété s'est manifestée par des taux de chute de fruits limités et une proportion relativement importante de corymbes ayant plus de 3 fruits. En outre, pour cette même variété, la réduction du rendement quantitatif et la proportion de fruits de calibre supérieur à 65 mm, bien que significatives par rapport aux résultats obtenus sur témoin non éclairci, sont restées limitées par rapport au témoin éclairci manuellement. Par ailleurs, outre l'insuffisance de

son effet éclaircissant, l'ANA a provoqué la formation de fruits "pygmés" sur "Dorsett Golden" entraînant ainsi une réduction du rendement et du calibre et une dépréciation de la qualité.

Les résultats d'éclaircissage obtenus sur la variété "Anna" ont été très satisfaisants et nettement meilleurs que ceux qui sont observés chez "Dorsett Golden". Tous les produits testés vis-à-vis de leur propriété d'éclaircissage ont eu un effet bénéfique, bien que le carbaryl ait été plus efficace que l'ANA. En effet, le traitement avec 1000 ppm a donné des taux de chute de fruits similaires à ceux qui sont provoqués par un éclaircissage manuel. Cet éclaircissage efficace s'est répercuté de manière positive sur:

- La proportion de corymbes portant moins de 4 fruits qui a été de 94%.
- Le rendement qui a été équivalent à celui qui est obtenu avec un éclaircissage manuel.
- Le calibre dont la proportion en poids pondéral de fruits de calibre supérieur à 65 mm a atteint les 85%. Cette proportion de fruits de calibre supérieur était inversement proportionnelle à l'intensité des chutes de fruits.

La différence de sensibilité des variétés de pommiers vis-à-vis d'éclaircissants chimiques, mise en évidence au cours de cette étude, confirme certains résultats obtenus à l'issue d'études similaires (Mahhou *et al.*, 1995a et 1995b; Mahhou & Achachi 2001).

RÉFÉRENCES CITÉES

- Billotte P & Cuvier P (1997) Groupe éclaircissage, enquête 1996, *Infos Techniques*, l'arboriculture - notre région Mai 19-20
- Chevinesse D (1998) Les substances hormonales: Sevin L 85. *Fruits et Légumes* 162: 38
- Contour B (1987) Nord-Picardie: l'expérience du CETAFRUITES d'Arras. *L'Arboriculture Fruitière* 395: 42-43
- Elfving DC & Cline RA (1993) Benzyladenine and other chemicals for thinning "Empire" apple trees. *J Amer Soc Hort Sci* 118: 593-598
- Ferré G (1996) Étude des stades d'application des substances d'éclaircissage chimique sur le pommier Golden Delicious, ANNP-Quatrième colloque les substances de croissance, partenaires économiques des productions végétales, Paris, 6 février

- Ferré G & Pech JC (1998) Mode d'action des substances. *Fruits et Légumes* 162: 36-37
- Font M (1997) Pomme: la démarche qualité. *L'Action Agricole* 98: 1-5
- Géraud JP & Crete X (1997) L'éclaircissage du pommier: synthèse et perspective pour une maîtrise de la charge et du calibre, CETA Fruitière Herault-Vidourle pp.16
- Greene DW & Autio WR (1994) Combination sprays with Benzyladenine to chemically thin spur-type "Delicious" apple. *HortScience* 29: 887-889
- Hugard J (1987) L'éclaircissage des fleurs ou jeunes fruits: fondements économiques et bases physiologiques. *L'Arboriculture Fruitière* 395: 35-38
- Mahhou A, Haddouni D & Ezzahouani A (1995a) Eclaircissage chimique des variétés de pommier (*Malus domestica* L.) "Golden Smoothie" et "Ozark Gold" dans la zone de Meknès. *Actes Inst Agron Vet (Maroc)* 15(2): 27-37
- Mahhou A, Haddouni D & Ezzahouani A (1995b) L'éclaircissage chimique des variétés de pommier (*Malus domestica* L.) "Starkrimson" et "Jerseymac" dans la région de Meknès. *Al Awamia* 91: 49-62
- Mahhou A & Achachi K (2002) Éclaircissage chimique du pommier (*Malus domestica* L. Borkh) dans la région de Meknès au Maroc. *Fruits* 57(2): 115-127
- Maguin H (1984) L'éclaircissage chimique des pommes. *Fruit Belge* 120: 283-289
- Regnard JL & Kelmer JJ (1998) Les bases physiologiques. *Fruits et Légumes* 162: 32-35
- Thiéry DC (1996) Bilan de six années d'expérimentation dans la Sarthe: l'éclaircissage chimique du pommier. *L'Arboriculture Fruitière* 493: 25-29
- Vaysse P & Larrive G (1996) L'éclaircissage chimique du pommier, Centre Inter-Régional d'Expérimentation Arboricole (CIREA) pp. 4
- Vercammen J (1997) L'éclaircissage chimique du pommier: une technique dont on ne peut plus faire abstraction. *Fruit Belge* 466: 51-54
- Williams MW (1979) Chemical thinning of apple. *Hort Rev* 1: 270-300
- Zamboux C (1998) Les substances homologuées: Amid Thin W. *Fruits et Légumes* 162: 38-39