

Essais d'éclaircissage chimique des pommiers (*Malus domestica* L. Borkh) « Gala » et « Red Top Spur » dans la région de Meknès au Maroc

Ahmed Mahhou ⁽¹⁾, Kamal Achachi

⁽¹⁾ Département d'Horticulture. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II. BP 6202 Rabat-Instituts. Rabat (Maroc).
E-mail : a.mahhou@iav.ac.ma

Reçu le 17 mai 2004, accepté le 22 juin 2006

Plusieurs facteurs peuvent contribuer à l'obtention d'une nouaison excessive. Celle-ci conduit généralement à la production de fruits de petits calibres de qualité médiocre et peut accentuer le phénomène d'alternance. Les travaux présentés ont permis de tester l'acide naphthalène acétique (ANA) à 1,0 et 1,5 g·100 l⁻¹ et le N-méthyl carbamate de naphthyl-1 (Carbaryl) à 80 et 100 g·100 l⁻¹ sur deux variétés de pommier « Gala » et « Red Top Spur ». Les traitements témoins étaient constitués de pommiers éclaircis manuellement ou non éclaircis. Les produits ont été appliqués sur des fruits au stade de 10 à 12 mm de diamètre soit 17 jours après pleine floraison. Les résultats d'éclaircissage ont varié avec la variété, le produit et sa concentration. Cette variation s'est manifestée sur l'évolution de la chute des fruits, la proportion de corymbes portant moins de 4 fruits, le rendement et le calibre du fruit. Le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ a donné d'excellents résultats équivalents à ceux obtenus sur les arbres éclaircis manuellement et ce pour les 2 variétés. Par contre, l'ANA, en plus de son éclaircissage insuffisant, a induit la formation de fruits « pygmés » sur la variété « Red Top Spur » aboutissant ainsi une réduction du rendement et du calibre.

Mots-clés. Maroc, *Malus domestica*, éclaircissage, ANA, carbaryl, chute de fruits, rendement, calibre.

Chemical thinning of apple (*Malus domestica* L. Borkh) cultivars « Gala » and « Red Top Spur » in Meknès area of Morocco. Several factors can contribute to excessive fruit set in apple which usually leads to small fruit of poor quality and could increase the risk of biennial bearing. In this study we tested the effectiveness of the naphthalene acetic acid (NAA) at 1.0 and 1.5 g·100 l⁻¹ and the N-methyl carbamate of naphthyl-1 (carbaryl) at 80 and 100 g·100 l⁻¹ in thinning two apple cultivars « Gala » and « Red Top Spur ». The control treatments consisted of manually thinned and non thinned trees. The chemicals were applied when the king fruits reached the stage of 10 to 12 mm or 17 days after full bloom. The results varied with the cultivar, the chemical and its concentration. This variation appeared at the evolution of fruit drop, the proportion of clusters bearing less than 4 fruits, yield and fruit size. The carbaryl at 100 g·100 l⁻¹ gave excellent results for both cultivars consisting of proportions of fruit drops, clusters with few fruits, fruits of higher size and fruit yield similar to those of the hand thinned control trees. In contrast, NAA, in addition of its insufficient thinning effect, induced the formation of « pygmy fruits » on « Red Top Spur » which led to a reduction of fruit yield and fruit size.

Keywords. Morocco, *Malus domestica*, thinning, NAA, carbaryl, fruit drop, yield, fruit size.

1. INTRODUCTION

Le développement et le grossissement du fruit sur pommier dépendent de la surface foliaire qui l'alimente. Le rapport entre les feuilles et les fruits doit être suffisant pour l'obtention d'un fruit de qualité. Il doit être de 15 à 20 feuilles par fruit pour « Golden Delicious » de 25 à 30 feuilles pour « Jonagold » et de 30 à 40 feuilles pour les Delicious rouges (Regnard, Kelmer, 1998).

La nouaison excessive sur pommier aboutit à l'obtention d'un fruit de petit calibre et de qualité médiocre. En effet, lorsque la charge en fruits est excessive, seuls 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).

Les fortes charges en fruit 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 (Billotte, Cuvier, 1997). En outre, la maturité est retardée par des rendements élevés sur « Golden Delicious » et « Mondial Gala ».

Par ailleurs, le retour à fleur après une année de forte production est réduit en conséquence de l'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). Cette diffusion commencerait 4 à 5 semaines et pour atteindre son maximum 7 à 10 semaines après floraison. 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).

L'éclaircissage demeure une technique indispensable et essentielle pour la garantie de la qualité de la récolte et du retour à fleur (Hugard, 1987 ; Thierry, 1996). Cette technique consiste en l'élimination d'un certain nombre de fleurs ou de fruits qui sont les moins favorisés en nutriments tout le long des organes fruitiers. Elle vise à atténuer l'effet des compétitions susceptibles de réduire le calibre et la qualité des fruits. Pour assurer l'efficacité de l'éclaircissage, il est indispensable de cerner deux paramètres en l'occurrence la période d'intervention et l'intensité de l'opération.

Traditionnellement, l'éclaircissage consistait à supprimer manuellement, sur chaque organe fruitier, un certain nombre de fruits qui sont les moins favorisés sur le plan nutritif à savoir : les petits fruits, les doubles et ceux portés par les organes faibles. Il permet de mieux organiser la charge de l'arbre de manière à laisser un nombre bien déterminé de fruits par rameau ou brindille. Ceci offre à l'arboriculteur une précision d'intervention, une sécurité de la récolte, et une garantie de la production. Il permet d'avoir un gain de précocité, une amélioration de couleur pour les variétés bicolores, et le calibre par l'élimination des fruits trop petits (Geraud, Crete, 1997). Cependant, son exigence en main d'œuvre et la nécessité de sa réalisation dans des délais précis (pour une meilleure efficacité) en font une opération coûteuse et difficile à réussir. Ainsi, l'éclaircissage manuel est devenue une opération de finition permettant de compléter l'éclaircissage chimique chaque fois que ce dernier est possible.

De nombreux produits chimiques ont été expérimentés pour évaluer leur pouvoir éclaircissant dont les plus importants furent : le NAD, l'ANA, le DNOC et le carbaryl.

Le NAD (Naphthyl acétamide), hormone de synthèse, présente l'avantage d'atténuer l'alternance de certaines vieilles variétés européennes (Contour, 1987). Il respecte la faune auxiliaire dont 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, cette substance en raison de sa faible activité et son efficacité aléatoire impose souvent un éclaircissage complémentaire manuel ou chimique. Par ailleurs, le NAD est incompatible avec les variétés sensibles au ralentissement de la croissance aboutissant à la formation de fruits « pygmés » (Magein, 1984). Ce dernier affirme que le NAD doit être appliqué de la fin de la floraison à 6 jours après celle-ci. D'autres auteurs avancent que l'action éclaircissante maximale pour le NAD se situe entre 15 et 20 jours après la floraison pour « Golden Delicious », les fruits centraux mesurant entre 9 et 11 mm de diamètre à ce stade (Williams, 1979 ; Ferre, 1996). Zambaux (1998) préconise l'utilisation du NAD du stade F2 (50 % de fleurs ouvertes sur vieux bois) à 80 % de chute des pétales. Pour les derniers stades d'intervention (15 à 20 jours après floraison), le NAD provoque le maintien de fruits atrophiés, arrêtés dans leur croissance et susceptibles de nuire à la croissance des fruits restants. Ces fruits qui sont souvent rencontrés sur la variété « Red Delicious » sont dénommés fruits « pygmés » par les anglo-saxons. Il est ainsi 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 » sur « Golden Delicious » semble dépendre du stade d'application. Ferré (1996) rapporte des taux de 14, 24 et 78 % de fruits pygmés pour les stades respectifs d'application de 16, 20 et 23 jours après pleine floraison.

L'ANA (acide naphthalène acétique), hormone de synthèse, quand utilisé pour des fins éclaircissantes permet d'augmenter le retour de floraison (Greene, Autio, 1994). Il n'a pas d'effet insecticide, ce qui le rend inoffensif envers la micro-faune (Magein, 1984). Il retarderait temporairement l'abscission accroissant ainsi la compétition entre fruits en faveur des mieux développés (Ferré, Pech, 1998). Il réduit 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 jours après la pleine floraison selon les variétés et les conditions locales quand les fruits centraux présentent un diamètre de 8 à 12 mm (Chenivresse, 1998). Comme le NAD, l'ANA doit être appliqué en temps frais avec des températures variant entre 15 et 18 °C, et une forte hygrométrie avec une humidité relative supérieure à 80 % (Geraud, Crete, 1997). L'ANA ne doit pas être appliqué par temps clair et ensoleillé en raison de son caractère photodégradable (Ferré, 1996). En effet, une forte insolation de 4 heures a réduit l'efficacité de l'ANA de 35 %.

Le carbaryl (N-Méthyl Carbamate de Naphthyl-1), insecticide, présente une activité éclaircissante très forte et nettement supérieure à celle du NAD. Son utilisation très tôt après la floraison est très toxique

pour les abeilles et son application, non raisonnée, entraîne une pullulation d'araignées, par la destruction de leurs prédateurs naturels (Geraud, Crete, 1997). Il pourrait induire ou aggraver la rugosité sur « Cox's Orange Pippin » et « Golden Delicious », même en deuxième traitement (Magein, 1984 ; Vaysse, Larrive, 1997). Pour limiter ce phénomène on pourrait associer aux traitements éclaircissants à base de carbaryl des produits limitant le « russetting » comme le soufre, le bore, Régulex à 1 % (GA 4 + 7), la Promaline, et Golclair (soufre + oligo-éléments) (Geraud, Crete, 1997 ; Vaysse, Larrive, 1997). Il 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 le 20^e et le 35^e jour après la pleine floraison ce qui correspond à un diamètre des fruits de 8 à 18 mm selon les variétés (Chenivessee, 1998). Il faut prêter une attention particulière à l'étalement de la floraison pour éviter le « risque abeilles ».

La sensibilité des variétés de pommier, commercialement importantes, à l'action de l'éclaircissage est variable (Vercammen, 1997). Outre ses effets positifs sur le rendement et la qualité du fruit, 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 ce qui atténue ainsi le phénomène d'alternance.

Deux essais d'éclaircissage ont été menés en 1990 au Maroc : l'un sur « Golden Smoothee » et « Ozark Gold » (Mahhou *et al.*, 1995a) et l'autre sur « Starkrimson » et « Jersey mac » (Mahhou *et al.*, 1995b). Ils ont permis d'acquérir certaines données utiles pour définir le dispositif expérimental des travaux qui vont suivre.

Au cours de ces essais préliminaires le NAD, l'ANA, le carbaryl ou le DNOC ont été utilisés en traitements simples ou séquentiels. Les concentrations appliquées ont été de 5 et 6 g·100 l⁻¹ pour le NAD, de 1,0 et 1,5 g·100 l⁻¹ pour l'ANA, et de 70 et 90 g·100 l⁻¹ pour le carbaryl et 16 et 24 g·100 l⁻¹ 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.

Les résultats ont montré que le DNOC et le NAD utilisés seuls induisaient 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.

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 (Thierry, 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 » (Thierry, 1996). Ils se sont montrés plus efficaces que l'ANA seul.

Afin de définir les substances les mieux adaptées aux conditions de culture de la région de Meknès au Maroc, une 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. L'expérimentation a porté sur deux variétés de pommier « Gala » et « Red Top Spur ». Les traitements séquentiels, bien que relativement efficaces, restent onéreux pour la plupart des arboriculteurs marocains. Nous n'avons donc expérimenté que des traitements simples. De ce fait, les concentrations des produits à utiliser ont dû être affinées afin d'obtenir des résultats satisfaisants avec une seule application, quitte à la compléter avec une intervention manuelle de finition, si nécessaire.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Caractéristiques de l'essai

L'expérimentation a été menée dans un domaine privé dans la région de Meknès au Maroc, sur des pommiers « Gala » et « Red Top Spur » greffés sur MM 106 et plantés en 1986 à des distances de 4,5 × 2 m, soit à une densité de 1111 arbres·ha⁻¹, et conduits en palmette simple. Les arbres ont été traités avec du Rhodofix (1 % d'ANA) et du Sevin (85 % carbaryl) lorsque le fruit central avait un diamètre de 10 à 12 mm soit 17 jours après la pleine floraison. Les 6 traitements appliqués se caractérisent comme suit :

- arbres témoins non éclaircis ;
- arbres témoins éclaircis manuellement ;
- arbres traités à l'ANA aux concentrations de 1,0 et 1,5 g·100 l⁻¹ ;
- arbres traités au carbaryl aux concentrations de 80 et 100 g·100 l⁻¹.

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 à l'ANA.

Le dispositif expérimental adopté est de type bloc aléatoire complet comportant 4 répétitions (lignes) et 6 parcelles expérimentales constituées de 2 arbres chacune, par bloc. Les observations ont porté sur 2 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, 2 arbres au moins ont été laissés entre chaque parcelle élémentaire.

2.2. Paramètres mesurés

La 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 jours pour suivre, dans le temps, 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.

La production. La production des 2 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 était supérieur ou inférieur à 65 mm.

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

Il s'agit de l'indice de calibre (R), 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 :

$$R = \frac{\text{Poids des fruits récoltés}}{\text{Poids des fruits de diamètre} < 65\text{mm}}$$

plus l'indice R est élevé et plus la proportion des petits fruits est réduite.

- L'indice de production équivaut au rapport :

$$P = \frac{\text{Poids des fruits récoltés sur les arbres ayant reçu un traitement donné}}{\text{Poids des fruits récoltés sur les arbres témoins}}$$

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 2 caractéristiques touchant la fructification des arbres traités : le rendement brut et la proportion des fruits de petit calibre. Ces paramètres sont plus ou moins antagonistes alors que chacun est 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 voisine, aussi bien sur le plan du rendement brut que sur celui de la répartition des calibres.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Chute des fruits

« **Gala** ». L'évolution des chutes de fruit est représentée dans la **figure 1**. Pendant les 10 premiers jours suivant les traitements, l'accroissement des taux de chute sur les arbres traités est resté similaire à celui du témoin 0,8 fruit par jour. Le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ a présenté le plus important accroissement de chute de fruit à partir du 29^e jour après pleine floraison (2 fruits par jour). Par contre l'ANA à 1,0 g·100 l⁻¹ a présenté le taux de chute le plus faible avec 0,5 fruit par jour. La date de stabilisation des chutes de fruits a également varié entre traitements. Ainsi, elle commence à partir du 49^e jour après la pleine floraison pour le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ et seulement 20 jours plus tard pour l'ANA. On peut noter ainsi qu'il y a une différence entre traitements en ce qui concerne l'intensité d'éclaircissage mais aussi le déroulement des chutes de fruits dans le temps.

L'analyse de la variance des taux de chute finaux a révélé l'existence d'une différence significative entre traitements. La séparation des moyennes selon le test de Newman et Keuls a permis de distinguer 5 groupes : le témoin éclairci manuellement, le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹, l'ANA à 1,5 g·100 l⁻¹ et le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹, l'ANA à 1,0 g·100 l⁻¹, et enfin le témoin non éclairci.

Le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ s'est distingué des autres traitements chimiques en induisant un taux de chute se rapprochant de celui observé sur les arbres éclaircis manuellement. Cette variété semble présenter un potentiel d'éclaircissage naturel relativement faible n'ayant pas dépassé 35 %. Cette caractéristique variétale combinée avec les conditions ayant régné au moment de l'application des traitements (hétérogénéité de floraison et forte nouaison) aurait probablement limité l'efficacité des substances chimiques aux concentrations utilisées.

« **Red Top Spur** ». L'évolution des chutes de fruits de la variété « Red Top Spur » est reportée dans la **figure 2**. L'accroissement des chutes pour les arbres traités s'est accentué à partir du 35^e jour après pleine floraison. La chute naturelle sur les arbres non éclaircis est restée faible jusqu'au 45^e jour après pleine floraison elle a connu une accélération (1,52 fruit par jour).

Les traitements ont induit des chutes de fruits d'intensité variable. La chute s'est stabilisée sur les

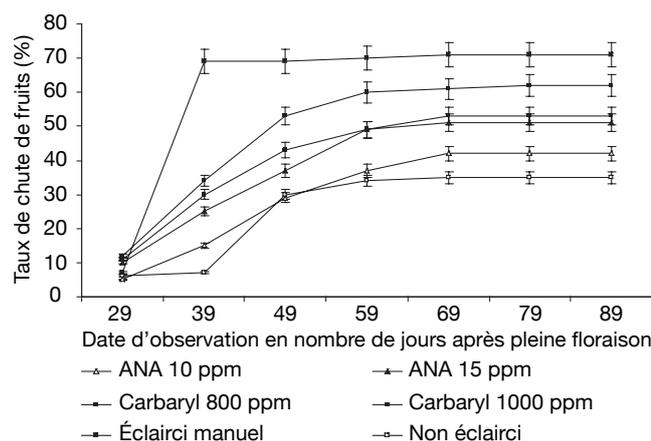


Figure 1. Effet de l'éclaircissage chimique obtenu par application de traitements d'ANA ou de carbaryl sur la chute de fruits (%) de la variété du pommier « Gala » dans la région de Meknès au Maroc — *Effect of chemical thinning with NAA or Carbaryl treatments on fruit drop (%) of 'Gala' apple in Meknes area in Morocco.*

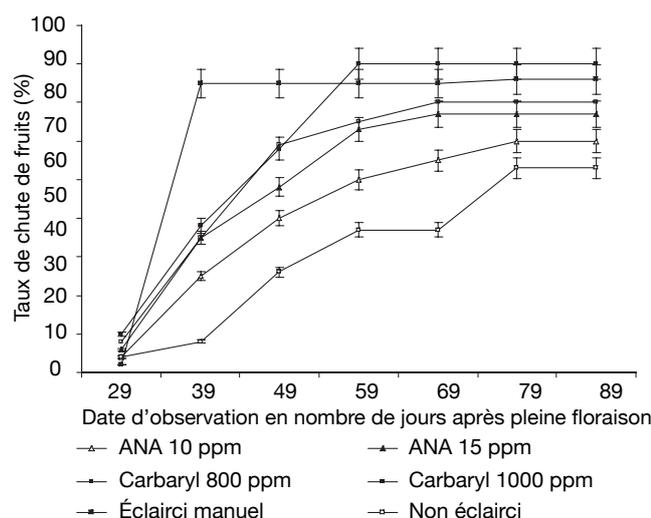


Figure 2. Effet de l'éclaircissage chimique obtenu par application de traitements d'ANA ou de carbaryl sur la chute de fruits (%) de la variété du pommier « Red Top Spur » dans la région de Meknès au Maroc — *Effect of chemical thinning with NAA or Carbaryl treatments on fruit drop (%) of 'Red Top Spur' apple in Meknes area in Morocco.*

arbres traités au carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ à 59 jours après pleine floraison, à 69 jours sur ceux traités à l'ANA à 1,5 g·100 l⁻¹ et au carbaryl à 80 g·100 l⁻¹, et seulement à 79 jours sur ceux traités à l'ANA à 1,0 g·100 l⁻¹. Le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ a enregistré le taux de chute le plus important.

L'analyse de la variance des taux de chute finaux a révélé l'existence d'une différence significative entre traitements. Le test de Newman et Keuls a permis la distinction de 5 groupes de moyennes homogènes : le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹, le témoin éclairci manuellement, l'ANA à 1,5 g·100 l⁻¹ et le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹, l'ANA à 1,0 g·100 l⁻¹ qui a eu un effet éclaircissant très limité, et enfin le témoin non éclairci.

Le témoin non éclairci a présenté un taux de chute final de 53 % indiquant que cette variété possède un potentiel éclaircissant naturel relativement important. Celui-ci pourrait faciliter l'action éclaircissante des substances chimiques. Il faudrait signaler que ce taux n'est atteint qu'après deux mois et demi après pleine floraison ce qui limiterait l'effet de cette chute sur le calibre des fruits restants. Par ailleurs ceci indique que l'arbre aura dépensé beaucoup d'éléments minéraux ou élaborés pour des fruits qu'il est incapable de garder jusqu'à la récolte.

3.2. Répartition des corymbes selon leur charge en fruits

« **Gala** ». La répartition des corymbes selon leur charge en fruit, une fois la chute s'est stabilisée, est reportée dans le **tableau 1**. Pour avoir une appréciation générale de l'effet éclaircissant des produits on a comparé les taux de corymbes ayant 3 fruits et moins. On estime que le produit a un effet éclaircissant satisfaisant si la proportion de corymbes ayant moins de 4 fruits est élevée et que par contre son effet reste limité si la proportion de corymbes ayant 4 fruits et plus est importante. Les arbres éclaircis manuellement ont présenté le taux le plus élevé (97 %) de corymbes avec 3 fruits et moins. Viennent ensuite les arbres traités au carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ (72 %), le carbaryl à 800 ppm et l'ANA à 1,5 g·100 l⁻¹ (60 %), l'ANA à 1,0 g·100 l⁻¹ (40 %) et enfin les arbres non éclaircis avec seulement 20 % de corymbes ayant 3 fruits ou moins et 80 % de corymbes avec 4 fruits et plus.

« **Red Top Spur** ». La répartition des corymbes selon leur charge en fruits est présentée dans le **tableau 1**. L'analyse de la variance a révélé l'existence d'une différence significative entre les traitements. Le test de Newman et Keuls a permis de distinguer 6 groupes de moyennes homogènes : l'éclaircissage manuel a produit 96 % de corymbes ayant 3 fruits, suivi du carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ (84 %), le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹ (71 %), l'ANA à 1,5 g·100 l⁻¹ (64 %), l'ANA à 1,0 g·100 l⁻¹ (43 %) se situant juste devant le témoin dont la proportion de corymbes avec 3 fruits et moins est de 36 %.

Le carbaryl notamment à forte concentration a offert une bonne répartition de fruits sur l'arbre et par

Tableau 1. Effet de l'éclaircissage sur la répartition des corymbes (%) selon leur charge en fruits chez les pommiers « Gala » et « Red Top Spur » dans la région de Meknès au Maroc — *Effect of thinning on corymbs distribution (%) in terms of number of fruits in « Gala » and « Red Top Spur » apples in Meknes area of Morocco.*

Substance	Dose g·100 l ⁻¹	« Gala » (% corymbes)		« Red Top Spur » (% corymbes)	
		≥ 4 fruits	≤ 3 fruits	≥ 4 fruits	≤ 3 fruits
ANA	1,0	60	40 d	57	43 e
	1,55	42	58 c	36	64 d
Carbaryl	80	40	60 c	29	71 c
	100	28	72 b	16	84 b
Éclaircissage manuel		3	97 a	4	96 a
Pas d'éclaircissage		80	20 e	64	36 e

Pour une même colonne, les moyennes ayant des lettres différentes sont significativement différentes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % — *Within the same column, the means with different letters are significantly different by Newman and Keuls test at the 5% level.*

corymbe approchant celle enregistrée sur les arbres éclaircis manuellement.

3.3. Production

« **Gala** ». Le rendement en kg par arbre par traitement est présenté dans le **tableau 2**. L'analyse de la variance a révélé l'existence d'une différence significative entre les traitements. La séparation des moyennes selon le test de Newman et Keuls a permis de distinguer 5 groupes de moyennes homogènes : le témoin non éclairci avec le rendement le plus élevé (56 kg par arbre), l'ANA à 1,0 g·100 l⁻¹ (49 kg), l'ANA à 1,5 g·100 l⁻¹ et le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹ (40 et 37 kg respectivement), le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ (29 kg), et enfin l'éclairci manuel avec le rendement le plus faible (20 kg par arbre).

Tableau 2. Effet de l'éclaircissage sur le rendement (kg/arbre) des pommiers « Gala » et « Red Top Spur » dans la région de Meknès au Maroc — *Effect of thinning on fruit yield (kg/tree) of « Gala » and « Red Top Spur » apples in Meknes area of Morocco.*

Produits	Dose g·100 l ⁻¹	Rendement (kg/arbre)	
		« Gala »	« Red Top Spur »
ANA	1,0	49 b	24 c
	1,5	40 c	21 c
Carbaryl	80	37 c	28 b
	100	29 d	22 c
Éclaircissage manuel		20 e	24 c
Pas d'éclaircissage		56 a	36 a

Pour chaque variété, les moyennes ayant des lettres différentes sont significativement différentes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % — *For each cultivar, the mean with different letters are significantly different by Newman and Keuls test at the 5% level.*

On constate que l'importance du rendement est inversement proportionnelle à l'efficacité du traitement sur la chute de fruits. En effet, il existe une relation inverse très forte entre le taux de chute de fruits et le rendement ($r^2 = 0,999$). Les traitements ayant induit un taux de chute de fruit faible ont donné des rendements élevés reflétant la relation existant entre la charge en fruit et le rendement. L'effet éclaircissant des substances chimiques est dépendant de la concentration. Le carbaryl notamment à forte concentration a donné une intensité d'éclaircissage satisfaisante, alors que l'ANA a eu un effet éclaircissant limité notamment à faible concentration. L'insuffisance d'éclaircissage induit par les substances chimiques sur « Gala » serait due principalement à la forte nouaison et au pouvoir naturel de rétention du fruit important de cette variété. Les rendements élevés seraient associés à une proportion importante de fruits de calibre inférieur.

« **Red Top Spur** ». Le rendement en kg par arbre par traitement est présenté dans le **tableau 2**. L'analyse de la variance a révélé l'existence d'une différence significative entre traitements. La séparation des moyennes selon le test de Newman et Keuls a permis de distinguer 3 groupes de moyennes homogènes : le témoin non éclairci avec le rendement quantitatif le plus élevé (36 kg par arbre), le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹, l'ANA à 1,0 et 1,5 g·100 l⁻¹, le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ et l'éclairci manuel.

Malgré l'effet éclaircissant limité de l'ANA, le rendement enregistré sur les arbres traités avec cette substance est faible et ne diffère pas de celui obtenu sur les arbres éclaircis manuellement ou au carbaryl à 100 g·100 l⁻¹. En fait cette contradiction apparente est due essentiellement à la formation de fruits pygmés, induite par cette substance, aboutissant à une réduction importante du calibre conduisant elle-même à une diminution de la production quantitative de fruits par arbre.

Il faut retenir que le carbaryl notamment à 100 g·100 l⁻¹ a permis l'obtention du niveau d'éclaircissage et du rendement souhaités contrairement à l'ANA qui en plus de l'insuffisance de son effet d'éclaircissage a causé la formation de fruit « pygmés » dépréciant ainsi leur qualité.

3.4. Calibre

« **Gala** ». La répartition des fruits entre classes de calibre est illustrée dans le **tableau 3**. L'analyse de la variance a révélé l'existence d'une différence significative entre traitements. La séparation des moyennes a permis de distinguer 5 groupes de moyennes homogènes. Les traitements sont classés par ordre décroissant en proportion (% pondéral) de fruits ayant un calibre supérieur à 65 mm : le témoin éclairci manuellement (90 %) et le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ (83 %), l'ANA à 1,5 g·100 l⁻¹ (60 %) et le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹ (65 %), l'ANA à 1,0 g·100 l⁻¹ (51 %), et enfin le témoin non éclairci (27 %).

L'application d'agents chimiques a amélioré le calibre notamment le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ qui a donné le même résultat que l'éclaircissage manuel. L'ANA à forte concentration et le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹ ont donné des résultats similaires et intermédiaires alors que l'ANA à faible concentration a donné une faible proportion de fruits de bon calibre reflétant ainsi une efficacité limitée de cette substance à cette concentration.

Les différences notables observées entre traitements en ce qui concerne l'amélioration du calibre peuvent être attribuées aux différences dans l'intensité d'éclaircissage. En effet, la proportion de fruits d'un calibre supérieur à 65 mm est proportionnelle à la chute de fruits provoquée et les meilleurs résultats sont obtenus avec les traitements ayant induit une chute de fruits

importante et précoce. Le coefficient de corrélation entre ces deux paramètres est très élevé ($r^2 = 0,96$).

« **Red Top Spur** ». La répartition des fruits (% pondéral) entre classes de calibre est présentée dans le **tableau 3**. L'analyse de la variance a révélé l'existence d'une différence significative entre les traitements. Le test de Newman et Keuls a permis de distinguer 3 groupes de moyennes homogènes en terme du pourcentage pondéral en fruits de calibre supérieur à 65 mm : le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ et le témoin éclairci manuellement avec un taux dépassant les 80 %, le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹ et le témoin non éclairci, l'ANA à 1,0 et 1,5 g·100 l⁻¹ avec respectivement 58 et 52 %. Il faut noter le potentiel naturel important de cette variété à former des fruits de bon calibre dont plus des 2/3 ont un calibre supérieur à 65 mm.

L'effet éclaircissant de l'ANA ne s'est pas manifesté au niveau du calibre. En effet, les arbres traités avec cette substance ont présenté des proportions en fruits de petit calibre (proportionnelle à la concentration) plus élevées que celles enregistrées sur les arbres non éclaircis. Ceci est dû à la formation de fruits pygmés induite par cette substance.

Par contre l'application du carbaryl notamment à 100 g·100 l⁻¹ a permis l'amélioration du calibre en donnant un excellent résultat (identique à celui de l'éclaircissage manuel). Celui-ci est le résultat d'un taux de chute important et concentré dans le temps. L'élimination d'une proportion importante de fruits tôt dans la saison a permis aux fruits restants de profiter au maximum des éléments fournis par l'arbre et de croître pour atteindre un calibre optimal.

Le témoin non éclairci a présenté un pourcentage de 67 % de fruits de calibre supérieur à 65 mm, indiquant que cette variété a une bonne aptitude intrinsèque à s'éclaircir naturellement (53 %). Toutefois, ce taux de chute final n'est atteint qu'après 2 mois et demi après

Tableau 3. Effet de l'éclaircissage sur la répartition des corymbes (%) selon leur charge en fruits chez les pommiers « Gala » et « Red Top Spur » dans la région de Meknès au Maroc — *Effect of thinning on corymbs distribution (%) in terms of number of fruits in « Gala » and « Red Top Spur » apples in Meknes area of Morocco.*

Substance	Dose g·100 l ⁻¹	« Gala » (% pondéral)		« Red Top Spur » (% pondéral)	
		≥ 4 fruits	≤ 3 fruits	≥ 4 fruits	≤ 3 fruits
ANA	1,0	49	51 c	42	58 c
	1,5	40	60 b	48	52 c
Carbaryl	80	35	65 b	33	67 b
	100	17	83 a	18	82 a
Éclaircissage manuel		10	90 a	17	83 a
Pas d'éclaircissage		73	27 d	33	67 b

Pour une même colonne, les moyennes ayant des lettres différentes sont significativement différentes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % — *Within the same column, the means with different letters are significantly different by Newman and Keuls test at the 5% level.*

Tableau 4. Efficacité relative des traitements d'éclaircissage chimique appliqués aux variétés de pommier « Gala » et « Red Top Spur » dans la région de Meknès au Maroc — *Relative effectiveness of chemical thinning applied to « Gala » and « Red Top Spur » apples in Meknes area of Morocco.*

Traitements g·100 l ⁻¹	Dose (kg/arbre)	Poids	Indice calibre (R) ¹	Indice production (P) ²	Indice global (G) ³	Classement selon (G)
Variété « Gala »						
ANA	1,0	49	2	0,87	1,74	5
	1,5	40	2,49	0,71	1,77	4
Carbaryl	80	37	2,8	0,66	1,85	3
	100	29	5,45	0,52	2,83	2
Éclaircissage manuel		20	9,47	0,36	3,41	1
Pas d'éclaircissage		56	1,63	1	1,63	6
Variété « Red Top Spur »						
ANA	1,0	24	0,67	2,67	1,78	5
	1,5	21	2,18	0,58	1,27	6
Carbaryl	80	28	4	0,78	3,11	3
	100	22	5,8	0,61	3,54	2
Éclaircissage manuel		24	6,87	0,67	4,58	1
Pas d'éclaircissage		36	2,89	1	2,89	4

¹ R = (poids des fruits récoltés / poids des fruits de diamètre inférieur à 65 mm) — (*weight of harvested fruits / weight of fruits with diameter smaller than 65 mm*).

² P = (poids des fruits récoltés sur les arbres ayant reçu un traitement donné / poids des fruits récoltés sur les arbres témoins) — (*weight of harvested fruits on trees having received a given treatment / weight of harvested fruits on control trees*).

³ G = R × P.

la floraison ce qui limiterait son effet sur l'amélioration du calibre et éventuellement sur l'induction florale et le retour de la floraison.

Ainsi, l'application de l'ANA sur « Red Top Spur » a induit une réduction du rendement qui est-elle même due à une réduction considérable du calibre qui a résulté de la formation de fruits pygmés. L'utilisation de l'ANA sur cette variété est alors vivement déconseillée.

3.5. Efficacité relative des traitements

Pour mieux apprécier l'efficacité relative de chaque traitement nous avons déterminé les indices de calibre (R), de production (P) et calculé l'indice global (G) qui intègre le calibre et le rendement qui sont les deux critères importants de la production fruitière et qui traduisent la finalité de l'éclaircissage.

« **Gala** ». Les indices R, P et G intégrant la corrélation négative existant entre le calibre et le rendement permettant d'apprécier l'efficacité relative de chaque traitement sont reportés dans le **tableau 4**.

L'indice de calibre R et l'indice global permettent d'établir le même classement des traitements selon leur efficacité en matière d'amélioration du calibre et de l'indice global qui intègre à la fois la production et le calibre. Ainsi ce classement en efficacité décroissante s'établit comme suit : l'éclairci manuel, le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹,

le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹, l'ANA à 1,5 g·100 l⁻¹, l'ANA à 1,0 g·100 l⁻¹, et le témoin non éclairci.

On constate, toutefois, que ni l'ANA aux 2 concentrations utilisées ni le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹ n'ont permis un bon éclaircissage. En effet, les 3 traitements présentent un indice global voisin de celui du témoin non éclairci reflétant ainsi leur efficacité limitée dans la réduction de la charge et l'amélioration du calibre. On peut conclure que l'ANA à 1,0 et 1,5 g·100 l⁻¹ et le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹ n'ont pas permis un bon éclaircissage. Par contre, le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ a permis l'obtention d'un éclaircissage très satisfaisant.

« **Red Top Spur** ». L'indice global G permet de classer les traitements selon leur efficacité en tenant compte à la fois du rendement et du calibre (**Tableau 4**). Cet indice a permis de hiérarchiser les traitements comme suit : l'éclairci manuel, suivi du carbaryl à 100 g·100 l⁻¹, le carbaryl à 80 g·100 l⁻¹, le non éclairci et en dernier l'ANA. Ainsi, le carbaryl à 100 g·100 l⁻¹ a donné un très bon résultat d'éclaircissage, à la fois pour le rendement et le calibre, se plaçant juste après l'éclairci manuel. Par contre l'ANA, bien qu'ayant induit un effet éclaircissant satisfaisant, notamment à forte concentration, a donné des résultats décevants quant au calibre en raison de l'induction de la formation de fruits pygmés. Ainsi, l'utilisation de cette substance est

à déconseiller sur cette variété. On peut conclure que l'ANA n'a pas permis un bon éclaircissage et qu'en plus d'une action insuffisante il a entraîné une réduction importante du calibre par induction de formation de fruits « pygmés ».

4. CONCLUSION

Les résultats d'éclaircissage de l'ANA et du carbaryl sur « Gala » et « Red Top Spur » ont varié avec la variété, le produit et sa concentration. La seconde variété a mieux répondu aux traitements chimiques que la première. Ceci est lié au pouvoir intrinsèque de cette variété de s'éclaircir naturellement qui est illustré par le taux de chute enregistré sur les arbres non éclaircis qui a atteint 53 % contre seulement 35 % pour « Gala ». Le carbaryl, notamment à forte concentration, a donné des résultats très intéressants et nettement supérieurs à ceux de l'ANA pour les deux variétés. En effet, ce produit à 100 g·100 l⁻¹ a donné des taux de chute de fruits similaires à ceux de l'éclaircissage manuel. Cette intensité élevée d'éclaircissage s'est répercutée de manière positive sur la proportion de corymbes avec moins de 4 fruits, le rendement et le calibre. Par contre, l'ANA, en plus de l'insuffisance de son effet éclaircissant sur les deux variétés, a induit la formation de fruits « pygmés » sur « Red Top Spur » entraînant ainsi une réduction du rendement et du calibre ne doit pas être appliquée sur cette variété.

Sur le plan pratique on peut conclure que l'ANA aux concentrations testées n'est pas efficace dans l'éclaircissage des deux variétés. Par contre, le carbaryl peut être utilisé sur les deux variétés notamment à la concentration de 100 g·100 l⁻¹ qui a donné de bons résultats d'éclaircissage pour les deux variétés.

Bibliographie

- Billotte P., Cuvier P. (1997). Groupe éclaircissage, enquête 1996. Infos Techniques, l'arboriculture – notre région Mai 19-20.
- Chenivresse D. (1998). Les substances hormonales : Sevin L 85. *Fruits Légumes* **162**, p. 38.
- Contour B. (1987). Nord-Picardie : l'expérience du Cetafruits d'Arras. *Arboric. fruitière* **395**, p. 42–43.
- Elfving DC., Cline RA. (1993). Benzyladenine and other chemicals for thinning « Empire » apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **118**, p. 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 Légumes* **162**, p. 36–37.
- Font M. (1997). Pomme : la démarche qualité. *Action Agric.* **98**, p. 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 Hérault-Vidourle, 16 p.
- Greene DW., Autio WR. (1994). Combination sprays with Benzyladenine to chemically thin spur-type « Delicious » apple. *Hort. Sci.* **29**, p. 887–889.
- Hugard J. (1987). L'éclaircissage des fleurs ou jeunes fruits : fondements économiques et bases physiologiques. *Arboric. fruitière* **395**, p. 35–38.
- Magein H. (1984). L'éclaircissage chimique des pommes. *Fruit Belge* **120**, p. 283–289.
- Mahhou A., Haddouni D., Ezzahouani A. (1995a). Éclaircissage chimique des variétés de pommier (*Malus domestica* L.) « Golden Smoothee » et « Ozark Gold » dans la zone de Meknès. *Actes Inst. Agron. Vet.* **15** (2), p. 27–37.
- Mahhou A., Haddouni D., Ezzahouani A. (1995b). L'éclaircissage chimique des variétés de pommier (*Malus domestica* L.) « Starkrimson » et « Jersey mac » dans la région de Meknès. *Al Awamia* **91**, p. 49–62.
- Mahhou A., Achachi K. (2002a). Éclaircissage chimique du pommier (*Malus domestica* L. Borkh) dans la région de Meknès au Maroc. *Fruits* **57** (2), p. 115–127.
- Mahhou A., Achachi K. (2002b). Éclaircissage chimique des variétés du pommier (*Malus domestica* L. Borkh) « Anna » et « Dorsett Golden » dans la région de Meknès au Maroc. *Actes Inst. Agron. Vet.* **22** (4), p. 215–225.
- Regnard JL., Kelmer JJ. (1998). Les bases physiologiques. *Fruits Légumes* **162**, p. 32–35.
- Thierry DC. (1996). Bilan de six années d'expérimentation dans la Sarthe : l'éclaircissage chimique du pommier. *Arboric. fruitière* **493**, p. 25–29.
- Vaysse P., Larrive G. (1996). *L'éclaircissage chimique du pommier*. Centre Inter-Régional d'Expérimentation Arboricole (CIREA), 4 p.
- Vercammen J. (1997). L'éclaircissage chimique du pommier : une technique dont on ne peut plus faire abstraction. *Fruit Belge* **466**, p. 51–54.
- Williams MW. (1979). Chemical thinning of apple. *Hort. Rev.* **1**, p. 270–300.
- Zamboux C. (1998). Les substances homologuées : Amid Thin W. *Fruits Légumes* **162**, p. 38–39.

(21 réf.)