

L'éclaircissage chimique des variétés du pommier (*Malus domestica*) "Starkrimson" et "Jerseymac" dans la région de Meknès

A. Mahhou¹, D. Haddouni² et A. Ezzahouani¹

¹ Département d'horticulture, IAV Hassan II, B.P. 6202, Rabat, Maroc

² Direction provinciale de l'agriculture de Meknès, Maroc

Résumé

Les effets de l'éclaircissage manuel et chimique ont été évalués sur les deux variétés de pommier Starkrimson et Jerseymac. Pour l'éclaircissage chimique, quatre substances ont été utilisées : DNOC (Sodium 4,6-dinitro-ortho-crysélate), NAD (Naphthalène Acétamide), ANA (Acide Naphthalène Acétique), et Carbaryl (1-Naphthyl N-méthyl carbamate). L'éclaircissage, chimique ou manuel, a amélioré le calibre des fruits et a eu un effet global positif malgré son effet négatif sur le rendement quantitatif. Les traitements séquentiels notamment NAD (50 ppm) + ANA (10 ppm) et NAD (50 ppm) + Carbaryl (700 ppm) ont donné les meilleurs rendements et calibres.

Mots-clés : *Malus domestica*, pommier, éclaircissage, rendement, calibre du fruit

Abstract

Chemical thinning on apple cultivars Starkrimson and Jerseymac in Meknès region.

The effects of hand and chemical thinning were evaluated on two apple cultivars : Starkrimson and Jerseymac. For the chemical thinning, four substances were used : DNOC (Sodium 4,6-dinitro-ortho-cresylate), NAAM (Naphthalene acetamide), NAA (Naphthalene acetic acid), and Carbaryl (1-naphthyl N-methyl carbonate). Chemical and hand thinning improved fruit size, but reduced yield. The sequential treatments NAAM(50 ppm) + NAA (10 ppm) and NAAM(50 ppm) + Carbaryl (700 ppm) gave the best yield and fruit size.

Key words : *Malus domestica*, apple, thinning, fruit size, yield

ملخص

التخفيف الكيماوي لدى صنف التفاح سطاركرمسون وجيرزيماك في منطقة مكناس

أ. ماحو¹، د. حدوني² وأ. الزهواني¹

¹ : قسم البستنة، معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة، ص.ب. 6202، الرباط، المغرب

² : المديرية الإقليمية للفلاحة، مكناس، المغرب

قيم مفعول التخفيف اليدوي والكيماوي على صنف التفاح سطاركرمسون وجيرزيماك. بالنسبة للتخفيف الكيماوي، استعملت أربع مواد : Carbaryl، ANA، NAD، و DNOC. أدى التخفيف اليدوي والكيماوي إلى تحسين حجم الفاكهة وإلى مفعول عام إيجابي رغم نقص في الإنتاج. أعطت العلاجات التسلسلية (NAD (50 ppm) + ANA (10 ppm) + NAD (50 ppm) + Carbaryl (700 ppm) إنتاجاً أفضل وزادت من حجم للفاكهة.

الكلمات المفتاحية : شجر التفاح، التخفيف، حجم الفاكهة، الإنتاج

Introduction

L'éclaircissage consiste à supprimer une partie de la production potentielle d'un arbre fruitier (fleurs ou fruits) à un stade plus ou moins avancé. Cette limitation volontaire et précoce de la charge d'un arbre en fruits poursuit deux objectifs principaux : (i) améliorer le calibre moyen, la coloration et la qualité des fruits à la récolte et (ii) assurer une production régulière d'une année à l'autre et ainsi lutter contre le phénomène d'alternance. Pour atténuer de manière significative l'alternance, l'éclaircissage doit intervenir avant l'induction florale (Gautier 1972).

La technique d'éclaircissage a fait l'objet de nombreuses recherches dans les pays développés depuis les années trente (Williams 1979). Les recherches ont été axées sur l'évaluation des qualités éclaircissantes de diverses substances chimiques, la date et la dose d'application et leur mode d'action (Williams 1979). Actuellement, l'éclaircissage chimique est devenu une pratique courante et généralisée en arboriculture fruitière dans les pays développés. Cette généralisation résulte des progrès accomplis en arboriculture (disponibilité et choix d'un matériel végétal sain et performant, une bonne maîtrise des pratiques culturelles de production et de protection) ayant tous tendance à accroître le potentiel productif des arbres.

Au Maroc, cette technique n'est pas encore bien maîtrisée et ses avantages sont souvent méconnus. Même quand la nécessité de l'éclaircissage est reconnue, le nombre important de facteurs qui conditionnent sa réussite et la difficulté à les contrôler constituent un souci majeur pour l'arboriculteur. En effet, les résultats varient suivant le matériel végétal, la nature, la dose, la date d'application du produit chimique et les conditions climatiques de la localité ainsi que leurs

interactions. Les impératifs économiques et techniques lui imposent de bien maîtriser la technique s'il veut en tirer le maximum de profit. Malheureusement, il n'existe pas de formule générale pour la réalisation de cette pratique. Une expérimentation individuelle s'impose pour l'évaluer et l'adapter aux conditions particulières de chaque pays voire même de chaque région au sein d'un même pays.

Nous avons entamé cette étude afin d'évaluer les effets de l'éclaircissage chimique sous nos conditions et contribuer à l'élaboration d'un programme d'éclaircissage chimique du pommier qui pourrait être adopté par nos arboriculteurs.

Matériel et méthodes

Le milieu

L'essai a été réalisé dans une unité de production de la SODEA (UP 5104) située à environ 750 m d'altitude dans la région de Meknès. Les sols sont argilo-calcaires, peu profonds et à pH alcalin .

Matériel végétal

Deux variétés : Starkrimson et Jersey mac ont été retenues pour la réalisation de cette étude en raison de leur intérêt commercial et de la possibilité qu'elles offrent pour être utilisées comme références à d'autres variétés. Les arbres, conduits en gobelet, étaient plantés en 1963 à 5 m x 5 m (400 arbres/ha) pour Starkrimson et en 1976 à 5 m x 2 m (1000 arbres/ha) pour Jersey mac.

Méthode de travail

Produits utilisés

Quatre substances chimiques : DNOC, NAD, ANA et Carbaryl (Sevin) ont été utilisées dans cette étude. Ces produits ont fait l'objet de plusieurs recherches dans d'autres pays où ils sont actuellement d'application pratique et systématique. Le tableau 1 résume leurs principales caractéristiques. Des traitements simples et des séquences ont été constitués par les différents produits. Dix traitements différents, dont deux témoins, ont été effectués :

Traitement 1 : DNOC à 240 ppm (DNOC₂)

Traitement 2 : DNOC à 160 ppm (DNOC₁) + ANA à 10 ppm (ANA₁)

Traitement 3 : DNOC à 160 ppm (DNOC₁) + Carbaryl 700 ppm (Carbaryl₁)

Traitement 4 : ANA à 15 ppm (ANA₂)

Traitement 5 : Carbaryl à 900 ppm (Carbaryl₂)

Traitement 6 : NAD à 60 ppm (NAD₂)

Traitement 7 : NAD à 50 ppm (NAD₁) + ANA à 10 ppm (ANA₁)

Traitement 8 : NAD à 50 ppm (NAD₁) + Carbaryl à 700 ppm (Carbaryl₁)

Traitement 9 : Témoin éclairci manuellement (TEM)

Traitement 10 : Témoin non éclairci (TNE)

Tableau 1. Caractéristiques des produits d'éclaircissage utilisés

Nom commercial	Nature du produit	Nom chimique	Nom commun
Sandoline 50 %	Colorant nitré	Dinitro- Crésylate d'ammonium	D.N.O.C
Amid Thin W 8,2 %	Régulateur de croissance	Naphthalène acétamide	N.A.D
Rhodofix 1%	Régulateur de croissance	Acide Naphtalène acétique	A.N.A
Sevin 85 %	Insecticide	1-Naphthyl N-méthyl Carbamate	Carbaryl

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un essai en blocs aléatoires complets. Quatre groupes homogènes (blocs ou lignes) ont été constitués; les dix traitements comparés ont été ensuite répartis de façon aléatoire au sein de chaque bloc.

Chaque parcelle élémentaire était formée de deux arbres; les observations ont porté sur quatre branches (unités expérimentales) par arbre, choisies à hauteur d'homme et suivant les quatre orientations. Les arbres traités ont été sélectionnés par une appréciation visuelle de leur homogénéité sur le plan de la vigueur et de la floribondité. Pour éviter tout risque d'interaction indésirable entre les différents traitements ainsi que le transport de produit par le vent lors des pulvérisations, les blocs ont été séparés par une rangée d'arbres intercalaires et au sein de chaque bloc au moins deux arbres ont été laissés entre les parcelles élémentaires.

Réalisation des traitements

Les traitements ont été effectués à l'aide d'un pulvérisateur à dos d'une capacité de vingt litres, muni d'une lance à main. Les quantités de produit à utiliser (Amid Thin W, Rhodofix et Sevin) ont été préalablement préparées afin d'éviter les risques de surdosage et de veiller sur la précision des concentrations appliquées. Les pesées ont été faites à l'aide d'une balance analytique; les doses basées sur la concentration voulue pour chaque produit et correspondant à la capacité du pulvérisateur (20 litres) ont été mises dans des sachets. Concernant la Sandoline, les dosages ont été faits sur place, au moment même du traitement à l'aide d'une pipette. Aucun produit phytosanitaire n'a été appliqué dans les deux jours qui ont précédé ou suivi les traitements d'éclaircissage.

Concentrations, époque d'application et conditions climatiques au moment des traitements

Il n'existe pas de formule générale pour l'exécution d'une opération d'éclaircissage, et ce en raison de la multitude de facteurs qui conditionnent sa réussite. C'est à l'arboriculteur, au technicien ou au chercheur qu'il appartient alors de sélectionner le produit (ou la combinaison de produits) susceptible de

donner satisfaction dans les conditions du milieu où il se trouve et de réajuster les doses à utiliser en fonction des résultats obtenus.

Les concentrations adoptées pour chaque produit ainsi que les dates de traitement ont été formulées à partir de données recueillies sur les caractéristiques chimiques de chaque substance, particulièrement son mode d'action (Mahhou et Haddouni 1993). L'époque des traitements a été déterminée en se basant à la fois sur la taille des jeunes fruits (diamètre moyen) et sur le nombre de jours après la pleine floraison (Williams 1979). Le traitement au DNOC a été appliqué quand 80 % des fleurs étaient ouvertes. Pour les autres produits, la croissance des jeunes fruits a été suivie sur 5 arbres pour chaque variété, à raison de 50 fruits par arbre. Les rameaux portant les 50 fruits ont été marqués et des mesures de diamètre des fruits ont été effectuées, à l'aide d'un pieds à coulisse, tous les 2 jours jusqu'à ce que la taille moyenne adéquate à un éclaircissage efficace a été atteinte. Le tableau 2 résume les concentrations, l'époque d'application ainsi que les conditions climatiques ayant sévi au moment des traitements. Un produit mouillant, le Rosémox a été ajouté au Rhodofix à la dose de 75 cc/100 litres de bouillie prête à l'emploi. L'adjonction du mouillant est recommandée pour une bonne absorption de l'ANA (Williams 1979). Le Rosémox est un produit contenant 600 g par litre d'un dérivé oxyéthylé d'alkylphénol. Par ailleurs, les concentrations choisies pour le DNOC sont parmi les faibles à moyennes recommandées, en raison de la délicatesse de l'application de ce produit sur les fleurs. Tous les traitements à base de DNOC ont été effectués pendant une période de beau temps. Rappelons qu'une forte hygrométrie de l'air ou un traitement suivi quelques heures après séchage d'une pluie peut accentuer l'activité du produit (Robitaille *et al.* 1977). Les traitements à l'ANA et au NAD ont été effectués en fin de journée, par temps doux et humide permettant un dessèchement lent de la bouillie, mais aussi pour éviter la dégradation de l'ANA par les rayons lumineux (Gautier 1981). Le Carbaryl, en raison de l'effet négatif des basses températures sur son efficacité (Hugard et Vidaud 1985), a été appliqué en fin de matinée. La quantité de bouillie par arbre était de 3 litres pour toutes les variétés et tous les traitements.

Les paramètres mesurés

Contrôle de la floraison et de la fructification

Afin d'évaluer l'efficacité de chaque traitement, un contrôle fut réalisé au moment de la floraison. Il a consisté à faire le comptage de toutes les inflorescences au niveau des quatre branches prises comme unités expérimentales sur chaque arbre d'une parcelle élémentaire. Sur ces mêmes branches, des comptages de fruits ont été effectués tous les 10 jours afin de suivre dans le temps l'évolution des chutes des fruits. Ces comptages ont été poursuivis jusqu'à ce que la chute des fruits est devenue négligeable (début juillet). Ceci nous a permis de dégager le taux de chute (rapport du nombre de fruits chutés au nombre initial de fruits), par période d'observation et le nombre de fruits par corymbe pour chaque traitement. La comparaison de ces deux variables à un moment donné permet de juger de l'intensité d'éclaircissage de chacun des produits ou de combinaison de produits. Au terme de ces comptages (fin de chute des fruits), des tableaux de fréquences des bouquets de 1, 2, 3 et plus de fruits ont été dressés afin de dégager le(s)

traitement(s) ayant donné plus de corymbes à 1 ou 2 fruits capables d'atteindre un bon calibre.

Tableau 2. Concentration, époque et conditions climatiques au moment de l'application des traitements d'éclaircissage sur "Starkrimson" et "Jerseymac"

Produit et date	Dose * mg/l	Stade	Conditions climatiques
STARKRIMSON			
DNOC 1	160	80 % à 90 % pleine	20 °C, 74 %HR
12/4 2	240	floraison (12/4)	Ciel couvert, temps calme
NAD 1	50	Chute des pétales	18 °C, 77 %HR
22/4 2	60	ou 10j AP F**	Ciel clair, temps calme
ANA 1	10	12 mm de diamètre des	20 °C, 72 %HR
2/5 2	15	fruits ou 20 j APF	Ciel clair, temps calme
Carbaryl 1	700	12 mm diamètre moyen	18 °C, 78 %HR
2/5/90 2	900	de fruits ou 20 j	Ciel couvert, temps calme
JERSEYMAC			
NAD 1	50	Chute des pétales ou 8 j	18 °C, 78 % HR
15/4 2	60	APF	Ciel clair, temps calme
ANA 1	10	12 mm de diamètre des	20 °C, 79 % HR
23/4 2	15	fruits ou 16 j APF	Ciel clair, temps calme
Carbaryl 1	700	12 mm diamètre moyen	22 °C, 77 % HR
23/4/90 2	900	des fruits ou 16 j	Ciel clair, temps calme

* : Pour chaque produit, la faible dose a été utilisée dans les traitements séquentiels, alors que la dose élevée utilisée dans les traitements simples. ** : APF : Après pleine floraison

Contrôle de la récolte

A la récolte, la totalité de la production concernant les deux arbres de chaque parcelle élémentaire a été pesée et calibrée en deux classes ou catégories de calibre, fruits à calibre inférieur à 65 mm et fruits à calibre supérieur ou égal à 65 mm. Ceci nous a permis de juger de l'effet de chaque traitement sur le rendement (en kg/arbre) et sur le calibre des fruits (pourcentage pondéral de fruits à calibre < à 65 mm et ≥ à 65 mm).

La détermination du rendement et le calibrage des fruits nous ont amené à établir un certain nombre de paramètres ou indices permettant de classer les traitements selon leur efficacité.

Poids des fruits récoltés

$$* \text{ Indice de calibre : } R = \frac{\text{Poids des fruits récoltés}}{\text{Poids des fruits } < 65 \text{ mm}}$$

Plus R est élevé, plus la proportion de petits fruits est réduite.

$$* \text{ Indice de production : } P = \frac{\text{Poids des fruits récoltés dans un traitement}}{\text{Poids des fruits récoltés sur les arbres non éclaircis}}$$

Les deux poids qui figurent au numérateur et au dénominateur de ce rapport sont des poids moyens par arbre calculés à partir de tous les arbres d'un même traitement et de tous les arbres témoins (non éclaircis). Cet indice P donne une indication sur l'action du traitement sur la production brute des arbres par rapport à celle des arbres non éclaircis.

$$* \text{ Indice global : } G = R \times P$$

Il correspond au produit des deux indices précédents. Cet indice vise à intégrer en une valeur unique deux caractéristiques plus ou moins antagonistes et toutes deux économiquement importantes concernant la fructification des arbres traités : le rendement brut et la proportion de fruits de petit calibre. Ainsi, plus G est élevé, plus le bilan global de l'éclaircissage est satisfaisant. Cet indice est particulièrement intéressant pour réaliser des comparaisons chiffrées de traitements d'efficacité voisines, aussi bien sur le plan du rendement brut que sur celui de la répartition des calibres.

Le traitement statistique des données a porté sur l'analyse de variance pour chaque période d'observation par la transformation en : $\arcsin \sqrt{\%}$ pour les proportions (taux de chute, % pondéral des calibres) et en : $nR + 1$ pour les dénombrements (nombre moyen de fruits par corymbe). Ces transformations ont été réalisées pour stabiliser la variance et augmenter la puissance du test de comparaison. Le test Khi carrée (X^2) d'indépendance a été utilisé pour l'analyse de la répartition des inflorescences en fonction de leur charge en fruits.

Résultats et discussion

Evolution des taux de chute

Les comptages périodiques des fruits depuis la pleine floraison nous ont permis d'évaluer l'évolution des taux de chute pour différents traitements (tableau 3). Pour "Starkrimson", il existe une différence significative entre les taux de chute provoqués par les 10 traitements à chaque période d'observation. Les taux de chute étaient supérieurs sur les arbres traités que sur ceux non traités. Les accroissements de ces chutes se sont accentués dans le temps pour se stabiliser vers 40 jours APF. Ainsi, à 20 jours après la pleine floraison, ce sont les traitements DNOC₂, NAD₂, NAD₁ + ANA₁ et NAD₁ + Carbaryl₁ qui se sont distingués de par leurs accroissements de chute, marquant à cette date, l'effet des

produits de floraison (DNOC et NAD). Mais c'est à partir de la 4^e semaine APF que les taux de chute sont devenus importants marquant ainsi l'action des produits de post-floraison, ANA et Carbaryl. Jusqu'au 40^e jour APF, les accroissements de chute par rapport au TNE ont été de près de 45 % pour NAD₁ + Carbaryl₁, NAD₁ + ANA₁ et Carbaryl₂, de 40 % pour DNOC₁ + Carbaryl₁ et de 30 % pour DNOC₁ + ANA₁ et ANA₂.

Tableau 3. Effets des traitements d'éclaircissage sur l'évolution des taux de chute (%) des fruits sur Starkrimson et Jersey mac.

Traitement	Date d'observation en jours pleine floraison							
	10	20	30	40	50	60	70	80
Starkrimson								
DNOC ₂	12	41	46	47	49	51	51	52
DNOC ₁ + ANA ₁	11	17	27	53	53	58	58	59
DNOC ₁ + Carbaryl ₁	11	18	33	63	65	66	66	67
NAD ₂	10	33	44	47	50	53	54	54
NAD ₁ + ANA ₁	09	29	44	66	67	68	68	68
NAD ₁ + Carbaryl ₁	10	30	54	69	70	71	71	71
ANA ₂	10	15	32	52	57	59	59	60
Carbaryl ₂	10	15	42	66	68	69	69	70
TEM	09	15	21	28	39	69	70	71
TNE	10	16	19	22	39	50	51	52
Jersey mac								
NAD ₂	10	32	55	61	64	66	67	67
NAD ₁ + ANA ₁	10	28	46	74	75	75	76	76
NAD ₁ + Carbaryl ₁	11	28	47	76	76	77	77	78
ANA ₂	10	16	32	65	68	69	70	70
Carbaryl ₂	12	17	36	66	73	74	75	75
TEM	09	14	18	23	68	69	71	72
TNE	10	17	20	24	32	51	57	59

Ceci nous amène non seulement à considérer les performances de ces traitements, mais aussi à noter le retard que prend cette opération d'éclaircissage quand elle doit être effectuée manuellement (TEM). Les avantages d'une intervention précoce apparaissent encore une fois et nous devons mettre l'accent sur son intérêt dans le cas particulier des cultivars de type Spur tel que Starkrimson. En effet, ces types Spur entrent plus rapidement en production et montrent une tendance à l'alternance dès le jeune âge (Bukovac et Mitchell 1961). Ce phénomène devient accentué par la plus forte vigueur qu'ils atteignent comparativement aux types standards (Byers 1978). Or, pour atténuer ce phénomène d'alternance, il faut assurer un retour à fleur par la promotion de la formation des bourgeons floraux. Ceci ne peut être accompli que par un éclaircissage précoce d'où l'utilité des pulvérisations de DNOC et du NAD bien que les séquences contenant le premier

n'aient pas atteint l'objectif escompté probablement à cause de la faible dose employée. Des résultats satisfaisants ont été rapportés sur cette même variété par l'utilisation du DNOC à une dose de 480 ppm. Des taux de chute de 75 % ont été obtenus à 40 jours APF (Byers *et al.* 1982).

Pour la variété Jersey mac, une différence significative existe entre les traitements considérés à toutes les périodes d'observation (tableau 3). L'évolution du taux de chute globale permet d'apprécier l'effet relatif de chaque traitement sur l'intensité de ces chutes ainsi que la qualité de l'éclaircissage réalisé. Tous les produits utilisés ont provoqué des chutes considérables. Les accroissements de chute par rapport au TNE, 30 jours APF ont été de 35 % pour NAD₂ et de 26 % pour NAD₁ + Carbaryl₁ et NAD₁ + ANA₁ et de 14 et 12 % respectivement pour Carbaryl₂ et ANA₂. Ces accroissements sont passés à 50 % pour NAD₁ + ANA₁ et NAD₁ + Carbaryl₁, à 42 % pour ANA₂ et Carbaryl₂ et à 37 % pour NAD₁ à 40 jours après pleine floraison.

Comme il a été noté pour Starkrimson, le NAD, en raison de sa précocité d'intervention, a réalisé un pré-éclaircissage à un stade précoce devant permettre une bonne croissance des fruits persistants. Son effet a été amélioré par l'action de la 2^e pulvérisation (ANA₁ ou Carbaryl₁) dans le cas des traitements séquentiels.

Effets des traitements sur la répartition des corymbes selon leur charge en fruits

Pour la variété Starkrimson, les traitements ont affecté de manière significative le taux de fixation des fruits par inflorescence (tableau 4). Les traitements ayant permis d'éclaircir les inflorescences de manière convenable sont le NAD₁ + ANA₁, NAD₁ + Carbaryl₁, TEM, ANA₂ et Carbaryl₂ avec des pourcentages allant de 68 à 85 % de bouquets à 1 et 2 fruits (cumul des 2 classes). Ceci traduit la bonne répartition de la charge en fruits sur les arbres ayant reçu ces traitements. Par contre, TNE, DNOC₂, NAD₂, DNOC₁ + ANA₁ et DNOC₁ + Carbaryl₁ ont abouti à l'obtention de taux élevés en corymbes à 3 fruits et plus variant de 40 à 70 %, ce qui laisse prévoir un faible développement de ces fruits et par conséquent une production élevée en petit calibre.

Pour la variété Jersey mac, l'analyse des résultats obtenus (tableau 4) montre un effet hautement significatif des traitements sur le taux de fruits fixés par inflorescence. L'examen des pourcentages de corymbes selon leur charge en fruits pour chaque traitement permet d'apprécier la qualité de l'éclaircissage obtenu et la répartition de la charge en fruits sur les arbres. Nous remarquons que NAD₁ + ANA₁, NAD₁ + Carbaryl₁ et TEM présentent les pourcentages les plus élevés en bouquets ayant gardé au maximum 2 fruits à plus de 90 %. Le Carbaryl₂ et l'ANA₂ en comptent plus de 70 %, alors que le NAD₂ et le TNE en comptent respectivement 60 et 40 % seulement. Le NAD₂ et le TNE ont ainsi gardé les proportions les plus élevées en inflorescences à 3 fruits et plus, ce qui se traduirait par des quantités élevées en fruits à petit calibre.

Tableau 4. Effets des traitements d'éclaircissage sur la répartition des corymbes selon leur charge en fruits de Starkrimson et Jersey mac

Traitement	Pourcentage des corymbes à :		
	1 fruit	2 fruits	3 fruits et plus
Starkrimson ¹			
DNOC ₂	23	18	59
DNOC ₁ + ANA ₁	21	38	41
DNOC ₁ + Carbaryl ₁	19	41	40
NAD ₂	18	34	48
NAD ₁ + ANA ₁	39	46	15
NAD ₁ + Carbaryl ₁	35	49	16
ANA ₂	28	43	29
Carbaryl ₂	30	38	32
TEM	22	59	19
TNE	13	17	70
Jerseymac ²			
NAD ₂	21	39	40
NAD ₁ + ANA ₁	41	50	09
NAD ₁ + Carbaryl ₁	35	58	07
ANA ₂	23	49	28
Carbaryl ₂	24	52	24
TEM	35	55	10
TNE	15	25	60

¹Khi²_{obs} = 144,9** avec 18 degrés de liberté à 5 %.

²Khi²_{obs} = 127,75** avec 12 degrés de liberté et à 5 %.

Effets des traitements d'éclaircissage sur le rendement et le calibre

Pour la variété Starkrimson, l'analyse des résultats (tableau 5) montre que les rendements des arbres éclaircis sont significativement inférieurs à ceux du témoin. Elle met en évidence les baisses des rendements relatives accusées par rapport au TNE; la plus importante étant voisine de 28 %, enregistrée aux niveaux des traitements : TEM, NAD₁ + Carbaryl₁, NAD₁ + ANA₁, Carbaryl₂ et DNOC₁ + Carbaryl₁. Toutefois, cette diminution de rendement est compensée par une amélioration considérable du calibre des fruits. En effet, l'analyse statistique des résultats de calibrage des fruits montre l'effet hautement significatif des différents traitements sur l'amélioration du calibre des fruits (tableau 5). Ce tableau fait ressortir les différences existantes entre les proportions pondérales de calibre ≥ 65 mm réalisées par chaque traitement. Les meilleures performances

ont été obtenues par $NAD_1 + Carbaryl_1$, $NAD_1 + ANA_1$, $Carbaryl_2$, ANA_2 et TEM avec près de 81 % du tonnage en fruits récoltés ayant un calibre ≥ 65 mm. Ces quantités correspondent à des accroissements voisins de 60 % par rapport au TNE. En revanche, TNE, $DNOC_2$, NAD_2 et $DNOC_1 + ANA_1$ présentent des pourcentages très élevés en petits fruits (< 65 mm) allant de 42 à 68 % (TNE) des rendements obtenus.

Pour la variété Jersey mac, tous les traitements ont entraîné une diminution du rendement moyen et une amélioration considérable du calibre des fruits comparativement au TNE (tableau 5). L'analyse des résultats des rendements et de la répartition des calibres montre une différence hautement significative entre les traitements. La baisse du rendement la plus marquée est relative à $NAD_1 + ANA_1$ suivi du TEM et $NAD_1 + Carbaryl_1$ avec des taux respectifs de diminution de 15, 12 et 9 %.

Le tableau 5 met en évidence l'effet bénéfique des traitements sur le calibre. Les pourcentages élevés en calibre ≥ 65 mm ont été obtenus par $NAD_1 + ANA_1$ et $NAD_1 + Carbaryl_1$ avec environ 85 %. Les proportions obtenues dans la même classe de calibre par ANA_2 et $Carbaryl_2$ ont été similaires à celles du TEM et voisines de 78 %. Par contre, des pourcentages élevés en fruits à petit calibre ont été enregistrés sur les arbres non éclaircis (TNE) en raison de leur forte charge et sur ceux n'ayant reçu qu'une application de NAD_2 à cause de la faible intensité de son effet éclaircissant. Le TNE et le NAD_2 comptent respectivement 62 % et 42 % de production de calibre < 65 mm.

Enfin, les résultats de rendements et de calibre exprimés en R, P et G (tableau 6) permettent d'apprécier l'effet éclaircissant global donné par les différents traitements et leurs efficacités respectives. Il en ressort, pour la variété "Starkrimson", que les résultats les plus satisfaisants, compte tenu de l'indice G intégrant à la fois l'indice de production et l'indice du calibre, ont été obtenus par $NAD_1 + Carbaryl_1$, $NAD_1 + ANA_1$, $Carbaryl_2$, et ANA_2 . Ceci confirme les résultats obtenus par ailleurs sur "Golden Smooth" et "Ozark Gold" (Mahhou *et al.* 1995) et qui ont à priori tranché en faveur de ces traitements, et particulièrement les combinaisons de produits (traitements séquentiels).

Il faut également noter l'efficacité du Carbaryl sur cette variété malgré les difficultés de son éclaircissage. L'action positive de ce produit sur ce cultivar a été notée dans d'autres études (Taghzouti 1985; Knight 1980; 1981 et 1983). L'intégration des deux paramètres rendement (P) et calibre (R) en indice global (G) permet de classer les différents traitements selon leur efficacité globale (tableau 6), c'est à dire leur aptitude à assurer l'obtention d'un pourcentage élevé en calibre commercialement recherché sans pour autant diminuer sévèrement le rendement. Les résultats les plus satisfaisants, pour la variété Jersey mac, ont été obtenus encore une fois par les traitements séquentiels : $NAD_1 + ANA_1$ et $NAD_1 + Carbaryl_1$.

Les résultats de notre étude montrent la supériorité des traitements séquentiels, $NAD_1 + Carbaryl_1$ et $NAD_1 + ANA_1$. Cette efficacité est due aux actions conjuguées et complémentaires des produits constituant la séquence. Le NAD

étant particulièrement intéressant par son effet sur le bois d'un an qui constitue le principal support des petits fruits (Edgerton et Williams 1981). Ainsi, le pré-éclaircissage réalisé par cette substance est complété par l'application de l'ANA ou du Carbaryl qui élimine les jeunes fruits issus d'une floraison tardive qui donnent généralement des calibres indésirables.

Les fruits de la Starkrimson sont très appréciés, notamment s'ils présentent un bon calibre. Sa productivité, parfois excessive, nécessite un éclaircissage. La présente étude nous a permis d'obtenir des résultats encourageants notamment par NAD₁ (50 ppm) + Carbaryl₁ (700 ppm) et NAD₁ (50 ppm) + ANA₁ (10 ppm). Le Carbaryl₂ (900 ppm) a été également intéressant. Cependant, la tendance forte de cette variété à l'alternance nous laisse croire à la supériorité des séquences de produits indiqués. Les traitements à base de DNOC n'ont pas permis d'allier des rendements obtenus à une production de calibre désiré.

Les résultats obtenus sur Jersey mac confirment l'intérêt des traitements séquentiels (NAD₁ + ANA₁ et NAD₁ + Carbaryl₁) dans un programme d'éclaircissage chimique. En effet, ils permettent l'amélioration du calibre et l'obtention de rendements satisfaisants. Le NAD est un produit à action douce ne permettant pas un éclaircissage suffisant quand il est appliqué seul.

Tableau 5. Effets des traitements d'éclaircissage sur le rendement et le calibre des fruits de Starkrimson et Jersey mac

Traitement	Rendement (kg/arbre)	Calibre (% pondéral)	
		≥ 65 mm	< 65 mm
Starkrimson			
DNOC ₂	108 b	40 d	60
DNOC ₁ + ANA ₁	93 c	58 c	42
DNOC ₁ + Carbaryl ₁	92 c	65 b	35
NAD ₂	104 b	52 c	48
NAD ₁ + ANA ₁	89 c	79 a	21
NAD ₁ + Carbaryl ₁	87 c	81 a	19
ANA ₂	94 c	76 a	24
Carbaryl ₂	90 c	77 a	23
TEM	86 c	74 a	24
Jersey mac			
TNE	120 a	32 c	68
NAD ₂	39 ab	58 c	42
NAD ₁ + ANA ₁	34 c	89 a	11
NAD ₁ + Carbaryl ₁	36 abc	87 a	13
ANA ₂	38 abc	78 b	22
Carbaryl ₂	39 ab	77 b	23
TEM	35 bc	78 b	22
TNE	40 a	38 d	62

Tableau 6. Effets des traitements d'éclaircissage sur les indices de calibre (R), de production (P) et global (G) chez les variétés Starkrimson et Jersey mac

Traitement	Poids moyen (kg/arbre)	(R)	(P)	G	Classement selon G
Starkrimson					
DNOC ₂	108	1,67	0,90	1,50	9
DNOC ₁ + ANA ₁	93	2,38	0,78	1,86	7
D N O C ₁ +	92	2,86	0,77	2,20	6
Carbaryl ₁					
NAD ₂	104	2,08	0,87	1,81	8
NAD ₁ + ANA ₁	89	4,76	0,74	3,52	2
NAD ₁ + Carbaryl ₁	87	5,26	0,73	3,84	1
ANA ₂	94	4,17	0,78	3,25	4
Carbaryl ₂	90	4,35	0,75	3,26	3
TEM	86	3,85	0,72	2,77	5
TNE	120	1,47	1,00	1,47	10
Jerseymac					
NAD ₂	39	2,38	0,98	2,33	6
NAD ₁ + ANA ₁	34	9,09	0,85	7,73	1
NAD ₁ + Carbaryl ₁	36	7,69	0,90	6,92	2
ANA ₂	38	4,55	0,95	4,32	4
Carbaryl ₂	39	4,35	0,98	4,35	3
TEM	35	4,55	0,88	4,00	5
TNE	40	1,61	1,00	1,61	10

Références bibliographiques

- Bukovac M.J. and Mitchell A.E. (1961). Biological evaluation of 1-Naphthyl N-Methylcarbamate with special reference to the abscission of apple fruits. *Proc.Amer. Soc. Hort. Sci.* **80** : 1-10.
- Byers R.E. (1978). Chemical thinning of Spur "Golden Delicious" and "Starkrimson Delicious" with Sevin and Vydate. *Hort. Science* **13** : 59-61.
- Byers R.E., Lyons C.G. et Horsburgh R.L. (1982). Comparisons of Sevin and Vydate for thinning apples. *Hort. Science* **17** (5) : 777-778.
- Edgerton L.J. and Williams M.W. (1981). Chemical thinning of apples. *Hort. Science* **30** : 319-343.
- Gautier M. (1972). L'éclaircissage des arbres fruitiers. *Arbo. Fruit.* **217** : 45 - 55.
- Gautier M. (1981). Quelques considérations sur la fructification des arbres fruitiers et la taille des arbres fruitiers à pépins. *Arbo.Fruit.* **324** : 47-61.

- Hugard J. et Vidaud J. (1985). L'éclaircissage du pommier. Compte rendu du groupe de travail plantes légumineuses de la Commission Substances de Croissance de l'ANPP. 7pp.
- Knight J.N. (1980) Fruit thinning of the apple cultivar "Cox's Orange Pippin". *Hort. Science* **55** : 267-272.
- Knight J.N. (1981) Chemical fruit thinning of two early-season apple cultivars "Discovery" and "George Cave". *Hort.Sci.* **56** (1) : 89-93.
- Knight J.N. (1983). Carbaryl as a fruit thinning for apple. How does it work? *Acta Hort.* **137** : 71-75.
- Mahhou A. et Haddouni D. (1993). L'éclaircissage du pommier (*Malus domestica* L.) Rev.Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride **5** : 163-190.
- Mahhou A., Haddouni D. et Ezzahouani (1995). L'éclaircissage chimique des variétés du pommier (*Malus domestica*) "Golden Smooth" et "Ozark Gold" dans la région de Meknès *Actes Inst.Agron.Vet.* **15** (2) : 27-37.
- Robitaille H.A., Emmerson F.H. et Yu K.S. (1977) Thinning apples with Ethylene-releasing chemicals. *J.Amer. Soc.Hort.Sci.* **102** : 595-598.
- Taghzouti M. (1981) Contribution à l'étude d'un programme d'éclaircissage chimique sur le pommier cv "Golden Delicious" dans la région de Meknès Mémoire de 3^e cycle Agronomie, option Horticulture IAV Hassan II pp.69.
- Williams M.W. (1979). Chemical thinning of apples. *Hort. Rev.* **1** : 270-300.