

Éclaircissage chimique des variétés de pommier (*Malus domestica* L.) "Golden Smoothee" et "Ozark Gold" dans la zone de Meknès

Ahmed MAHHOU¹✧, Driss HADDOUNI² & Abdelaziz EZZAHOUANI¹

التخفيف الكيماوي لشجر التفاح (*Malus domestica* L)

خففنا يدويا وكيماويا بواسطة أربع مواد كيماوية (NAD, DNOC, ANA, Carbaryl) صنفين من شجر التفاح "Golden Smoothee" و "Ozark Gold" حسن التخفيف (اليديوي والكيماوي) حجم (عيار) الفواكه. وكانت له فاعلية إيجابية رغم النقص في الإنتاج. العلاجات التسلسلية كانت أكثر إيجابية بالنظر للمفعول الإجمالي (الإنتاج وحجم الفواكه) وخاصة منها: + Carbaryl (700ppm) NAD (50 ppm) و NAD (50 ppm) + ANA (10 ppm) كانت أكثر فاعلية.

الكلمات المفتاحية: شجر التفاح - *Malus domestica* - التخفيف - الإنتاج - حجم الفواكه

Éclaircissage chimique des variétés de pommier (*Malus domestica* L.) "Golden Smoothee" et "Ozark Gold" dans la zone de Meknès

Nous avons éclairci manuellement et appliqué quatre substances chimiques (Dinitro-cryselate d'ammonium ou DNOC, Naphthalène acétamide ou NAD, Acide naphthalène acétique ou ANA et 1-Naphthyl N-méthyl carbamate ou Carbaryl) sur deux variétés du pommier "Golden Smoothee" et "Ozark Gold". L'éclaircissage (chimique et manuel) a amélioré le calibre des fruits et a eu un effet global positif malgré son effet négatif sur le rendement quantitatif. Les meilleurs résultats d'éclaircissage, eu égard à l'effet global (rendement et calibre) ont été obtenus par les traitements séquentiels notamment NAD(50 ppm) + ANA(10 ppm) et NAD(50 ppm) + Carbaryl (700 ppm).

Mots clés: *Malus domestica* - Pommier - Eclaircissage - Rendement - Calibre

Chemical thinning of two apple (*Malus domestica* L.) cultivars "Golden Delicious" and "Ozark Gold" in the Meknes area

We hand thinned and applied four chemicals (4,6-Dinitro-ortho-cresole or DNOC, Naphthaleneacetamide or NAAM, Naphthaleneacetic acid or NAA, and 1-naphthyl N-methyl carbamate or Carbaryl) to 2 apple cultivars "Golden Smoothee" and "Ozark Gold". Thinning improved fruit size despite its negative effect on yield. The best results regarding the overall effect of thinning (yield and fruit size) were given by the combination of chemicals used in sequence namely NAAM (50 ppm) + NAA(10 ppm) and NAAM(50 ppm) + Carbaryl (700 ppm).

Key words: *Malus domestica* - Apple - Thinning - Size - Yield

¹ Département d'Horticulture IAV Hassan, BP 6202 -Instituts, 10100 Rabat, Maroc

² Direction Provinciale d'Agriculture de Meknès

✧ Auteur correspondant

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 a deux objectifs principaux à savoir :

- améliorer le calibre moyen, la coloration, et la qualité des fruits à la récolte ;
- 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, l'époque et la dose d'application et leur mode d'action (Williams, 1979). Actuellement, l'éclaircissage chimique est devenu une pratique courante et généralisée. Cette généralisation résulte des progrès accomplis en arboriculture (disponibilité et choix judicieux d'un matériel végétal sain et performant, une bonne maîtrise des pratiques culturales de production et de protection) ayant 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 conditionnant sa réussite et la difficulté à les contrôler constituent un souci majeur pour l'arboriculteur, alors que 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 opération. En effet, une expérimentation individuelle s'impose pour l'évaluer et l'adapter aux conditions particulières de chaque pays voire de chaque région au sein du pays.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude menée dans la région de Meknès. On s'est fixé comme objectifs l'évaluation des effets éclaircissants de quatre substances chimiques appliquées seules ou combinées, en séquence, sur deux variétés du pommier "Golden Smoothee" et "Ozark Gold". Notre objectif à long terme est de contribuer à l'élaboration d'un programme

d'éclaircissage chimique du pommier sous nos conditions.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Le milieu

L'essai a été réalisé au domaine Zniber localisé à environ 750 m d'altitude dans la région de Meknès. Les sols sont argilo-calcaires, peu profonds et à pH alcalin.

2. Matériel végétal

Deux variétés ont été retenues pour la réalisation de cette étude en raison de leur intérêt commercial, mais aussi du fait qu'elles peuvent servir de références pour un grand nombre de cultivars. Il s'agit de "Golden Smoothee" et "Ozark Gold". Ces variétés présentent les caractéristiques suivantes:

• "Golden Smoothee"

Ce cultivar, mutant naturel de "Golden Delicious" est originaire des États Unis. Les caractéristiques morphologiques et physiologiques sont très proches de celles de "Golden Delicious" avec une faible sensibilité à la rugosité.

L'arbre est de vigueur moyenne, au port demi-dressé à étalé, il se ramifie abondamment et prend un aspect buissonnant. La vigueur forte les premières années baisse rapidement lorsque les arbres entrent en production. La fructification se situe de préférence sur le jeune bois (moins de 3 ans) et les brindilles couronnées. Les fruits de meilleurs calibres se trouvent sur le bois de 2-3 ans et les brindilles.

À l'état naturel, la "Golden" alterne en bonnes conditions de culture (taille judicieuse, éclaircissage, fumure équilibrée), l'alternance de production est pratiquement aplanie. La mise à fruit est très rapide, dès la 3^{ème} année en non-taille et la productivité est appréciable. L'éclaircissage des fruits s'avère indispensable pour l'obtention des pommes de calibre acceptable.

Dans la région de Meknès la "Golden" présente un étalement de floraison marqué. Le fruit de forme ovoïde et légèrement tronconique est de calibre moyen ayant tendance à diminuer avec l'âge des arbres. L'épiderme est de couleur vert-jaune en début de maturité.

La chair est croquante, fine, juteuse, très sucrée, peu acide et parfumée. La qualité gustative est

bonne et varie avec le milieu et les conditions de culture. La "Golden" est un fruit fragile, mais qui présente une bonne aptitude à la conservation (Gautier, 1979; Lezec, 1978).

• "Ozark Gold"

Sélectionnée aux États Unis, cette variété est issue du croisement de "Golden Delicious" et d'un hybride ayant comme parents "Red Delicious", "Ben Davis" et "Jonathan".

L'arbre de vigueur moyenne a une ramification plus importante que celle de "Golden Delicious". La sensibilité à l'oïdium est plutôt inférieure. Sa floraison est relativement homogène.

La mise à fruit semble être rapide et la production assez bonne. L'éclaircissage est conseillé pour éviter l'alternance. L'époque de récolte se situe entre le 10 et 15 août (soit 1 mois avant "Golden Smoothee").

Le fruit, de calibre homogène, présente un épiderme jaune à maturité et un lavis rose orangé sur 1/4 de la surface. Il est indemne de rugosité.

Le fruit est consommable dès la récolte et peut se conserver 3 à 4 mois au froid. Cependant, la qualité gustative moyenne à la récolte décline rapidement en cours de conservation, le goût étant altéré par une certaine fermentation (Lezec, 1978).

Cette variété a été choisie pour servir d'exemple à l'éclaircissage des cultivars de demi-saison.

Les arbres sont plantés en 1980 à une distance de 4 m x 2,5 m, soit une densité de plantation de 1000

arbres à l'hectare. Les porte-greffe sont MM 106 pour "Golden Smoothee" et MM 16 pour "Ozark Gold". La forme de conduite est le gobelet et le système d'irrigation est le goutte à goutte.

3. 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 et y sont actuellement d'application pratique et systématique. Le tableau 1 résume leurs principales caractéristiques.

Des traitements simples ainsi que 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 ou matière active
Sandoline 50%	Colorant nitré	Dinitro-Crésylate d'ammonium	D.N.O.C
Amid Thin W 8,2%	Régulateur de croissance	Naphtalène acétamide	N.A.D
Rhodofix 1%	Régulateur de croissance	Acide Naphtalène acétique	A.N.A
Sevin 85%	Insecticide	1-Naphtyl 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 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.

Il est à signaler qu'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 lors des traitements

Il n'existe pas de formule générale pour l'exécution d'une opération d'éclaircissage et ce, en raison même 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 & 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.

Des mesures de diamètre des fruits ont été effectuées, à l'aide d'un pied 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.

Il est à signaler qu'un produit mouillant, le Rosémox, a été ajouté au Rhodofix à la dose de 75 ml/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. Signalons également qu'aucun symptôme de phytotoxicité n'a été observé à la suite des traitements d'éclaircissage.

Par ailleurs, il est à noter que 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 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).

Tableau 2. Concentrations, époque, et conditions climatiques au moment de l'application des traitements d'éclaircissage sur "Golden Smoothee" et "Ozark Gold"

Produit		Dose* mg/l	Stade	Conditions climatiques
DNOC	1	160	80 à 90% pleine	18°C
	2	240	floraison	74% HR Ciel couvert, temps calme
NAD	1	50	Chute des pétales	18°C
	2	60	ou 10j APF**	77% HR Ciel clair, temps calme
ANA	1	10	10 à 12 mm	20°C
	2	15	diamètre des fruits ou 18j AFP	80% HR Ciel clair, vent faible
Carbaryl	1	700	10 à 12 mm	23°C
	2	900	diamètre moyen de fruits ou 18j	74% HR Ciel clair, vent faible

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

** APF: Après pleine floraison.

Les traitements à l'ANA et au NAD ont été effectués en fin de journée, par temps doux et humide ayant permis 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 & 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.

4. 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 devienne 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 produits combinés.

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 susceptibles d'atteindre un bon calibre.

• Contrôle de la récolte

À 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.

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

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

Poids des fruits récoltés
dans un traitement

* 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.

* 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

1. Évolution des taux de chute

Les comptages périodiques des fruits nous ont permis de comparer les intensités des chutes provoquées par les différents traitements (Tableau 3). L'analyse des résultats a montré une

différence significative entre les taux de chute induits par différents traitements à toutes les dates d'observation et pour les deux variétés.

Tableau 3. Effets des traitements d'éclaircissage sur l'évolution des taux de chute (%) des fruits chez les variétés du pommier "Golden Smoothee" et "Ozark Gold"

Traitement	Dates d'observations (j.APF)						
	10	20	30	40	50	60	70
1. "Golden Smoothee"							
DNOC ₂	32	42	43	45	47	47	47
DNOC ₁ +ANA ₁	3	39	55	56	56	57	57
DNOC ₁ +Carbaryl ₁	5	46	62	63	64	64	64
NAD ₂	5	46	47	51	51	52	55
NAD ₁ +ANA ₁	4	45	69	69	70	70	70
NAD ₁ +Carbaryl ₁	2	52	70	71	71	71	72
ANA ₂	1	32	53	54	54	55	55
Carbaryl ₂	1	43	67	68	68	68	69
TEM	2	6	23	72	73	73	74
TNE	4	15	21	29	37	42	44
2. "Ozark Gold"							
DNOC ₂	31	45	45	48	50	58	59
DNOC ₁ + ANA ₁	12	27	51	71	72	72	73
DNOC ₁ +Carbaryl ₁	13	26	52	72	72	73	73
NAD ₂	8	53	54	57	59	62	63
NAD ₁ + ANA ₁	9	27	57	79	79	79	79
NAD ₁ +Carbaryl ₁	7	28	55	76	76	77	77
ANA ₂	5	10	51	76	77	77	78
Carbaryl ₂	5	10	51	74	75	75	76
TEM	4	9	11	79	79	79	79
TNE	6	10	11	26	39	45	49

Pour "Golden Smoothee" l'évolution des taux de chute suivie depuis la 1ère semaine après pleine floraison (APF) a atteint son maximum entre le 30 et le 40ème jour APF. Les 4 traitements, NAD₁(50ppm) + ANA₁(10ppm), NAD₁(50ppm) + Carbaryl₁(700ppm), Carbaryl₂(900ppm) et TEM (témoin éclairci manuellement), ont donné les meilleurs résultats avec un accroissement de chute par rapport au TNE de près de 43%. À 40 jours APF, le test des moyennes a permis de classer ces traitements en un seul groupe homogène, c'est à dire ayant donné pratiquement le même résultat d'éclaircissage et en dernier les deux traitements simples: DNOC₂ (240ppm) et NAD₂(60ppm). Ces différents groupes homogènes, ont gardé le même classement jusqu'à la fin des observations. Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par d'autres chercheurs (Grauslund, 1981, Ouazzani, 1986; Ennassiri, 1988).

Cependant, ces 4 traitements ont présenté, dans le temps, des différences qui devraient se repercuter sur le résultat de l'éclaircissage, à savoir l'obtention d'un calibre meilleur des fruits sans affecter sévèrement le rendement. En effet, NAD_1 + Carbaryl₁ suivis de NAD_1 + ANA₁ peuvent être considérés comme les meilleurs traitements en raison des taux de chute précoce qu'ils ont induit par rapport au Carbaryl₂ et au TEM. Ceci est dû à l'intervention précoce du NAD_1 qui est un produit utilisé juste après la chute des pétales et qui a donc permis un pré-éclaircissage.

L'intérêt d'un éclaircissage précoce aidera à mieux comprendre la supériorité, du point de vue pratique, de ces deux traitements combinés par rapport aux traitements simples et à l'éclaircissage manuel (TEM). Ceci réside dans le fait que l'éclaircissage précoce tend à éliminer, le plus tôt possible, la concurrence entre les fruits, pour les éléments nutritifs, en provoquant la chute des plus faibles d'entre-eux (Hugard, 1962; Trillot *et al.*, 1990) et d'établir ainsi un rapport feuilles/fruits plus favorable (Cassagnes, 1974; Huet, 1972). Il faut rappeler aussi que si l'éclaircissage est précoce, il coïncide avec la période de croissance des fruits la plus active qui intervient juste après la nouaison (multiplication cellulaire); en éliminant une partie de la charge de l'arbre au "stade jeune fruit", on favorise la croissance des fruits persistants (Looney, 1979).

Par ailleurs, un éclaircissage précoce atténue le phénomène d'alternance en favorisant la formation des bourgeons floraux (effet positif sur l'induction florale).

Les traitements à base de DNOC ($(DNOC_1 + ANA_1)$ et $(DNOC_1 + Carbaryl_1)$) auraient donné des taux de chute qui permettraient un bon développement des jeunes fruits restants en raison même de l'époque d'application du DNOC (pleine floraison); ce qui aboutirait à une proportion élevée en calibre souhaité.

Toutefois, l'inefficacité de ces traitements serait due d'une part à l'étalement de la floraison que présente "Golden Smoothee" et, d'autre part, à la faible dose de DNOC (160ppm) qui a été utilisée dans ces traitements combinés.

Concernant les 2 traitements simples, $DNOC_2$ et NAD_2 , ils n'ont pas permis de baisser le taux de fructification à un niveau souhaitable (TEM) bien que le NAD ait été appliqué à une concentration

élevée (60ppm). Ces deux produits ne peuvent donc accomplir qu'un pré-éclaircissage qui doit être achevé par l'application d'une substance de post-floraison (ANA ou Carbaryl). Ceci est particulièrement vrai quand le taux de nouaison est élevé comme c'était le cas dans cet essai avec "Golden Smoothee" avec une floraison étalée.

Pour "Ozark Gold" on remarque que tous les traitements ont induit, à des degrés différents, des chutes de fruits importantes comparativement au TNE. Il ressort que l'effet final le plus marqué est obtenu 40 jours après pleine floraison par NAD_1 + ANA₁, NAD_1 + Carbaryl₁, $DNOC_1$ + ANA₁, $DNOC_1$ + Carbaryl₁, ANA₂, Carbaryl₂ et TEM avec un accroissement de chute moyen par rapport au TNE de près 60%.

Ces traitements semblent avoir eu un effet éclaircissant global voisin. Cependant, les traitements séquentiels devraient emporter, eu égard au résultat final (calibre des fruits à la récolte). En effet, les produits de floraison (DNOC et NAD) devraient permettre une croissance plus rapide des fruits par une diminution précoce de la charge des arbres à une époque où ces jeunes fruits sont le siège de divisions cellulaires intenses (Looney, 1979).

À ceci s'ajouterait l'effet positif de ces produits sur la formation des bourgeons floraux qui s'opère parallèlement à cette croissance (Harley *et al.*, 1958 ; Pfammatter, 1978). C'est là même que réside l'un des intérêts des traitements chimiques par rapport à l'éclaircissage manuel.

2. Répartition des corymbes en fonction de leur charge en fruits

L'évolution du taux moyen de chute étudiée précédemment nous renseigne sur la diminution de la charge globale réalisée pour chaque traitement. Le nombre de fruits par corymbe à la fin des chutes indique la qualité de l'éclaircissage obtenu et le potentiel des fruits persistants au niveau de chaque inflorescence à se développer et à évoluer jusqu'à maturité.

La répartition des corymbes en fonction de leur charge est consignée au tableau 4. L'analyse statistique de ces résultats montre une différence hautement significative entre les traitements pour les deux variétés.

Tableau 4. Effets des traitements d'éclaircissage sur la répartition des corymbes en fonction de leur charge en fruits chez "Golden smoothee" et "Ozark Gold"

Traitements	Pourcentage des corymbes à		
	1 fruit	2 fruits	3 fruits et plus
1. "Golden Smoothee"¹			
DNOC ₂	17	23	60
DNOC ₁ + ANA ₁	16	36	48
DNOC ₁ + Carbaryl ₁	17	39	44
NAD ₂	21	37	42
NAD ₁ + ANA ₁	41	48	11
NAD ₁ + Carbaryl ₁	37	54	09
ANA ₂	24	45	31
Carbaryl ₂	22	34	44
TEM	15	64	21
TNE	12	10	78
2. "Ozark Gold"²			
DNOC ₂	27	24	49
DNOC ₁ + ANA ₁	23	43	34
DNOC ₁ + Carbaryl ₁	22	41	37
NAD ₂	24	34	42
NAD ₁ + ANA ₁	45	44	11
NAD ₁ + Carbaryl ₁	39	43	18
ANA ₂	25	49	26
Carbaryl ₂	22	50	28
TEM	20	65	15
TNE	11	22	67

¹Khi2obs = 198,66** avec 18 degrés de liberté et à 5%

²Khi2obs = 147,02** avec 18 degrés de liberté et à 5%

L'examen des résultats obtenus sur "Golden Smoothee" montre que le TNE, DNOC₂ et DNOC₁ + ANA₁, DNOC₁ + Carbaryl₁, Carbaryl₂ et NAD₂ sont les traitements qui présentent le maximum de corymbes à 3 fruits ou plus et un faible pourcentage à 1 seul fruit variant entre 42 et 78%. Ceci traduit la faible efficacité d'éclaircissage de ces traitements. Par contre, NAD₁ + Carbaryl₁ et NAD₁ + ANA₁ ont donné une proportion élevée en corymbes à 1 seul fruit. Le tableau 4 nous permet de faire le classement des traitements selon leur efficacité. Par exemple, la proportion de corymbes à 1 et 2 fruits (cumulée) est de 79% pour TEM, 89% pour NAD₁ + ANA₁ et 91% pour NAD₁ + Carbaryl₁, alors qu'elle varie de 22 à 58% pour les autres traitements.

Pour la variété "Ozark Gold", l'analyse statistique a montré que les traitements ont augmenté de manière significative le nombre de corymbes à 1 et 2 fruits comparativement au TNE, avec un effet plus marqué pour NAD₁ + ANA₁, TME, ANA₂, NAD₁ + Carbaryl₁ (>80%), suivis du Carbaryl₂, DNOC₁ + ANA₁ et du DNOC₁ + Carbaryl₁ (>63%),

puis NAD₂ (58%) et DNOC₁ (51%) et en dernier le témoin non éclairci (33%). Ceci serait un indice d'une bonne répartition des fruits sur les arbres traités.

Ces résultats nous permettent de tirer les enseignements suivants:

* Le nombre de fruit par inflorescence à la fin des chutes est significativement plus élevée sur les arbres témoins que les arbres traités.

* À côté d'un effet d'ensemble sur la réduction du nombre total de fruits par rapport au TNE, les différents traitements ont augmenté le taux des corymbes ayant conservé 1 ou 2 fruits, ce qui a pour conséquence une répartition plus régulière des fruits sur l'ensemble de l'arbre. Ces résultats concordent avec ceux obtenus sur "Golden Delicious" (Perraudin *et al.*, 1979; Pfammatter, 1978) et sur "Golden Smoothee" (Ennassiri, 1988; Ouazzani, 1986).

3. Effet sur le rendement et le calibre

L'analyse des résultats met en évidence l'effet des traitements sur le rendement et la répartition des calibres, avec une différence hautement significative pour les 2 paramètres (Tableau 5).

Tableau 5. Effets des traitements d'éclaircissage sur le rendement (kg/Arbre) et le calibre (%) des variétés de pommier "Golden Smoothee" et "Ozark Gold"

Traitement	Rendement (kg/arbre)	Calibre (%)	
		≥ 65 mm	< 65 mm
1. "Golden Smoothee"			
DNOC ₂	67a	34e	66
DNOC ₁ + ANA ₁	59bc	57cd	43
DNOC ₁ + Carbaryl ₁	57bc	58cd	42
NAD ₂	64ab	52d	48
NAD ₁ + ANA ₁	47d	78a	22
NAD ₁ + Carbaryl ₁	46d	80a	20
ANA ₂	54cd	64bc	36
Carbaryl ₂	57bc	68b	32
TEM	51cd	69b	31
TNE	70a	30a	70
2. "Ozark Gold"			
DNOC ₂	52a	44f	56
DNOC ₁ + ANA ₁	50ab	64d	36
DNOC ₁ + Carbaryl ₁	47bc	68cd	32
NAD ₂	51a	57e	43
NAD ₁ + ANA ₁	41e	87a	13
NAD ₁ + Carbaryl ₁	43de	82a	18
ANA ₂	46cd	75b	25
Carbaryl ₂	47be	74bc	26
TEM	47bc	72bc	28
TNE	52a	32g	68

La comparaison des moyennes fait ressortir 4 groupes homogènes avec notamment les rendements les plus élevés pour le TNE, DNOC₂ et NAD₂ et les plus bas pour NAD₁ + Carbaryl₁, NAD₁ + ANA₁, TEM, ANA₂ et Carbaryl₂.

Concernant les résultats de calibrage des fruits (calibre > 65 mm), les meilleures réponses ont été obtenues par les traitements NAD₁ + Carbaryl₁ (80%), NAD₁ + ANA₁ (78%), TEM (69%), Carbaryl₂ (68%) et ANA₂ (64%). Par contre, TNE a entraîné des proportions élevées en petit calibre (70%) contre 66% pour DNOC₂, 48% pour NAD₂, 43% pour DNOC₁ + ANA₁ et 41% pour DNOC₁ + Carbaryl₁.

Pour la variété "Ozark Gold" les résultats obtenus montrent que pratiquement tous les traitements ont provoqué une diminution significative du rendement à l'exception du DNOC₂, DNOC₁ + ANA₁ et NAD₂.

Le groupe de traitement ayant occasionné la baisse de rendement la plus importante est constitué de NAD₁ + ANA₁, NAD₁ + Carbaryl₁ et ANA₂ avec respectivement 20, 17 et 12%.

Le tableau 5 traduit la répartition des proportions de calibres obtenus par chaque traitement. Il montre notamment la supériorité du NAD₁ + ANA₁, NAD₁ + Carbaryl₁ avec des taux respectifs de production en calibre \geq à 65 mm de 87 et 82%. Par contre, TNE, DNOC₂ et NAD₂ ont accusé des pourcentages élevés en petits fruits avec respectivement 68, 56 et 43 % du rendement obtenu ayant un calibre inférieur à 65 mm.

L'ajustement des 2 paramètres (rendement et calibre) permet de remarquer que ce sont les traitements qui ont donné les rendements les moins élevés qui ont abouti aux pourcentages les plus importants en calibre désiré (\geq 65mm). Toutefois, si on se limite à une analyse séparée des rendements et des calibres obtenus, le choix d'un traitement donné reste difficile à cause de la corrélation négative existant entre ces 2 paramètres. Pour pallier ce problème, on a introduit les différents indices R, P et G (Tableau 6) qui présentent l'intérêt de combiner les 2 facteurs calibre et rendement en une seule valeur (indice global G) traduisant la finalité de l'éclaircissage. Cet indice global (G) donne le classement des différents traitements en fonction de leur efficacité c'est à dire leur potentiel à permettre d'atteindre un pourcentage élevé en

calibre souhaité (\geq 65mm) avec un rendement satisfaisant. Ainsi, les meilleurs résultats ont été obtenus pour "Golden Smoothee" avec des valeurs de G de 3,19 pour les traitements NAD₁ + Carbaryl₁, 2,97 pour NAD₁ + ANA₁, 2,51 pour Carbaryl₂, 2,31 pour TEM et 2,16 pour ANA₂.

Pour "Ozark Gold" l'utilisation de l'indice global (G) a donné le classement des traitements selon leur efficacité d'éclaircissage (Tableau 6). Ainsi, l'éclaircissage le plus satisfaisant est donné, dans l'ordre décroissant, par NAD₁ + ANA₁ (G = 5,93), NAD₁ + Carbaryl₁ (G=4,61), ANA₂ (G=3,52) et Carbaryl₂ (G=3,43).

Tableau 6. Comparaison des traitements d'éclaircissage des variétés du pommier "Golden Smoothee" selon les indices de calibre (R), de production (P) et Global (G)

Traitement	P.m (kg/ arbre)	I.c R	I.p P	I.g G	C.
1. "Golden Smoothee"					
DNOC ₂	67	1,50	0,95	1,43	9
DNOC ₁ + ANA ₁	59	2,30	0,83	1,91	7
DNOC ₁ + Carbaryl ₁	57	2,42	0,81	1,96	6
NAD ₂	64	2,06	0,90	1,85	8
NAD ₁ + ANA ₁	47	4,44	0,67	2,97	2
NAD ₁ + Carbaryl ₁	46	4,91	0,65	3,19	1
ANA ₂	54	2,80	0,77	2,16	5
Carbaryl ₂	57	3,10	0,81	2,51	3
TEM	51	3,17	0,73	2,31	4
TNE	70	1,42	1,00	1,42	10
2. "Ozark Gold"					
DNOC ₂	52	1,77	0,99	1,75	9
DNOC ₁ + ANA ₁	50	2,78	0,95	2,64	7
DNOC ₁ + Carbaryl ₁	48	3,08	0,91	2,80	6
NAD ₂	51	2,30	0,98	2,25	8
NAD ₁ + ANA ₁	41	7,41	0,80	5,93	1
NAD ₁ + Carbaryl ₁	43	5,56	0,83	4,61	2
ANA ₂	46	4,00	0,88	3,52	3
Carbaryl ₂	47	3,77	0,91	3,43	4
TEM	47	3,51	0,90	3,16	5
TNE	52	1,47	1,00	1,47	10

P.m : Poids moyen ; I.c : Indice de calibre ;
I.p : Indice de production ; I.g : Indice global
G=RxP ; C. : Classement selon G

On doit noter particulièrement l'efficacité et l'intérêt des deux traitements séquentiels NAD₁ + Carbaryl₁ et NAD₁ + ANA₁ dont les résultats confirment ceux obtenus dans d'autres études sur "Golden Delicious" (Ferre, 1979; Ouazzani, 1986;

Ennassiri, 1988; Trillot *et al.*, 1990). Cette efficacité est due aux actions conjuguées et complémentaires des deux produits constituant la séquence. Le NAD est particulièrement intéressant par son effet sur le bois d'un an qui constitue le principal support des petits fruits (Lespinasse, 1970; Ferre, 1979; Edgerton & Williams, 1981; Villeneuve *et al.*, 1990). 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 également des calibres indésirables.

CONCLUSION

L'éclaircissage de la "Golden" nous semble être d'une nécessité absolue. Il se justifie par le souci des arboriculteurs à obtenir des fruits de bon calibre. Les résultats de cette série de traitements ont montré encore une fois l'effet bénéfique de l'éclaircissage. Ils ont également mis en évidence la supériorité du NAD₁ (50ppm) + Carbaryl₁ (700 ppm) et du NAD₁ (50ppm) + ANA₁ (10ppm). Les séquences contenant le DNOC n'ont pas abouti aux résultats escomptés.

Les résultats d'éclaircissage les plus satisfaisants sur "Ozark Gold" ont été obtenus par NAD₁ + ANA₁ et NAD₁ + Carbaryl₁. Les 2 traitements ANA₂ et Carbaryl₂ ont été également plus intéressants que l'intervention manuelle (TEM). En raison de la faible connaissance du comportement de cette nouvelle variété vis-à-vis du phénomène d'alternance dans les conditions agro-climatiques de la région de Meknès, d'une part, et des résultats satisfaisants des traitements simples post-floraux (ANA₂ et Carbaryl₂), d'autre part, nous jugeons qu'une intervention précoce de l'opération d'éclaircissage n'est pas obligatoire. Dans un premier temps, on peut se limiter à appliquer un seul traitement simple à l'aide d'ANA ou de Carbaryl quitte à modifier le programme d'action par la suite si ceci s'avérerait nécessaire.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Cassagnes P. (1974) Contribution à l'étude de la fructification et ses répercussion biochimiques chez le pommier. Thèse de Doctorat d'État, Univ.P.Sabatier,Toulouse 106p.
- Edgerton L.J. & Williams M.W. (1981) Chemical thinning of apples. *Hort Science* 30 : 319-343
- Ennassiri S. (1988) Contribution à un programme d'éclaircissage chimique séquentielle de plusieurs produits sur le pommier. Mémoire de fin d'études ENA de Meknès 38p.
- Ferre G. (1979) Contrôle de l'action de deux substances chimiques d'éclaircissage NAD et ANA sur "Golden Delicious" en fonction des caractéristiques et de la position des inflorescences sur l'arbre. *Arbo.Fruit.* 303 : 27-36
- Gautier M. (1972) L'éclaircissage des arbres fruitiers. *Arbo.Fruit.* 217: 45-55
- Gautier M. (1979) La culture du pommier. *Arbo.Fruit.* 301:41-53
- Gautier M. (1981) Quelques considérations sur la fructification des arbres fruitiers et la taille des arbres fruitiers à pépins. *Arbo.Fruit.* 324:47-61
- Grauslund D.J. (1981) Chemical thinning of the apple cultivar "Summer Red" with NAA and Carbaryl. *Acta Hort.* 120 : 77-82
- Harley C.P., Moon H.H. & Regeombal L.O. (1958) Evidence that post-bloom apple thinning sprays of Naphthaleneacetic acid increase blossom bud formation. *Proc.Amer.Soc.Hort.Sci.* 72 : 52-56
- Huet J. (1972). Etude des effets des feuilles et des fruits sur l'induction florale des brachyblastes du poirier. *Physiol.Veg.* 10(3) : 529-545
- Hugard J. (1962) Essais d'éclaircissage chimique des fleurs ou des jeunes fruits sur le pêcher et le pommier. *Ann.Amelior.Plantes* 12(3) :197-214
- Hugard J. & Vidaud J. (1985) L'éclaircissage du pommier. *Compte rendu du groupe de travail plantes ligneuses de la Commission Substances de Croissance de l'ANPP.* 7pp
- Lespinasse J.M. (1970) Variation du calibre des fruits de "Golden Delicious" en fonction des caractéristiques et de la position des inflorescences sur l'arbre. *Bull.Tech.Info.* 259 : 365-381
- Lezec M. (1978) Les variétés de pommier. *Journées Fruitières d'Avignon Montfavet*
- Looney N.E. (1979) Some effects of gibberellins GA4+7 plus Benzyladenine on fruit weight, shape, quality, Ca content, and storage behavior of "Spartan" apple. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 104(3) : 389-391
- Mahhou A. & Haddouni D. (1993) L'éclaircissage du pommier (*Malus domestica L*) *Rev. Res. Amelior. Prod. Agr. Milieu Aride* 5:163-190

Ouazzani N. (1986) Contribution à un programme d'éclaircissage chimique séquentielle de plusieurs produits sur le pommier. Mémoire de 3ème Agronomie Option Horticulture IAV Hassan II 95p.

Perraudin G., Evequoz M. & Rapillard C. (1979) L'éclaircissage des fruits. *Rev. Suisse Viti. Arbo.* 11(3):64-68

Pfammatter W. (1978) Chemical thinning of the "Delicious" cultivars. *Acta Hort.* 80 : 279-282

Robitaille H.A., Emmerson F.H. & Yu K.S. (1977) Thinning apples with Ethylene-releasing chemicals. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 102 :595-598

Trillot M., Guigneault P. & Lavoisier C. (1990) Pommier. L'éclaircissage chimique. *CTIFL Infos.* 65 : 17-22.

Villeneuve F., Ferre G. & Blanc R. (1990) Pommier. Mieux comprendre l'éclaircissage chimique. *CTIFL Infos.* 62 : 15-19

Williams M.W. (1979) Chemical thinning of apples. *Hort. Rev.* 1: 270-300