

Phénologie et fructification du pommier en zone à hivers doux (Maroc)

Ahmed Oukabli*
Mohamed Laghezali
Abdelhak Chahbar

Programme Arboriculture
fruitière, Inra,
3, esplanade du Dr.-Giguet,
Meknes, Maroc

Phenology and fruiting of apple in a zone with mild winters (Morocco).

Abstract — Introduction. The success of apple growing in upland zones in Morocco has encouraged the extension of the crop to other parts of the country. This has been done by transposing cropping models without taking into account the specific features of the environment, in particular for the choice of suitable plant material. **Materials and methods.** The evaluation of 27 varieties of apple introduced in Morocco and grown in a region with mild winters was performed on the basis of phenological characterisation and the counting of fruiting organs. **Results.** The apple varieties tested displayed different behaviour revealed by the progress of phenological stages, leaf fall, bud burst period and flowering date, and by the formation of the fruiting organs. The differences would seem to be related to the genetic and ecological origin of the varieties. **Discussion and conclusion.** The absence of low temperatures affected the progress of the phenological stages and the growth of fruiting organs in the least suitable varieties. An appropriate choice of plant material is essential for the establishment of commercial orchards. The varieties 'Anna', 'Black Stayman', 'Einschiemer' and 'Vistabella' were found to be the most suitable for zones with mild winters. (© Elsevier, Paris.)

Morocco / *Malus* / plant physiology / phenology / fruiting

Phénologie et fructification du pommier en zone à hivers doux (Maroc).

Résumé — Introduction. La réussite de la culture du pommier en zone d'altitude au Maroc a encouragé son extension à d'autres régions du pays. Celle-ci s'est faite par transposition de modèles de cultures, sans tenir compte des spécificités du milieu, notamment pour le choix de matériel végétal adapté. **Matériel et méthodes.** L'évaluation de 27 variétés de pommier, conduites en région à hivers doux, a été faite sur la base d'une caractérisation phénologique et du comptage des organes de production. **Résultats.** Les variétés de pommier testées ont eu des comportements différents révélés par le déroulement des stades phénologiques – date de chute des feuilles, époque du débourrement, date de floraison – ainsi que par la formation des organes de production. Ces différences seraient en relation avec l'origine génétique et écologique des variétés. **Discussion et conclusion.** La déficience en basses températures a affecté le déroulement des stades phénologiques et la production d'organes fructifères chez les variétés les plus mal adaptées. Pour la mise en place de vergers commerciaux, un choix adéquat du matériel végétal s'impose. En zone à hivers doux, les variétés Anna, Black Stayman, Einschiemer et Vistabella se sont révélées les plus aptes à s'accommoder. (© Elsevier, Paris.)

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 20 mai 1997
Accepté le 19 janvier 1998

Fruits, 1998, vol. 53, p. 105–117
© Elsevier, Paris

RESUMEN ESPAÑOL, p. 117

Maroc / *Malus* / physiologie végétale / phénologie / fructification

1. introduction

Au cours des dernières années, la culture du pommier a connu une extension considérable au Maroc. De 1982 à 1992, les superficies plantées sont passées de 8 800 ha à 27 000 ha, avec un rendement moyen de l'ordre de 13,4 t·ha⁻¹. Les premiers vergers commerciaux de pommiers ont été créés en zones de montagne où les conditions sont favorables au développement et à la fructification de l'espèce. Leur rentabilité a encouragé l'extension de la culture à d'autres régions cependant moins propices du fait de températures minimales ne descendant pas assez bas pour induire la floraison. Ce développement des vergers de pommiers a été réalisé par une simple transposition des modèles de culture, sans adaptation des techniques et variétés à ces zones écologiquement différentes. Cela a engendré des problèmes d'acclimatation du matériel végétal.

Le profil variétal, qui concernait, au Maroc, les cultivars Golden delicious, Starking delicious et Starkrimson en particulier, ne cesse de s'élargir à d'autres génotypes, pour répondre à des préoccupations d'étalement du calendrier de production ou d'introduction de variétés moins exigeantes en froid. Cependant, ces nouvelles variétés ont été plantées en vergers sans étude préalable de comportement.

Les températures minimales enregistrées au Maroc varient fortement en fonction des régions et des années [1] ; cela constitue un facteur limitant pour une extension de la culture qui s'appuierait sur l'exploitation des variétés traditionnelles. Les facteurs climatiques, et le froid en particulier, conditionnent la levée [2, 3] et l'intensité [4] de dormance des bourgeons. Chez le pommier cv. Golden delicious exploité dans la région de Meknès, cette dormance est peu profonde, mais difficile à surmonter [5]. Par ailleurs, à partir de l'étude du comportement de cultivars, menée en

conditions d'environnement semblables à celles du Maroc, la durée de la dormance chez le pommier est apparue variable [6]. Ces variations compliquent l'estimation des besoins en froid des arbres et, par conséquent, gênent la recherche d'une meilleure adéquation « variété—région ».

Plusieurs travaux ont déjà été publiés sur le comportement du pommier en zones tempérées et tropicales. Dans une zone de transition telle que l'est le Maroc, l'évaluation du comportement d'un ensemble de variétés – classiques ou à faible ou fort besoin en froid – pourrait permettre de mieux comprendre les mécanismes en jeu et les limites de leur adaptation. Une telle étude, qui devrait permettre également de choisir des variétés de pommiers adaptées à la culture dans ces zones ou d'élaborer une base de données exploitable lors de futurs programmes de création variétale, a donc été entreprise.

2. matériel et méthodes

Les observations réalisées ont porté sur 5 années (1987–1991).

2.1. matériel végétal

La création de nouvelles variétés de pommier, qui seraient adaptées au contexte local, se heurte à la complexité du matériel végétal et à la longueur du processus d'amélioration de l'espèce, dont la durée minimale est évaluée à 16 années [7]. À cause de cela, l'amélioration variétale du pommier au Maroc repose, à l'échelle nationale, sur l'évaluation d'introductions de génotypes créés dans des pays étrangers [8, 9].

Les introductions étudiées lors de ces travaux ont porté sur 27 variétés (*tableau 1*) qui ont été installées en collection sur le domaine expérimental de l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) à Ain Taoujdate au Maroc, où les hivers sont relativement doux. Les arbres ont été greffés sur la

variété EM 26 et plantés en 1982. Chaque variété a été représentée par 20 arbres conduits en axe central à une densité de 4×2 m.

Parmi les différents modèles d'estimation des besoins en froid existants, nous avons opté pour celui de sommation des températures inférieures à $7,2$ °C qui permet des calculs faciles. Bien que peu précis car ne tenant compte ni de l'efficacité des températures supérieures et inférieures à $7,2$ °C, ni des effets négatifs des hautes températures, ce modèle a été largement utilisé pour estimer les besoins en froid de plusieurs espèces [10].

Les températures et la pluviométrie ont été relevées afin de caractériser les conditions climatiques du site expérimental (*tableau II*). Les quantités de froid disponibles durant la période de l'expérimentation ont été calculées en utilisant la formule : $[(7,2-m) \cdot (M-m)] \cdot 24$, où m et M sont respectivement les températures minimales et maximales journalières en °C [11].

Pendant les 5 années d'observation, la durée moyenne annuelle de températures inférieures à $7,2$ °C a été de 670 h, mais cette valeur a varié significativement d'une année à l'autre. Les basses températures ont été observées, en

Tableau I.

Origine des variétés de pommiers étudiées pour leur comportement dans les conditions climatiques du Maroc.

N°	Variétés	Origine	
		Géographique	Génétique
1	Topred	États-Unis	Mutant de Shotwell delicious
2	Golden Smoothee	États-Unis	Mutant naturel Golden delicious
3	Red Chief	États-Unis	Mutant Starkrimson
4	Jonnee	États-Unis	Mutant Blackjon
5	Anna	Israël	Golden delicious × Red Adasyia
6	Gloster	Allemagne	Richard d. × Pomme cloche
7	Akane	Japon	Jonathan × Worcester Pearmain
8	Ein Schiemer	Israël	Golden delicious × Red Adasyia
9	Gala	Nouvelle-Zélande	Kidd's Orange red x Golden delicious
10	T.E. Worcester	Angleterre	Red Mac Intosh × Worcester Pearmain
11	Summer red	États-Unis	Mac Intosh x Golden delicious
12	Charden	France	Golden delicious × Reinette Clochard
13	Belchard	France	Golden delicious × Reinette Clochard
14	Lysgolden	France	Mutant Golden delicious
15	Ozarkgold	États-Unis	Golden d. × (Red delicious × B.D. × Jonathan)
16	Prima	États-Unis	
17	Paulared	États-Unis	Semis de Mac Intosh
18	Idared	États-Unis	Jonathan × Wagener
19	Golden delicious	États-Unis	Semis du hasard
20	Black Stayman	États-Unis	Mutant de Stayman Winesap
21	Melrose	États-Unis	Jonathan × delicious
22	Jerzeymac	États-Unis	Julyred, Melba, Wealthy, Starr, Red Rome
23	Mutsu	Japon	Golden delicious × Indo
24	Goldchar	France	Golden delicious × Reinette Clochard
25	Vistabella	États-Unis	Melba, Early Mc Intosh et autres
26	Querina Florina	France	Jonathan × 612.1
27	Goldjon	Italie	Golden delicious × Jonathan

Tableau II.

Données moyennes de températures et de pluviométrie caractérisant le site expérimental de l'Inra à Aïn Taoujdate au Maroc.

Mois	Température moyenne (°C)		Qf ¹	Hauteur de pluie (mm)	Nombre de jours de gelée
	Minimale	Maximale			
Janvier	4,2	16,1	246	49	10
Février	5,5	16,7	108	66	3
Mars	6,5	19,1	60	47	1
Avril	7,8	19,8	0	56	0
Mai	10,1	24,0	0	32	0
Juin	14,8	28,9	0	4	0
Juillet	17,9	34,5	0	1	0
Août	18,3	33,3	0	0	0
Septembre	14,0	30,4	0	13	0
Octobre	11,3	24,7	0	31	0
Novembre	8,0	19,9	182	65	0
Décembre	4,6	15,8	287	59	8

¹ Qf = nombre d'heures où la température est inférieure à 7,2 °C.

général, à partir de la deuxième moitié du mois de novembre et ont persisté, essentiellement, du mois de décembre au mois de février.

2.2. paramètres observés

Les observations ont porté sur la période de chute des feuilles, les dates de débourrement et de floraison, ainsi que sur la nature et l'abondance des organes de fructification.

2.2.1. date de la chute des feuilles

La chute des feuilles a été considérée totale à partir du moment où l'arbre avait perdu 95 % de ses feuilles. Cet état a été apprécié, visuellement, sur la totalité des arbres de l'essai. Pour la détermination de la date moyenne de chute des feuilles et de débourrement, c'est le numéro du jours dans l'année qui a servi à effectuer les calculs.

2.2.2. période d'inactivité apparente

La période séparant la date de chute des feuilles et celle du débourrement a été appelée « période d'inactivité apparente ». Elle a été exprimée en jours.

2.2.3. date du débourrement

Le débourrement, également apprécié de façon visuelle sur la totalité des arbres, a été considéré comme effectif à partir du moment où 50 % des bourgeons ont été observés au stade A de Flekinger.

2.2.4. date de floraison

Les stades repérés ont été les suivants :

- le stade de début floraison, stade H de Flekinger, atteint dès que les premières fleurs sont ouvertes,
- le stade de pleine floraison, stade I de Flekinger, observé lorsque 50 % des fleurs situées sur le bois de plus d'un an sont ouvertes,
- le stade de fin floraison, stade J de Flekinger, atteint dès que les fleurs ont perdu 90 % de leurs pétales.

Le décalage moyen d'une année à l'autre a été déduit du relevé des dates du stade de pleine floraison.

2.2.5. support de fructification

Les observations des supports de fructification constitués par les dards,

lambourdes, bourses et brindilles, tels qu'ils sont définis par Lespinnasse [12], ont été effectuées pendant 2 années consécutives. Pour chacune des variétés, 15 rameaux ont été choisis aléatoirement sur trois arbres, chacun de ces rameaux étant constitué de bois de 1, 2 et 3 ans. Les organes de reproduction ont été comptés individuellement sur chaque type de bois et les résultats ont été rapportés au mètre linéaire (mL). Les données obtenues ont été soumises à une analyse factorielle des correspondances (AFC) qui a permis de regrouper

les variétés en fonction de leur aptitude à produire tel ou tel organe fructifère particulier.

3. résultats

3.1. caractères phénologiques

3.1.1. date de la chute des feuilles

La chute des feuilles des pommiers observés au cours de l'expérimentation a eu lieu, en moyenne, vers le 15 jan-

Tableau III.

Caractéristiques du débourrement (DBOUR) et de la chute des feuilles (CDFEU) de variétés de pommiers étudiés dans les conditions climatiques du site expérimental Inra d'Aïn Taoujdate au Maroc.

Variétés	Date moyenne de CDFEU	Durée de CDFEU (d)	Décalage moyen annuel de la chute totale des feuilles (d)	Date moyenne de DBOUR	Décalage moyen annuel du DBOUR (d)	Intervalle CDFEU/DBOUR (d)
Akane	9/1	41	11	29/3	8	79
Anna	28/1	49	8	14/2	7	16
Black Stayman	11/1	36	12	27/3	8	75
Belchard	19/1	45	4	2/4	10	73
Charden	21/1	47	4	26/3	4	64
Einscherner	19/1	50	6	22/2	8	33
Gala	15/1	46	3	21/3	9	66
Gloster	20/1	39	8	2/4	3	72
Golchard	14/1	37	5	22/3	5	67
Golden Smoothie	17/1	40	8	27/3	9	69
Golden delicious	13/1	32	5	28/3	8	74
Goldjon	21/1	46	2	24/3	6	62
Idared	26/1	46	7	21/3	10	54
Jerzeymac	6/1	36	7	23/3	6	76
Jonnee	15/1	37	7	21/3	8	65
Lysgolden	13/1	39	5	10/4	10	87
Melrose	13/1	42	5	25/3	10	71
Mutsu	13/1	36	5	22/3	7	68
Ozakgold	21/1	43	12	26/3	9	64
Paulared	31/12	30	8	29/3	12	88
Prima	21/1	43	12	28/3	7	66
Red Chief	13/1	44	9	25/3	5	71
Summer Red	13/3	37	5	28/3	8	74
Topred	7/1	40	13	27/3	7	79
Vistabella	10/1	33	3	21/3	8	70
Worcester	16/1	42	6	26/3	6	69
Moyenne	15/1	41	7	24/3	8	67

vier. Cette période a duré environ 41 d, avec, cependant, un décalage moyen d'une année à l'autre, estimé à 1 semaine (*tableau III*). Pour toutes les variétés, la chute des feuilles est intervenue entre le début – pour la variété Paulared – et la fin – pour la variété Anna – du mois de janvier ; selon la variété, elle s'est étalée sur 30 à 50 d. Pour les variétés Akane, Black Stayman, Lysgolden, Ozarkgold et Topred l'époque de la chute des feuilles a varié de façon importante – jusqu'à 12 d – d'une année à l'autre, alors que les variétés Gala, Goldjon et Vistabella ont montré plus de stabilité.

La chute des feuilles intervient quand les arbres ont reçu environ 212 à 400 h de températures inférieures à 7,2 °C. Les différences observées d'une variété à l'autre seraient liées à leur capacité à répondre à divers facteurs exogènes tels que, notamment, les amplitudes thermiques, le photopériodisme court et la baisse des températures. Certaines variétés comme Black Stayman, Prima et Ozarkgold, qui ont présenté un décalage interannuel pouvant atteindre 12 d, présenteraient dans ce contexte la plus grande sensibilité aux changements de facteurs climatiques.

Pour un arbre donné, ce sont les feuilles portées par le vieux bois qui sont tombées les premières. Les rameaux de l'année, situés en position verticale, n'ont perdu leurs feuilles que plus tard dans la saison. Cette observation conforte l'hypothèse d'une possible relation entre la chute des feuilles et le rythme de croissance d'une espèce tempérée, cultivée en zones à hivers doux.

3.1.2. période d'inactivité apparente

La période moyenne séparant la chute des feuilles et le débourrement a été de 67 d (*tableau III*). La durée de cette période, qui a varié selon les variétés, est un premier indice de l'importance des exigences en froid requis par chacune des variétés. Ainsi, Anna et Einschemer, qui ont présenté les périodes les plus courtes – 16 et 33 d, respectivement, pour la première et la seconde

variété – se confinent être bien adaptées à des conditions douces, ce que Hauagge et Cummins [6] avaient déjà signalé. Par opposition, Lysgolden et Paulared – 87 et 88 d – auraient des exigences en froid très élevées. La variabilité de comportement observée sur l'ensemble des variétés testées serait en relation avec les diverses origines génétiques et écologiques de ces variétés.

3.1.3. date de débourrement

La chute précoce des feuilles n'a pas systématiquement induit un débourrement précoce. Ce phénomène s'est produit à partir de la deuxième moitié du mois de mars, excepté pour les variétés Anna et Einschiemer qui ont débourré dès la mi-février. Les variétés Akane, Belchard, Gloster, Lysgolden, Paulared et Prima ont été les variétés les plus tardives à débourrer. Cependant, le déroulement de ce stade phénologique s'est produit d'une manière hétérogène et, excepté pour la variété Gloster, le décalage interannuel a souvent atteint plus d'une semaine. Cela témoignerait de besoins thermiques élevés pour la plupart de ces variétés. Pour les variétés Anna et Einschiemer, ces besoins ont été satisfaits plus tôt, d'où l'observation d'un débourrement précoce et homogène.

3.1.4. date de floraison

La floraison des variétés étudiées en collection a eu lieu entre le mois de février – pour la variété Anna – et le mois de mai – pour la variété Gloster. Pour la plupart des arbres, cependant, elle s'est produite pendant le mois d'avril (*figure 1*). Pour une variété donnée, une légère variation a pu être observée d'une année à l'autre. Les variétés Anna et Einschiemer ont eu les floraisons les plus précoces, mais, bien qu'elles se soient situées en période à risque de gelée, aucun dégât n'a été observé.

Le diagramme de floraison montre trois vagues de floraison (*figure 1*). La première située en fin d'hiver est consti-

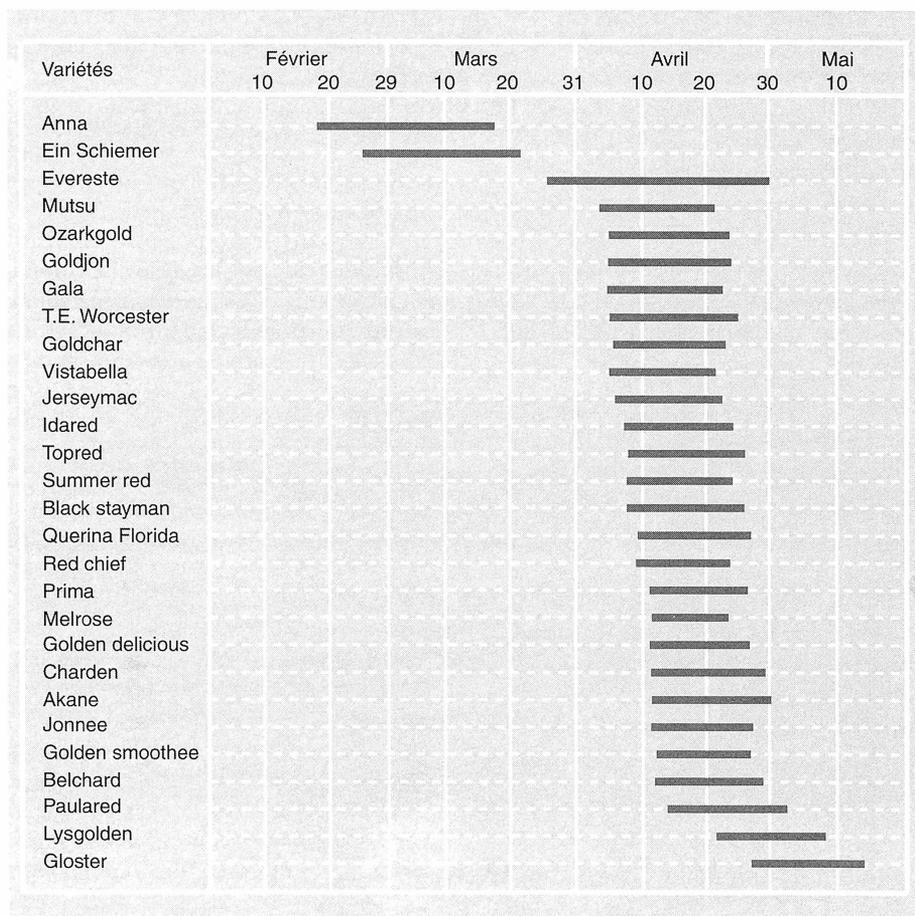
**Figure 1.**

Diagramme de floraison des variétés de pommiers au Maroc. Le génotype Evereste mentionné sur ce diagramme donne des fruits non comestibles ; il est utilisé comme pollinisateur du pommier du genre *Malus*.

tuée par la floraison des variétés Anna et Einschemer évoquées précédemment ; ces variétés ont des périodes de floraison qui se chevauchent partiellement. La seconde vague de floraison s'est produite en avril et semble être homogène ; elle concerne la quasi-totalité des variétés. Le chevauchement de leur période de floraison ne présente pas de problème. La dernière vague de floraison, plus étalée, a concerné les variétés Gloster, Lysgolden et Paulared ; elle s'est prolongée jusqu'au mois de mai.

Les premières fleurs à apparaître ont été celles issues de boutons floraux couronnant les brindilles, et celles produites à partir des bourgeons latéraux

portés par les rameaux d'un an. Les coursonnes ont fleuri ensuite.

La floraison a duré en moyenne 14 d pour Gloster, Golden Smoothee, Lysgolden, Paulared, Melrose et Red Chief et 34 d pour Evereste. Les autres variétés ont eu une période de floraison d'une vingtaine de jours. Les variétés à floraison tardive – Charden, Gloster, Melrose Lysgolden, Paulared – ont présenté une faible floribondité. Des bouquets de fleurs ont été observés pendant le mois de mai constituant, ainsi, une autre vague de floraison de moindre importance. Cette observation tendrait à prouver que les variétés concernées auraient manqué de froid, ce qui s'est traduit, au moment de la récolte, par une hétérogénéité du calibre.

3.2. support de fructification

Le dénombrement des organes de reproduction constitués par les lam bourdes, les dards, les bourses et les brindilles couronnées peut permettre d'estimer le potentiel de production de chaque variété. Bien que le bois d'1 an ait porté des fleurs, quelle que soit la variété considérée, l'évolution des bourgeons en coursonnes n'a pas eu lieu.

L'évaluation des organes de reproduction présents n'a donc été faite que sur les bois de 2 et 3 ans.

Sauf pour la variété Red Chief, pour laquelle les séquences de coursonnes portées ont constitué un support de fructification important, le bois âgé de plus de 3 ans n'a pas porté de coursonnes directement insérées. La comparaison de la proportion des organes de production portés par du bois âgé de

Tableau IV.

Répartition des organes de production chez les variétés de pommier étudiées dans les conditions climatiques du site expérimental Inra d'Aïn Taoujdate au Maroc (nombre d'organes par mètre linéaire).

Variétés	Bois de 2 ans				Bois de 3 ans				Total ¹	Rendement moyen ² (t·ha ⁻¹)
	Dard	Lambourde	Bourse	Brindille	Dard	Lambourde	Bourse	Brindille		
Akane	16	1	0,5	7	5	1	2,5	2,5	36,0	2,4
Anna	11,5	4,5	10	1,5	16,5	7,5	11,5	2	65,0	19,5
Black Stayman	13	0	1,5	5	6	0	6,5	7,5	38,5	2,4
Belchar	20,5	0	2	2	6,5	1,5	3,5	5	41,0	10,7
Charden	14	5	1,5	3	6	1	2	6	38,5	11,7
Einshiemer	28	2	0	8	29	1	4,5	2,5	75,0	18,2
Gala	16,5	1	3	5,5	11	0,5	4	4,5	46,0	28,4
Gloster	8,5	1,5	0	4	7	2	0,5	3	26,5	6,4
Golchar	8	0	5	7	4,5	0	4	7	35,5	11,7
Golden Smothee	16,5	0,5	0	9,5	11,5	1	1	10	50,0	6,2
Golden delicious	5,5	2,5	2,5	9,5	5	1	3	5,5	34,5	16,2
Goldjon	10,5	0	0,5	5	11	1	0,5	4	32,5	13,6
Idared	30	0	0,5	2,5	8	3	9	3,5	56,9	10,7
Jerzeymac	8,5	1,5	3,5	9,5	8	1	5	4,5	41,5	7,4
Jonnee	14	2,5	2	10	6,5	1,5	1,5	6,5	44,5	2,9
Lysgolden	12	0	2,5	6	10	0,5	0	5	36,0	10,5
Melrose	18	0	0,5	5	14	0,5	1	4	43,0	7,6
Mutsu	13,5	0	1,5	7	11,5	0	10,5	6,5	50,5	12,1
Ozarkgold	9,5	0	0	6,5	6	1	6	7	36,0	17,1
Paulared	9,5	1,5	0,5	4	7,5	0	3,5	3	39,0	2,4
Prima	8	0,5	18,5	2,5	8,5	1	7,5	4	50,5	9,6
Querina F,	17,5	0,5	0	6,5	12	1	6,5	3,5	47,5	12,4
Red Chief	10	7	1	3,5	12	6	3,5	3,5	46,5	3,0
Summer red	19,5	3	4	5	7	0	3	4,5	46,0	4,3
Topred	26	3,5	0	2,5	11,5	8	0,5	4	56,0	14,0
Vistabella	17,5	0	5	4	23	0	10	3	62,5	14,4
Worcester	19	3	0	2,5	9	1,5	3,5	2,5	41,0	4,4
Moyenne	14,7	1,5	2,5	5,3	10,1	1,6	4,5	4,7	45,0	10,4
% par rapport	61,3	6,3	10,4	22	43,3	7,6	21,5	22,5	–	–

¹ Total des organes fructifères portés par 20 cm du bois de 2 ans plus 20 cm du bois de 3 ans.

² Rendement moyen de la neuvième à la dixième année en t·ha⁻¹.

2 et 3 ans a montré des différences importantes entre les variétés (*tableau IV*).

3.2.1. dards

Chez le pommier se développant sous les conditions climatiques d'Aïn Taoujdate au Maroc, le dard, qui a représenté 56 % des organes de production, constitue le support préférentiel de fructification. Le nombre moyen de dards portés par le bois de 2 ans – 15 dards par mètre linéaire – a été plus élevé que celui porté par le bois de 3 ans – 10 dards par mètre linéaire. L'évolution de cet organe observée au cours de la deuxième année de sa formation peut expliquer cette variation d'effectif. La richesse en dards est un caractère variétal. Le nombre total porté par du bois de 2 et 3 ans a été compris entre 10,5 dards pour la variété Golden delicious et 57 dards pour Einschiemer.

Les dards sont souvent insérés directement sur le rameau. Pour les variétés Anna, Jerzeymac, Mutsu et Vistabella, ils ont fréquemment été issus de bourses.

3.2.2. lambourdes

Les lambourdes – 7 % des organes de reproduction – ont été les coursonnes les moins fréquentes, aussi bien sur le bois de 3 ans que sur celui de 2 ans. Les conditions climatiques n'ont donc pas favorisé la transformation de dards en lambourdes. Un nombre moyen de 1,5 lambourdes par mètre linéaire a été observé. Les variétés Anna et Topred ont formé un nombre élevé de lambourdes – 8 par mètre linéaire sur le bois de 3 ans – alors que certaines variétés n'ont en pas eues – Black Stayman, Golchar, Mutsu, Vistabella.

3.2.3. bourses

Pour l'ensemble des variétés, le nombre de bourses, dénombré à la fois sur du bois de 2 ans et 3 ans, a été compris entre 0,5 et 15 bourses par mètre linéaire, respectivement pour les variétés Topred et Vistabella. Les bourses, qui ont représenté 15 % des organes de production, ont été observées, de préfé-

rence, sur le bois de 3 ans et, le plus souvent, elles ont porté des dards. Cependant, les variétés Anna et Prima ont produit un grand nombre de bourses sur les deux types de bois. Chez d'autres variétés, les bourses n'ont été fréquentes que sur le bois de 3 ans – B. Stayman, Idared, Mutsu, Ozarkgold et Querina. Les chapelets qui donnent lieu à des séquences de bourses ont été très rares.

3.2.4. brindilles

Avec 22 % des supports de fructification dénombrés, les brindilles se sont avérées venir en seconde position après les dards. Leur présence a été relativement uniforme sur le bois de 2 ans et sur celui de 3 ans. Les variétés Golchar, Golden delicious, Jonnee, Jerzeymac, Mutsu et Ozarkgold ont produit de nombreuses bulbilles. Selon Hugard [13], la présence de brindilles éviterait souvent l'alternance, lorsque les coursonnes courtes ne sont pas à fruit ; leur fertilité et le développement de leurs fruits seraient meilleurs que ceux des coursonnes plus courtes. Les brindilles prennent souvent naissance à partir des dards. Chez les variétés Gala, Goldjon, Idared et Vistabella, les brindilles ont été directement insérées sur les rameaux. La proportion de celles qui ont été portées par les bourses a été faible pour toutes les variétés. Les bourgeons ou les dards qui ont porté les bourses ont fréquemment évolué en fruits.

3.2.5. analyse des données

L'analyse factorielle des correspondances réalisée a montré que les trois premiers axes suffisaient à expliquer 75 % de variabilité. Le nombre de dards et de lambourdes a été trouvé corrélé à l'axe 1, celui des brindilles à l'axe 3 et celui des bourses à l'axe 2, mais en négatif (*figure 2*). Les variétés ont ainsi pu être regroupées selon l'abondance des organes qu'elles ont présentée (*tableau V*).

Les dards et les brindilles sont des organes communs à toutes les variétés

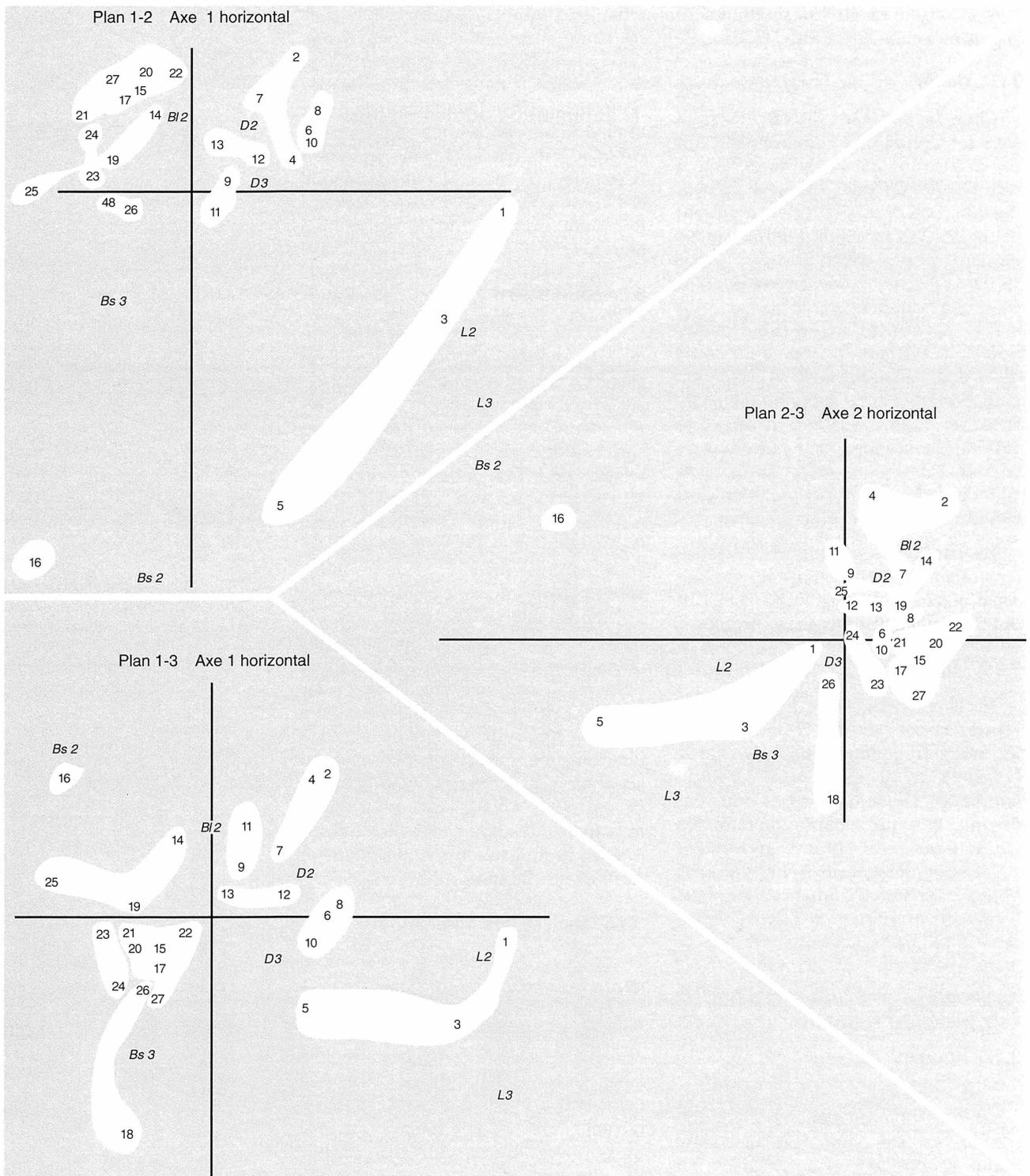


Figure 2.

Représentation schématique de l'analyse factorielle des correspondances réalisée sur les organes de production de variétés de pommiers, testées sous climat à hivers doux au Maroc. Bs = bourse, BI = brindille, D = dard, L = lambourde ; l'indice porté par ces abréviations représente l'âge du bois porteur : 2 = 2 ans, 3 = 3 ans.

Tableau V.

Regroupement de variétés de pommiers, à partir d'une analyse factorielle des correspondances, en fonction de l'abondance des organes fructifères qu'elles produisent dans les conditions climatiques du Maroc.

Numéro du groupe	Variété(s) classée(s) dans le groupe	Caractéristiques du groupe
1	Jezeymac, Mutsu	Production moyenne de dards, brindilles et bourses sur les bois de 2 et 3 ans.
2	Einschiemer, Gloster, Worcester	Bourses et lambourdes rares ou inexistantes, production moyenne à élevée de dards.
3	Idared, Vistabella	Production élevée de dards, moyenne de bourses et faible de brindilles.
4	Gala, Summer red	Bourses et lambourdes rares ou inexistantes, production moyenne à élevée de dards et brindilles.
5	Belchar, Charden	Beaucoup de dards avec une faible proportion de bourses, de brindilles et de lambourdes.
6	Goldjon, Melrose, Ozarkgold, Paulared, Querina, Black Stayman	Production moyenne de dards et brindilles ; bourses et lambourdes rares ou inexistantes.
7	Akane, Golden Smoothee, Jonnee	Production élevée de dards ; bourses et lambourdes rares ; brindilles peu fréquentes.
8	Prima	Production élevée de bourses, moyenne de dards ; brindilles et lambourdes rares ou inexistantes.
9	Anna, Red Chief, Topred	Production très élevée de dards, moyenne de lambourdes et faible de brindilles. Pour la variété Anna uniquement : production élevée de bourses.
10	Golden Delicious, Golchard, Lysgolden	Production moyenne de dards et de brindilles ; bourses et lambourdes : production moyenne à faible.

et ils ont été produits en forte quantité sur les bois de 2 ans et de 3 ans. Les lambourdes et les bourses ont été moins fréquemment observées.

4. discussion et conclusion

Les différentes variétés de pommier testées en climat à hivers doux au Maroc ont eu des comportements différents révélés par le déroulement des stades phénologiques et, notamment, par l'époque du débourrement et la régularité d'expression du phénomène, ainsi que par l'abondance des organes de production. Ces différences sont à mettre en relation avec l'origine génétique et écologique des variétés.

Toutes les variétés ont perdu leurs feuilles tardivement. L'étalement de la période de chute et sa régularité pour-

rait cependant être en relation avec le rythme de croissance et la chronologie de l'apparition des feuilles. L'exemple illustré par la variété Anna pourrait argumenter cette hypothèse : après la récolte des fruits de cette variété qui a lieu à la fin du mois de juin, une deuxième vague de croissance a été observée. Cette reprise d'activité a donné lieu à des feuilles d'âges physiologiquement jeunes dont la sénescence a été tardive. D'autres variétés, telles qu'Einschiemer et Vistabella, à faible besoin en froid et à maturité précoce, ont eu un comportement semblable. La cinétique de chute des feuilles a semblé suivre un gradient allant du vieux bois aux parties jeunes. Les bourgeons des rameaux jeunes entreraient donc en dormance plus tardivement. Dans un même contexte, Zguigal [5] avait déjà montré que la dormance des bourgeons du pommier cv. Golden delicious se produisait tardivement sur le bois jeune.

L'époque du débourrement est liée aux besoins en froid des variétés. Pour un même génotype, la reprise de l'activité végétative se produit tout d'abord sur les spurs, puis sur les bourgeons terminaux des rameaux, qui seraient moins exigeants en froid que les bourgeons latéraux [14]. Le débourrement retardé des bourgeons terminaux pourrait traduire un phénomène d'inhibition corrélative et conduire à l'installation de la dominance apicale. Celle-ci favoriserait la formation de pousses vigoureuses plutôt que le développement des spurs qui constituent un support potentiel de production. Ce schéma d'évolution caractériserait les variétés mal adaptées, ayant des arbres dégarnis de support de fructification.

La répartition des organes de production a montré que, quelle que soit la variété, les dards et les brindilles constituent le support préférentiel de fructification. Exception faite de la variété Prima, les bourses n'ont été produites en proportions élevées que sur le bois âgé de 3 ans ; les lambourdes ont été les moins fréquentes quel que soit l'âge du bois. En revanche, les brindilles ont été assez fréquentes aussi bien sur le bois âgé de 2 ans que sur celui de 3 ans. Ce comportement serait typique du pommier en zone de moyenne altitude où le froid est insuffisant pour satisfaire les exigences de l'espèce. Des travaux antérieurs [15], menés sur certains des cultivars de la collection, étudiés lors de ces travaux, mais conduits en zone d'altitude, ont montré que la production de coursonnes était plus importante en vergers d'altitude où les disponibilités en froid étaient alors plus élevées.

Le comptage des organes de production pour chaque variété permet donc de juger ses possibilités de fructification. Une déficience en support de fructification (spurs) serait liée à une mauvaise adaptation variétale aux conditions du milieu. Dans ce contexte, les variétés Anna, Black Stayman, Einschiemer et Vistabella seraient mieux acclimatées que Gloster et Paulared dont les difficultés d'adaptation se manifestent par

une faible capacité de production d'organes de fructification.

Dans une région où il y a une déficience en basses températures, le déroulement des stades phénologiques et l'abondance des organes fructifères sont plus affectés chez les variétés les plus mal adaptées. La nécessité de cultiver le pommier en dehors de zones à climat favorable impose de choisir des variétés les moins exigeantes en froid, pouvant s'accommoder à un milieu moins propice ; les variétés Anna, Einschiemer et Vistabella pourrait répondre à de telles contraintes. Cependant, si d'autres considérations que l'aptitude des arbres à fleurir prévalaient, telle que la recherche d'une certaine qualité ou d'une meilleure aptitude à la conservation des fruits, les efforts devraient alors s'orienter vers la mise au point d'un procédé agrotechnique ou chimique qui pourrait se substituer au manque de froid.

références

- [1] Zguigal Y., Chahbar A., Carte des heures de froid au Maroc, *Alawamia* 80 (1993) 161–171.
- [2] Champagnat P., Dormance des bourgeons chez les végétaux ligneux, in: *Les végétaux et le froid*, Hermann, Paris, 1992, pp. 203–262.
- [3] Crabbé J., Dormancy, in: *Encyclopedia of Agricultural Science*, vol.1, 1994, pp. 597–611.
- [4] Champagnat P., Quelques réflexions sur la dormance des bourgeons des végétaux ligneux, *Physiologie végétale* 21 (3) (1983) 607–618.
- [5] Zguigal Y., Évolution et caractéristiques de la dormance des bourgeons du pommier (*Malus × domestica* Borkh., cv. Golden delicious) dans un climat à hiver doux (région de Meknes, Maroc), thèse, Institut agronomique et vétérinaire Hassan-II, Rabat, Maroc, 1995.
- [6] Hauagge R., Cummins J., Phenotypic variation of length of bud dormancy in apple cultivars and related *Malus* species, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116 (1) (1991) 100–106.

- [7] Strik B., Proctor J.T.A., Apple cultivars bred in Canada: selections from controlled crosses for commercial production, *Fruit Varieties Journal* 40 (2) (1986) 51–55.
- [8] Le Lezec M., Babin J., Micheles J.C., Lespinasse J.M., Masseron A., Tronel C., Chartier A., Premiers résultats d'essais de quelques variétés nouvelles de pommier, *Arboriculture Fruitière* 331 (1980) 3–12.
- [9] Trillot M., Le Lezec M., Lespinasse B., Variétés de pommier, Inra, Invuflec, Paris, France, 1976.
- [10] Ruck H.C., Deciduous fruit tree cultivars for tropical and subtropical regions, Commonwealth Agr. Bureaux, East Malling, Royaume-Uni, 1975.
- [11] Weinberger J.H., Chilling requirements of peach varieties, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 56 (1950) 122–128.
- [12] Lespinasse J., La conduite du pommier. Les types de fructification, Inra, station d'arboriculture fruitière La Grande Ferrade, France, Ctifl, 1980.
- [13] Hugard J., L'éclaircissage des fleurs ou des jeunes fruits ; fondements économiques et bases physiologiques, *Arboriculture Fruitière* 395 (1987) 35–38.
- [14] Scalabrelli G., Couvillon G.A., The effect of temperature and bud type on rest completion and the GDH'C requirement for budbreak in Redhaven peach, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111 (4) (1986) 537–540.
- [15] Oukabli A., Mamoun A., Quennou M., Réactions de quelques variétés de pommier à l'influence de trois milieux écologiques différents au Maroc, *Le Fruit Belge*, 457 (1995) 148–153.

Comportamiento fenológico y de fructificación del manzano en zonas de invierno benigno (Marruecos).

Resumen — Introducción. El éxito del cultivo del manzano en las tierras altas de Marruecos favoreció su extensión a otras regiones marroquíes. Esta extensión se realizó transponiendo modelos de cultivo sin tener en cuenta las condiciones específicas del medio, sobre todo en la elección de un material vegetal adaptado. **Material y métodos.** La evaluación de 27 variedades de manzano introducidas en Marruecos y llevadas a regiones con un invierno benigno se realizó tomando como base la caracterización fenológica y el recuento de los órganos fructíferos. **Resultados.** Las variedades de manzanos probadas tuvieron comportamientos diferentes revelados por el desarrollo de los estados fenológicos – fecha de caída de la hojas, periodo de germinación, fecha de floración – y por la formación de los órganos productores. Estas diferencias estarían relacionadas con el origen genético y ecológico de las variedades. **Discusión y conclusión.** La falta de bajas temperaturas afectó al desarrollo de los estados fenológicos y a la producción de órganos fructíferos en las variedades peor adaptadas. Se impone una elección adecuada del material vegetal para la realización de huertas comerciales. En zonas con inviernos benignos las variedades Anna, Black Stayman, Einschiemer y Vistabella manifestaron más una mayor capacidad de adaptación. (© Elsevier, Paris.)

Marruecos / *Malus* / fisiología vegetal / fenología / fructificación