

# Climat stationnel, phénologie et fructification de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels)

Abderrahim FERRADOUS<sup>1</sup>, Fouzia BANI-AAMEUR<sup>1</sup> & Pascal DUPUIS<sup>1</sup>

(Reçu le 04/03/1996 ; Accepté le 27/05/1996)

## علاقة المناخ المحيطي بإنتاج شجرة الأركان

تطرق هذه الدراسة إلى علاقة إنتاج شجرة الأركان و تطورها بالتغيرات الحرارية و المطرية بثلاث محطات : أركانة، أيت ملول و أيت باها بالجنوب الغربي للمغرب عبر السنوات 1989-1992. لوحظ أن تجرد الأشجار من أوراقها يشتد بتشدد الحرارة و الجفاف. كما لوحظ تواجد نوعين من الأشجار حسب موعد الإزهار و نضج الثمار. فالأشجار البكرية تزهر خلال فصل الخريف و تسقط ثمارها الناضجة في نهاية شهر أبريل للسنة الموالية أي بعد مضي ستة عشرة شهرا أي نفس المدة التي تقضيها الأشجار المتأخرة بين الإزهار في فصل الربيع و نضج الثمار في فصل الصيف للسنة الموالية. ومن المنتظر الحصول على إنتاجية أحسن في الأركان تحت حرارة معتدلة، خصوصا في الحرارة العليا، و تساقطات مطرية مهمة خلال فصل الخريف إبان نضج الثمار، و فصل ربيع معتدل الحرارة و جاف نسبيا.

**الكلمات المفتاحية :** شجرة الأركان - المناخ - الإزهار - النضج - تساقط أوراق الأشجار.

## Climat stationnel, phénologie et fructification de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels)

La phénologie, la fréquence des arbres en production, les poids du noyau, de la pulpe et du fruit de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) ont été observés à Ait Melloul, Argana et Ait Baha, trois stations du sud-ouest du Maroc, durant trois campagnes agricoles (1989 à 1992). Le site géographique n'a pas d'effet significatif sur les paramètres étudiés. Par contre, les effets de l'année climatique se sont ressentis au niveau global et au niveau de chaque microclimat stationnel. La défoliation des arbres est d'autant plus intense que les conditions sont plus chaudes et plus sèches. On distingue trois types d'arganiers selon la période de floraison et de l'abscission des fruits mûrs. Les arbres précoces commencent à fleurir en automne (octobre - décembre) de l'année de floraison; leurs fruits mûrs commencent leur abscission seize mois plus tard en fin avril et début mai de l'année de maturation des fruits. Les arbres tardifs commencent à fleurir en février - mars; la chute de leurs fruits mûrs a lieu en août de la campagne suivante. Les arganiers intermédiaires fleurissent le long de la période humide; la chute de leurs fruits mûrs s'étale entre le printemps et l'été de l'année suivante. Pour aboutir à une production optimale de fruits, les arganiers doivent recevoir un minimum d'environ 100 mm de pluie en automne de l'année de maturation sous des températures clémentes. Ait Baha est proposée pour tester les génotypes des arganiers les plus adaptés aux conditions arides.

**Mots clés:** Arganier - *Argania spinosa* - Climat - Floraison - Fructification - Défoliation - Maroc

## Station climate, phenology and fruiting of argan tree (*Argania spinosa* L. Skeels)

Phenology, fruiting trees frequency; weight of stone, pericarp and fruit of argan tree (*Argania spinosa* (L.) Skeels) have been observed at Ait Melloul, Argana and Ait Baha, three stations of south west of Morocco, for three years (1989 to 1992). Station effect was not significant, whereas annual climate effect was highly significant at the double level within and between sites. Tree defoliation increases with drought and high temperatures. Three types of argan were observed with regard to flowering and fruit maturing periods. Early trees start flowering during autumn (October - December) of the flowering year. Their fruits are mature sixteen months later on April of fruit maturation year. Late argans flower on February - March of the flowering year. Their fruits are mature later on August of the second year. The third category of argans flower along the humid season; they shed mature fruits between spring and summer of the following campaign. Argan fruit yield increases under 100 mm rainfall during autumn with mild temperatures along maturation year. We propose Ait Baha, the most arid site as a testing station to screen adapted genotypes to extreme conditions.

**Key words:** Argan - *Argania spinosa* - Climate - Flowering - Fruiting - Defoliation - Morocco

<sup>1</sup> Laboratoire de Recherche sur la Variabilité Génétique, Département de Biologie, Faculté des Sciences (Université Ibnou Zohr), BP 28/S- 80 000 Agadir, Maroc, Fax : (212 8) 22 01 00

✧ Auteur correspondant

## INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) est un arbre endémique à la frange côtière du sud-ouest du Maroc qui s'allonge du nord de Safi au sud de Sidi Ifni. Au nord-est d'Essaouira, il pénètre jusqu'à 60 km dans les terres et arrive à 100 km dans la vallée du Souss (Ayad, 1989). Le climat de la région de Souss est du type méditerranéen (Emberger, 1955). C'est un climat extratropical à photopériodisme saisonnier et quotidien. Le Souss est soumis à deux flux dépressionnaires, l'un de secteur nord à nord-ouest et l'autre de secteur sud à sud-ouest (Alifriqui *et al.*, 1992). Les précipitations se concentrent sur la période froide de l'année, l'été étant sec. Le caractère le plus remarquable du climat du Souss est sa forte océanité, qui se traduit par des brumes et des brouillards fréquents, surtout en été, provoquant d'importantes précipitations occultes sous les arbres (Peltier, 1986). Ceci expliquerait, au moins en partie, le maintien de l'arganier sous ces latitudes arides. C'est une espèce thermophile capable de supporter des températures très élevées, allant jusqu'à 50°C dans la région de Taroudant au cours des mois de juillet et août (Emberger, 1925 ; Boudy, 1952 ; Ehrig, 1974). C'est aussi une espèce xérophyte qui se maintient sur les pentes de l'Anti-Atlas avec parfois moins de 120 mm de pluie par an; il peut survivre à plusieurs années successives de sécheresse. Dans ces cas extrêmes, les arganiers perdent totalement leur feuillage et rentrent en repos végétatif pour redémarrer dès les premières pluies. Malgré cette résistance phénoménale, l'expansion de la forêt d'arganier semble limitée plus au Sud de l'Anti-Atlas par un seuil d'humidité de l'air (Emberger, 1925 ; Boudy, 1952).

Les observateurs écologues ont forgé à l'arganier une réputation d'adaptation phénoménale à l'aridité de son milieu. Mais la littérature sur cette espèce est marquée par une absence quasi totale d'études approfondies de la réaction de l'arbre même aux variations climatiques drastiques dont il est l'objet. L'unique étude de la phénologie de l'espèce a été réalisée par Metro en 1952, à l'Oued Cherrate près de Rabat, sur des arbres âgés de 19 ans obtenus à partir de noyaux récoltés dans la région d'Essaouira. D'après cet auteur, la foliation des arbres et le grossissement des petits fruits préexistants démarrent au mois d'octobre. Les jeunes rameaux commencent à pousser en janvier et les fleurs à apparaître en février. Au mois de juin, il y a arrêt de la croissance des rameaux. Au

mois de juillet, la maturité des gros fruits issus des fleurs de l'année précédente est totale. La défoliation des arbres débute au mois d'août. L'auteur a remarqué que la défoliation des arganiers considérés individuellement ainsi que la maturation de leurs fruits ne sont pas homogènes. Ces phénomènes sont précoces chez certains arbres et tardifs chez d'autres. Mais il n'a pas détaillé les différences entre les périodes tardives et précoces.

La forêt d'arganier est une forêt verger exploitée par les populations environnantes. Le fruit est la principale production de ces arbres fruitiers, fourragers, producteurs d'huile et de bois. Son exploitation subit les aléas climatiques caractéristiques de son aire de distribution. Les effets de ces aléas sur l'arbre étant encore largement méconnus, on se propose d'initier, par cette étude, la mise en place des premiers jalons de la recherche d'informations sur la réaction de l'arganier aux variations du milieu, dans la perspective de rationaliser son exploitation.

L'objectif de l'étude est (i) de contribuer à la connaissance de la phénologie de l'arganier dans son milieu d'origine et (ii) d'étudier la variation de la fréquence des arbres en production, du poids du fruit (PF), du noyau (PN) et de la pulpe du fruit (PPU) en fonction des stations et des années climatiques.

## MATÉRIEL & MÉTHODES

### 1. Présentation des stations

Trois populations d'arganier ont été étudiées dans les domaines mis en défens par les services des Eaux et Forêts. Les arbres dans ces domaines ont subi une coupe il y a une vingtaine d'années. Depuis, ces populations sont protégées de l'intervention de l'homme et des animaux.

#### • Station d'Aït Melloul (AM)

La station AM est localisée à 12,5 km de la mer à vol d'oiseau, à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV), Complexe Horticole d'Aït Melloul qui borde la route Agadir - Taroudant. Son altitude est voisine de 35 m. Le sol est brun calcique limité vers 80 cm de profondeur par une épaisse dalle de calcaire dur. Le bioclimat, selon Emberger (1955), est du type aride moyen à variante chaude (AM-C).

Les espèces ligneuses les plus représentées avec l'arganier sont *Acacia gummifera*, *Ziziphus lotus*, *Rhus pentaphylla*, *Gymnosporia senegalensis* et sur les croûtes calcaires *Senecio antheuphorbium*.

• Station d'Argana (AR)

La station AR borde la route Agadir - Marrakech sur le versant sud du Haut-Atlas occidental à 60 km de la mer, à une altitude d'environ 620 m. Le sol est rouge fersialitique. La pente est d'environ 10 %. Le bioclimat est du type aride inférieur à variante froide ( AI-F) (Emberger, 1955). Les principales espèces ligneuses rencontrées dans cette station accompagnant *Argania spinosa* sont des touffes de *Genista tricuspidata* et *Genista ferox*, *Chamaecytisus albidus* (rare sauf en bas de pente), *Launaea arborescens*, *Periploca laevigata* et *Salvia aegyptiaca*. Les plantes herbacées remarquables sont les graminées *Cymbopogon schoenanthus* et *Hyparrhenia hirta* sur les versants exposés au sud, ainsi que l'espèce géophyte *Androcymbium gramineum*.

• Station d'Ait Baha (AB)

La station AB est située au nord-ouest de la commune d'Ait Baha, sur le versant nord de l'Anti-Atlas occidental, à 550 m d'altitude et à 50 km de la mer . Le sol est brun superficiel profond de 30 à 40 cm, caillouteux sur calcaire dolomitique. La pente est d'environ 5 %. Le bioclimat est du type aride à variante chaude. Les principales espèces végétales de la strate arbustive dans ce site sont *Ziziphus lotus* dans les bas de pente, *Euphorbia echinus* sur les crêtes et *Hespirolaburnum platicarpum* sur les poches de sol profond.

2. Températures

D'après Peltier (1982), en automne et en hiver, la station AR enregistre les températures les plus basses (m= 6.7 °C en automne, m=3.87 °C en hiver), suivie d'AB (8.77 et 5.8 °C) puis d'AM (11.47 et 9.03 °C) dont les températures sont généralement plus douces. Au printemps et en été, AB, la plus méridionale (m=30.47 °C au printemps et 38 °C en été) et AR (m=30.06°C et 38.9 °C) sont plus chaudes que AM (23.93°C et 26.5 °C). L'amplitude thermique ne dépasse pas 14.4 °C à AM (Moyenne sur 32 ans). Elle est de 16.5 °C à AB (7 ans) et atteint 18.2 °C à AR (7 ans). Les contrastes entre les valeurs mensuelles sont donc plus atténués à AM par rapport à AB et à AR. Bien que les altitudes d'AR sur le versant sud du Haut-Atlas et de AB sur le versant nord de l'Anti-Atlas soient peu différentes, l'influence océanique sur AB atténue les effets de l'altitude, sensibles surtout en hiver. La continentalité (caractérisée par une amplitude thermique plus élevée) est donc plus marquée à AR qu'à AB (Alifriqui et al., 1992).

3. Pluviométrie

Considérant la moyenne sur dix années, la localité d'Argana reçoit annuellement beaucoup plus de pluies que AM. Cette dernière station est légèrement plus arrosée qu'AB (Figure 1). Quel que soit la station, il se présente deux pics de pluviométrie dont le plus important se situe en automne. Le deuxième pic, moins important, est à cheval sur l'hiver et le printemps. La différence entre la pluviométrie automnale et hivernale est plus remarquable à AR.

Précipitations (en mm)

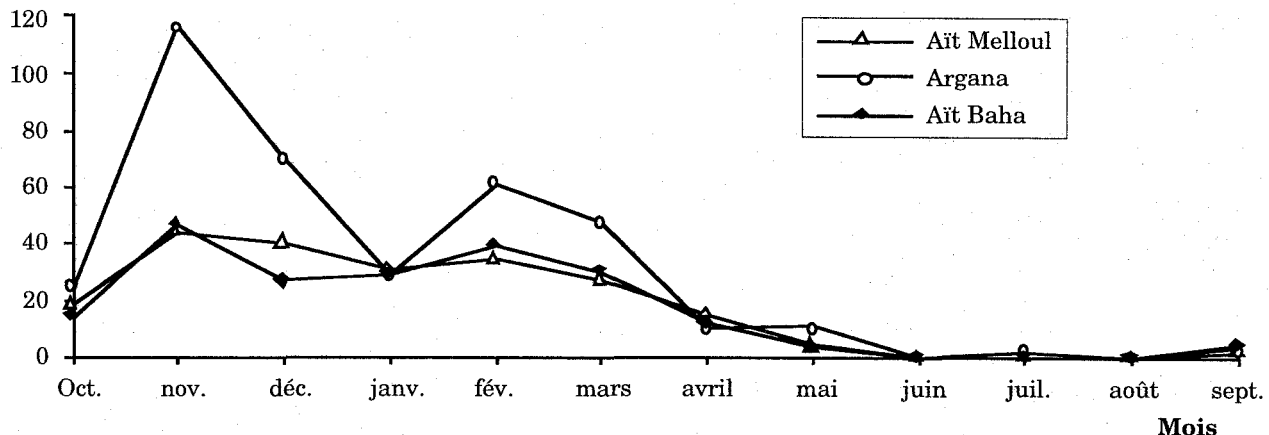


Figure 1. Précipitations moyennes mensuelles sur 10 années (1982-1992) à Ait Melloul, Argana et Ait Baha

Les coefficients de variation (C.V) de la pluviométrie mensuelle sur dix ans sont remarquables. Pendant la période pluvieuse, ils se situent entre 85 % et 167 % à AM, entre 112 % et 160 % à AR et entre 96% et 127 % à AB (Tableau 1). Pendant la période sèche, la variabilité des précipitations est plus importante à AR (176 - 221%) et à AB (140 % - 331 %). Elle est moindre à AM où les C.V. oscillent entre 0 % en juillet et 126 % en septembre. Les précipitations peuvent donc être à leur maximum pour un mois d'une année et faire complètement défaut le même mois d'une autre année. Par comparaison, les C.V. des précipitations inter-annuelles à AM (45 %), AR (47 %) et AB (43 %) paraissent beaucoup plus faibles.

#### 4. Méthodologie

Les relevés pluviométriques proviennent des stations météorologiques les plus proches des sites d'étude : IAV Hassan II, Complexe Horticole pour Aït Melloul, le barrage Abdelmoumen sur le versant opposé à la mise en défens pour Argana et Aït Baha à 8 km de la mise en défens étudiée.

Sur les trois années, l'analyse des mesures journalières des températures a été réalisée à partir des données de la station d'Aït Melloul, la seule équipée d'un thermomètre min./max. Étant donné que l'origine des masses d'air est la même dans toute la région du Souss (Peltier, 1982 ; Alifriqui *et al.*, 1992), on a extrapolé les appréciations concernant les températures (année chaude/ année froide) aux autres stations.

Dans chacune des trois stations, 100 arbres ont été pris au hasard parmi la population d'arganiers. Pendant les deux premières campagnes (1989 - 1990 et 1990 - 1991), des observations mensuelles

de la phénologie de l'arbre ont été effectuées dans chacune des trois stations. Au cours de la troisième campagne (1991 - 1992), les arbres d'AM ont été observés chaque semaine.

La fréquence annuelle des arbres en production est définie par la proportion des arbres qui ont produit des fruits parmi ceux observés en 1990. Le poids du fruit (PF) a été mesuré à l'aide d'une balance de précision à deux décimales sur 30 fruits par arbres. Le poids du noyau (PN) a été déterminé de la même manière après élimination de la pulpe. Le poids de cette dernière (PPU) a été déduit en retranchant le poids du noyau de celui du fruit.

Pour les poids PF, PN et PPU, une analyse de la variance à trois facteurs a été réalisée sur un échantillon orthogonal de 30 arbres par station et de 30 fruits par arbre. Les facteurs année et localité sont croisés. Le facteur arbre est hiérarchisé au facteur station puisqu'il n'y a aucune correspondance entre les arbres des différentes stations (Steel & Torrie, 1960 ; Dagnelie, 1986). Le test d'égalité des moyennes PPDS à 5% a été utilisé pour comparer les différences entre les PF, PN et PPU moyens des stations et des années.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 1. Étude du climat

À AM, la campagne 1989-1990 a connu des températures supérieures à la moyenne de la période 82-83 à 92-93, avec des écarts au mois d'octobre (automne) et au mois d'août (été) pouvant atteindre +2 °C pour les températures mensuelles moyennes, + 3 °C au mois d'octobre et d'août pour les moyennes des températures minimales et +3 à

**Tableau 1. Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (P) et coefficients e variation (CV) enregistrés aux stations d'Aït Melloul, Argana et Aït Baha sur dix ans de 1982 à 1993**

		Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Total
Aït Meloul	P	18,4	44,1	40,1	30,9	34,4	27,1	14,6	4,0	0,3	0,0	0,3	2,1	216,3
	CV	153,9	114,5	110,3	167,4	103,1	85,7	80,4	170,5	161,3	0,0	163,8	126,6	45,0
Argana	P	24,7	116,2	69,4	28,9	61,0	47,1	10,2	10,4	0,4	2,0	0,3	3,2	373,5
	CV	117,6	107,2	160,3	128,5	131,4	112,0	122,2	156,9	205,1	265,9	176,0	221,4	61,0
Aït Baha	P	14,0	46,6	26,3	28,9	39,0	30,1	11,9	3,3	0,2	0,2	0,3	4,8	205,7
	CV	96,5	117,9	127,6	117,1	99,2	106,5	105,1	146,7	331,7	331,7	246,2	140,1	43,0

**Source:** Pour Aït Meloul, Complexe Horticole d'Aït Melloul, pour Argana, Service d'Hydraulique d'Agadir, et pour Aït Baha Service des Eaux et Forêts d'Aït Baha

+4 °C pour les moyennes des températures maximales à l'exception de janvier et de février (hiver) (Figure 2). Cette année a donc été considérée chaude.

Au cours de la campagne 1990-1991, les températures moyennes mensuelles sont plus basses que la moyenne. Les moyennes des températures minimales mensuelles sont plus basses que les températures minimales moyennes mensuelles sur presque toute l'année. Cette rigueur de la température a été remarquée par des maxima plus bas que la moyenne de 1.1°C au cours de février, de 2.9°C en mars et de 1.8°C en avril. Cette année a donc été considérée froide.

Pendant la campagne 1991-1992, les températures moyennes mensuelles, maximales moyennes ou minimales moyennes montrent deux profils. De décembre à mai (hiver et printemps), les températures sont supérieures à la moyenne, alors qu'en automne et en été, elles sont plus basses que la moyenne. Cette année a donc été caractérisée

par un hiver et un printemps relativement chauds, un automne et un été relativement froids.

La campagne 1989-1990 est caractérisée par un pic de précipitations automnales important et précoce dans les trois stations (Figure 3). Les pluies printanières étaient tardives et moyennes à AM. Par contre, les pluies de cette saison étaient négligeables à AR et à AB. Cette année a été caractérisée par une pluviométrie totale supérieure à la moyenne à AM et à AR (285 / 216 mm, 533 / 373 mm) et moyenne à AB (199 / 205 mm).

La campagne 1990-1991 présente un pic de précipitations automnales tardif moyen à AR et supérieur à la moyenne à AM et à AB. Le deuxième pic s'étale de fin janvier à avril englobant ainsi l'hiver et le printemps. Son volume est excédentaire à AR et AB et moyen à AM. Au total, cette campagne était pluvieuse à AB (301 / 205 mm), et moyenne à AM (242 / 216 mm) et AR (366 / 373 mm).

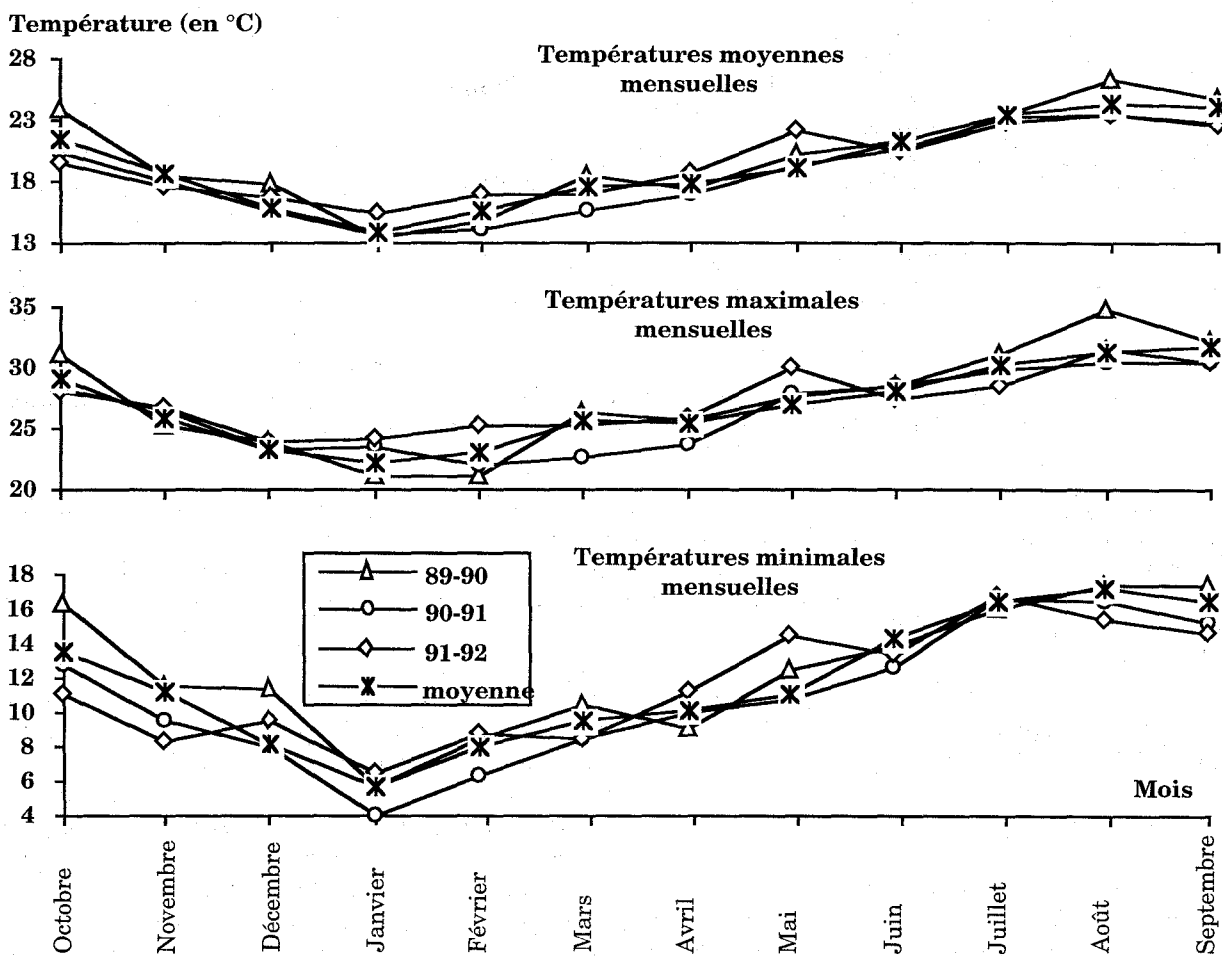
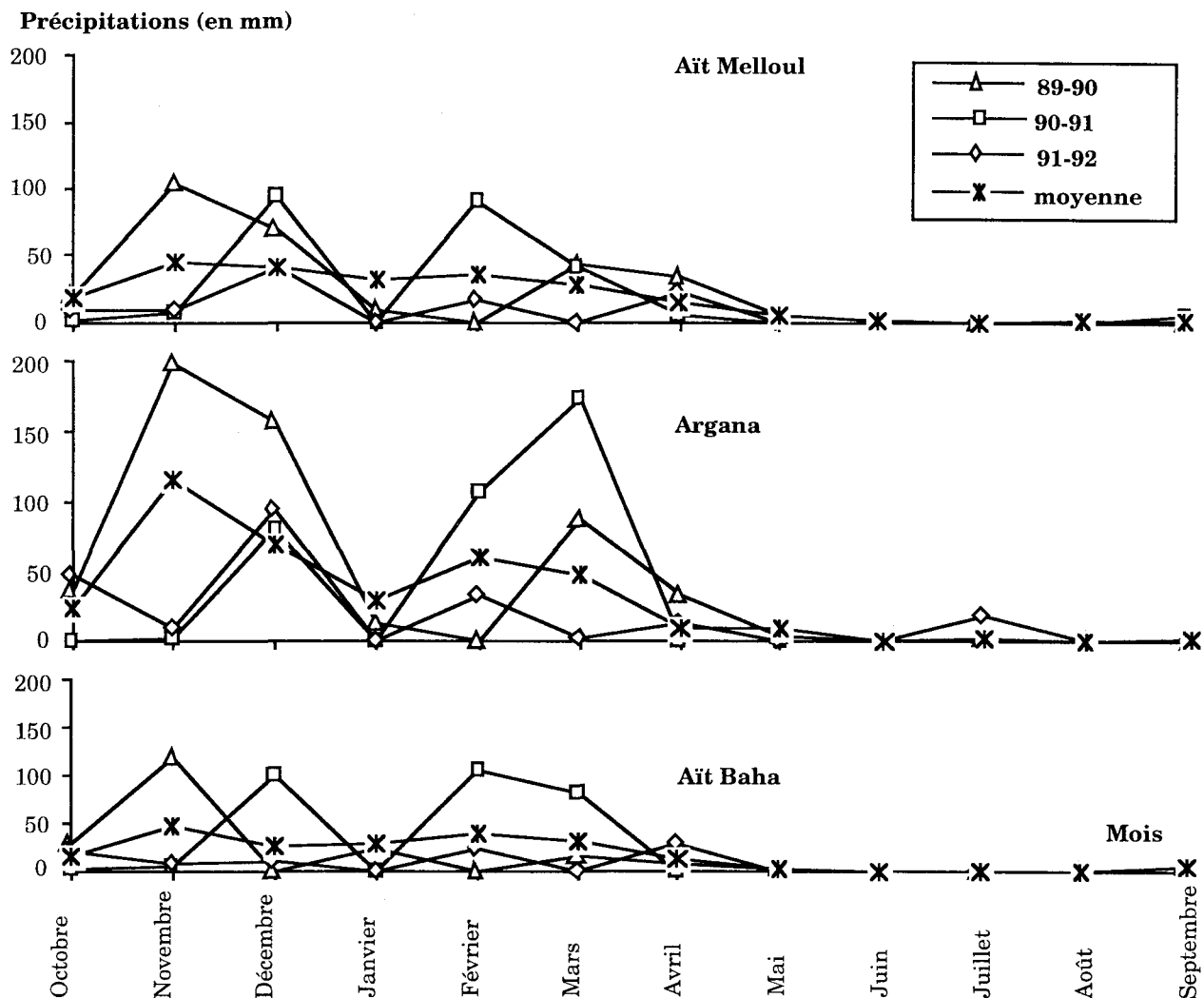


Figure 2. Températures mensuelles moyennes, minimales et maximales de dix ans (1982-1993) à Aït Melloul comparées aux températures annuelles de 1989 à 1992



**Figure 3. Précipitations mensuelles moyennes de la période 1989-1992) comparées aux précipitations mensuelles moyennes de dix ans (1982-1993) à Aït Melloul, Argana et Aït Baha**

La pluviométrie de la campagne 1991-1992 était tardive. La pluviométrie automnale était moyenne à AM et à AR et pratiquement nulle à AB. Dans les trois stations, les pluies printanières étaient négligeables. C'est une année particulièrement sèche à AM (96 / 216 mm), à AB (91 / 205 mm) et à AR (221 / 373 mm) où les déficits par rapport à la moyenne annuelle de dix ans étaient, dans l'ordre, 44.4%, 44.3% et 59.2%.

## 2. Phénologie

Dans la station AM, la plus océanique, pendant la période 1989-1992 aucun arbre complètement dépourvu de son feuillage n'a été rencontré. Même pendant la saison estivale et le début de l'automne resté sec, les arbres restent feuillés. Cependant,

des chutes partielles de feuilles plus ou moins importantes ont été notées parmi les feuilles groupées de certains rameaux. Les arbres de la station AR avaient un comportement similaire pendant les deux premières années. Cependant à la fin de la campagne 1991-1992 (année sèche) environ 10 % des arbres ont commencé à perdre leur feuillage. Dans la station AB, en automne 1990, la défoliation complète a touché 15 % des arbres suite à la campagne 1989-1990, chaude et à pluviométrie moyenne concentrée surtout en automne 1989, soit après pratiquement dix mois sans apport d'eau. Par contre, pendant la campagne 1990-1991, froide et pluvieuse, aucun arbre défolié n'a été observé même à la fin de l'été. Au cours de la campagne sèche et chaude 1991-1992, la défoliation était précoce (juin 1992), et

plus généralisée, puisqu'elle a concerné 90% des arbres. La chute des feuilles chez l'arganier serait donc une réaction au manque d'eau. L'arganier est peu économe d'eau même en saison sèche, puisque les stomates des feuilles ne se ferment que faiblement ; il puise plutôt dans son réservoir interne (Peltier *et al.*, 1990). Certaines espèces xérophytes réduisent l'évapotranspiration en ajustant progressivement leur surface foliaire par la perte des feuilles (Baker, 1985). L'arganier adopterait probablement le mécanisme précédent, chaque arbre étant sensible, selon son génotype dans un milieu donné, à un seuil de déficit en eau à partir duquel il commence à perdre ses feuilles. Le déficit en eau est conditionné par la température de la feuille, qui une fois la température ambiante dépassée, on assiste au drainage de l'eau de la feuille vers l'extérieur (Baker, 1985). Ici intervient le microclimat stationnel plus ou moins favorable à l'élévation de la température de la feuille, qui fait que le seuil de déficit en eau de l'arbre est atteint plus ou moins rapidement et plus ou moins fréquemment. Ainsi, même quand AM reçoit une pluviométrie similaire à AB, comme c'était le cas en 1991-92, du fait que AB soit plus chaude et moins humide, l'évapotranspiration y est beaucoup plus intense et les arbres auront tendance à y perdre leur feuillage beaucoup plus tôt et beaucoup plus fréquemment. Dans le même sens, même avec des températures voisines, parce que AR reçoit plus d'eau que AB, on y observe moins d'arbres défoliés.

Metro (1952) a observé que la défoliation des arganiers de Oued Cherrate a commencé en août, mais n'a pas concerné tous les arbres qu'il a observés. Cependant son étude réalisée sur une seule année dont les paramètres climatiques ne sont pas précisés, dans une seule station et sur 19 arbres, ne permettait pas de couvrir toute la variabilité disponible. Nos observations suggèrent que l'importance de la défoliation des arganiers dépend du génotype de chaque arbre, des années climatiques et probablement du microclimat et des caractéristiques édaphiques de chaque station.

Concernant la floraison, on a observé deux types: une floraison pauciflore, peu abondante, la première à être observée sur les rameaux âgés lignifiés et une autre très abondante et plus tardive sur les nouvelles pousses.

Dans la station AM, les fleurs sont apparues dès la fin du mois de septembre sur les arbres précoces. Sur les arbres tardifs, la floraison démarre lentement à partir du mois de décembre. Le pic de

la floraison tardive se situe en mars conformément à Metro (1952) et à Montoya (1984). Cependant, chez certains arbres, la floraison peut s'échelonner sur presque toute la saison humide. Après chaque pluie, de nouvelles fleurs apparaissent, ce qui se traduit ensuite par des fruits de tailles différentes sur le même arbre. Trois types d'arganiers peuvent ainsi être distingués :

- Les arganiers précoces qui commencent à fleurir en automne l'année de floraison et dont les fruits mûrs commencent leur abscission seize mois plus tard, au printemps de l'année de fructification.
- Les tardifs dont la floraison se manifeste en hiver de l'année de floraison et dont la chute des fruits mûrs aura lieu au cours de l'été de l'année de fructification.
- Les arganiers qui fleurissent sur une période plus ou moins étendue chevauchant entre l'automne et le printemps de l'année de floraison et dont la chute des fruits mûrs s'étale entre le printemps et l'été de l'année de fructification.

### 3. Fructification

Parmi les arbres observés et qui ont produit des fruits mûrs à la récolte de 1989-90 à AM, 85 % environ ont fructifié pendant l'année suivante dans les trois stations. Ce pourcentage s'est maintenu à AM et AR en 1992, l'année sèche (Tableau 2); il a remarquablement diminué à AB (47.7 %). Pourtant AM et AB ont reçu des précipitations totales voisines. L'effet des sols différents dans les deux stations ne peut expliquer qu'une partie de ce constat. Probablement qu'à AB, station chaude, la pluviométrie étalée sur toute la campagne a été évaporée sans bénéficier aux arbres. Au contraire, la pluie à AM, dont la température est plus douce, était concentrée en automne. En plus, l'océanité d'AM se traduit probablement par un bilan hydrique plus favorable que celui des arbres d'AB.

Du rapprochement des campagnes successives, il se dégage qu'un climat humide en année de floraison ne favorise pas nécessairement les fréquences des arbres en production l'année de fructification. Ainsi si 1989-90 était une campagne fraîche et pluvieuse à AB (301 mm), la fréquence de fructification de l'année suivante a été la plus faible. Il aurait été intéressant d'observer le comportement des arbres en 1992-93 après l'année très sèche 1991-92, pour déduire ce qu'il en serait dans le cas où l'année de floraison n'aurait pas été favorable, ce qui n'a malheureusement pas été possible dans le cadre de ce travail.

**Tableau 2. Pourcentage de fructification et moyennes des poids du noyau (PN), de la pulpe (PPU) et du fruit (PFR) de l'arganier**

Station	% fructification	PFR (g)	PN (g)	PPU (g)
Aït Melloul				
• 1990	100,00	3,37	2,49	0,89 b
• 1991	85,00	3,81	2,68	1,13 a
• 1992	85,00	3,74	2,35	1,38 a
Argana				
• 1990	100,00	4,16	2,73	1,43
• 1991	84,50	3,77	2,50	1,28
• 1992	86,90	3,89	2,36	1,53
Aït Baha				
• 1990	100,00	3,83 a	2,83 a	1,13 a
• 1991	86,60	3,98 a	2,41 a	1,57 a
• 1992	47,70	2,44 b	1,43 b	1,01 b
Moyenne des années				
• 1990	100	3,83 a	2,68 a	1,15 b
• 1991	85	3,85 a	2,52 a	1,33 a
• 1992	85	3,36 b	2,05 b	1,31 a
Moyenne des stations				
• Aït Melloul	90,00	3,64	2,51	1,13 b
• Aït Baha	90,47	3,94	2,53	1,41 a
• Aït Baha	78,10	3,42	2,22	1,24 b

Comparaisons des moyennes PFR, PN, et PPU avec la méthode du PPDS à 5%

L'effet de la station sur le poids du noyau (PN) et sur le poids du fruit (PF) n'est pas significatif (Tableau 3) à l'exception du poids de la pulpe (PPU). À Argana les arbres produisent plus de pulpe qu'à AB et à AM. L'effet station inclut une composante due au site géographique et une composante relative à l'historique du groupement d'arbres dans le site. Donc pour PF et PN, l'effet cumulé de ces deux composantes n'est pas significatif.

**Tableau 3. Analyse de la variance des poids du noyau (PN), de la pulpe (PPU) et du fruit (PFR) de l'arganier dans trois localités, pendant trois années consécutives**

Source	DL	Carré moyen		
		PFR	PN	PPU
An	2	210,04**	292,39**	28,58**
Loc	2	160,84	78,6	60,50**
AnXLoc	4	287,05**	110,46**	64,21**
Ar/Loc (Génotype)	87	58,257**	28,68**	9,84**
AnXAr/Loc	174	7,66**	3,88**	1,95**

\* Significatif à 5%

\*\* Significatif à 1%

An: Année

Loc: Localité

Ar: Arbre

DL: Degrés de liberté

L'effet du facteur de l'année climatique sur PFR, PN et sur PPU est hautement significatif (Tableau 3). Les PFR et les PN moyens annuels des fruits de la récolte des années pluvieuses 1989-90 et 1990-91 sont similaires, bien que ces deux années soient considérées l'une plus chaude (1990) et l'autre plus froide que la moyenne. Ces poids sont significativement supérieurs aux poids moyens de l'année sèche 1992.

Ainsi, dans des proportions à définir, les effets du climat sur PF et sur PN traduisent beaucoup plus les effets du facteur "pluviométrie" que celui de la température. Par contre, le poids de la pulpe en année chaude est moins important même si l'année en question est plus pluvieuse que la moyenne (1990) (Tableau 2). Ce dernier résultat, qu'on retrouve au niveau des stations les moins pluvieuses AM et AB, est prévisible puisque des fruits séchés on été observés. La pulpe du fruit d'arganier étant *a priori* la partie la plus riche en eau, son évaporation, qui se traduit par une perte de poids, serait d'autant plus intense que la température est plus élevée.

L'interaction année x station est hautement significative pour les trois caractères (Tableau 3). Les amplitudes des effets de l'année climatique ne sont pas les mêmes sur les PFR, les PN et les PPU moyens dans les différentes localités. Les effets de la sécheresse de la campagne 1991-92 sur les moyennes de PF, PN et PPU ont été remarquables surtout à AB, alors que les moyennes annuelles stationnelles n'ont pas varié significativement dans les stations AM et AR. Ainsi à AB, bien que la pluviométrie de l'année chaude 1989-90 soit seulement de 199 mm, les résultats n'étaient pas différents de ceux de l'année froide 1990-91 avec 301 mm de pluie. De même à AR sur les trois années, les performances étaient identiques avec 533, 366 ou 221 mm de pluie. Ces observations suggèrent, dans un premier temps, que le seuil de pluviométrie se situe pour des PF, PN et PPU optimaux aux environs de 200 mm de pluie annuelle. Plus en détail, à la station AB, 147 mm de pluie en automne 1989-90, et 109 mm on été enregistrés en automne 1990-91.

On n'a pas observé de différence significative entre les poids bien que la pluie hivernale était de 39 mm en 1989-90 (année chaude) et de 187 mm en 1990-91 (année fraîche). Ainsi, on peut déduire qu'une pluviométrie automnale minimale de 100 mm permettrait d'aboutir à des PF, PN et PPU optimaux. Ceci était le cas à AR en 1991-92 quand



152 mm de pluie ont été enregistrés en automne et 36 mm seulement en hiver bien que AR présente des températures proches de celles de AB. Les poids PF, PN et PPU à AR étaient significativement similaires à ceux obtenus avec 392 mm de pluie en automne et 100 mm en hiver (1989-90) et avec 83mm en automne et 280 mm en hiver (1990-91).

Les performances des arbres d'AB auraient été éventuellement meilleures si au lieu de 38 mm, la station aurait reçu la totalité des 91 mm de pluies annuelles en automne 1991-92.

Le génotype (arbre/station) et l'interaction génotype x année climatique (année x arbre / station) sont hautement significatifs pour les caractères étudiés (Tableau 3). Cette observation souligne la grande diversité génétique disponible à travers les trois stations pour PF, PN, PPU et pour la réaction individuelle des arbres aux changements annuels de climat (Ferradous *et al.*, 1994).

## CONCLUSION

La défoliation des arbres à AB, la station la plus chaude et la moins pluvieuse, est plus intense qu'à AR, station la plus pluvieuse. AM, la station aux températures les plus douces, n'a pas montré d'arbres défoliés bien que sa pluviométrie soit plus faible qu'à AR. À l'intérieur d'une même station, certains arbres gardent leur feuillage plus longtemps que d'autres. La défoliation des arganiers serait donc une réaction génotypique au déficit hydrique.

On distingue trois types d'arbres par rapport à la floraison et à l'abscission des fruits mûrs. Les arbres précoces commencent à fleurir en automne ; leurs fruits mûrs tombent seize mois plus tard à la fin du mois d'avril et au début de mai. La floraison des arbres tardifs se manifeste au printemps. La chute des fruits mûrs a lieu, au plus tard, au mois d'août de la campagne suivante.

Pour les arganiers fleurissant durant toute la période humide, la chute de leurs fruits mûrs s'étale entre le printemps et l'été de l'année suivante. Pour ceux qui fleurissent durant toute la période automne - printemps, leurs fruits mûrissent entre le printemps et l'été de l'année suivante. Les conditions climatiques qui prévalent l'année de croissance des fruits conditionnent la fréquence des arganiers en production.

Les conditions humides au cours de l'année de floraison n'aboutissent pas nécessairement à une bonne fructification. L'inverse, c'est-à-dire l'effet d'une année de floraison sèche sur les performances des arbres, reste à préciser. La station *per se* n'avait pas eu d'effet significatif sur les PF et PN bien que les sites étudiés soient distincts.

Au contraire, l'année climatique a été doublement déterminante. Ses effets se sont ressentis à un niveau global, d'une part, sur l'ensemble des stations, où on a constaté qu'un minimum de 100 mm de pluie en automne est nécessaire pour que l'arganier survive et produise et, d'autre part, au niveau stationnel, lorsque l'effet de l'année climatique est plus ou moins marqué selon les microclimats des stations. À ce titre, la station AB, la plus chaude, ressort comme la station qui crée le contraste. Elle est à proposer pour identifier les génotypes les plus adaptés aux conditions arides.

On a estimé la productivité des arganiers par la fréquence de fructification et les poids PF, PN et PPU au cours de cette première approche. En absence de données détaillées des effets des facteurs climatiques sur la production fruitière de l'arganier et d'un suivi physiologique des arbres sur plusieurs années dans des conditions contrôlées, les données qu'on a recueillies ont l'avantage de mettre en place les premiers jalons permettant éventuellement de raisonner les limites de l'expansion de l'arbre et les techniques de sa production fruitière dans la perspective de sa domestication.

## RÉFÉRENCES CITÉES

- Alifriqui M., Michalet R., Peltier J. P. & Peyre C. (1992) Hétérogénéité des courants perturbés et répartition de la végétation sur les versants du Haut Atlas occidental marocain. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie* 5: 203-211
- Ayad A. (1989) Présentation générale de l'arganeraie. *In*: Formation forestière continue. Thème "l'arganier", Station de Recherche Forestière. Rabat, 13-17 Mars 1989 : 9 - 18
- Baker D. A. (1985) Water relations *In* Advanced Plant Physiology par M. B. Wilkins. Editons Pitman, Marshfield, Melbourne, Willington, Toronto et London.: 297 - 318
- Boudy P. (1952) Guide du Forestier en Afrique du Nord. La maison Rustique, Paris, p. 185-194

- Dagnelie P. (1986) Analyse à deux dimensions, théorie et méthodes d'analyses statistiques. Tome 2. Les Presses Agronomiques de Gembloux, A.S.B.L. 463 p.
- Ehrig F.R.(1974) Die arganie charakter, ökologie und wirtschaftliche Bedeutung eines tertiarreliktes in Morokko. *Ptermanns geographische Mitteilungen* 114 (2):117 - 125
- Emberger L. (1925) Le domaine naturel de l'arganier. *Bull. Soc. Bot. de France* 73:770-774
- Emberger L. (1955) Une classification biogéographique des climats. *Rev. Tav. Faculté des Sciences Montpellier, Série bot.* 7:3 - 45
- Ferradous A., Bani-Aameur Fouzia & Dupuis P. (1997) Diversité génétique du fruit et de la graine de l'Arganier pp.310-324 in Ressources phytogénétiques et développement durable, Birouk A. & Rejdali M. (Eds.). Actes Editions, Rabat, 372 p.
- Metro A. (1952). Observation préliminaire faites sur l'arganier à l'Oued Cherrate et à Dar Askraoui en vue de sélections généalogiques. *Ann. Rech. Forest. (Rabat), rapport annuel 1952* : 201-215
- Montoya Oliver J. M. (1987) El argan (*Argania spinosa* (L) Skeels). Potencial silvopastoral y de repoblacion en Espna. *Anales del Institu Nacional de Investigaciones Agrarias, Serie Forestal* 8: 141-152
- Peltier J. P. (1982) La végétation du bassin versant de l'Oued Souss (Maroc). Thèse de Doctorat ès Sciences, Université des Sciences, Grenoble, 201p
- Peltier J.P. (1986) L'étage de végétation inframéditerranéen dans le Souss (Maroc). *Documents phytosociologiques* 10: 437-454
- Peltier J. P., Carlier G., El Aboudi A. & Doche B.(1990) Évolution journalière de l'état hydrique des feuilles d'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) sous bioclimat aride à forte influence océanique (plaine du Souss, Maroc). *Acta Oecologica* 11: 643 - 668
- Steel R. G. D. & Torrie J. H. (1960) Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London. 481pp.