

Research

open access

Etude de la variation des paramètres éco-physiologiques de deux variétés d'arganier en Tunisie, *Argania spinosa* var : *mutica* et *Argania spinosa* var : *apiculata*, durant un cycle phénologique

S. EL ADIB ^{1*}
S. SLIM ²
F. BEN JEDDI ¹

¹ Laboratoire des sciences horticoles, INA Tunisie,
43, avenue Charles Nicole_Tunis_Mahrajène Tunisie

² Ecole Supérieure d'Agriculture Mateur, Tunisie

* Corresponding author: Seif.eladib@gmail.com

Summary - The Argan tree (*Argania spinosa* (L). Skeels) has two varieties , variety *mutica* Smooth and *apiculata* thorny variety. Seasonal along a phenological cycle variation on the eco- physiological parameters of both varieties effect was studied on the leaf of the trees planted in the arboretum argan INA Tunisia. For both varieties , there is a significant increase in chlorophyll in the leaves during the winter and spring but with higher amounts in the range *apiculata* than the variety *mutica* with 2084.61 and 1605.05 $\mu\text{g} / \text{g}$ MF chlorophyll a in the month of January respectively in *apiculata* and *mutica* . At the same time , leaf surface significantly reduces the variety *apiculata* 23.5 cm^2 / cm in the month of October to 14.6 cm^2 / cm in the month of January while in the variety *mutica* leaf area, is generally stable and high . On the other hand , and in the same spatio -temporal framework , the relative water content of leaves in variety *apiculata* custody levels with 51.4 % and 68.32 % in the month of February and March when it has a remarkable decrease in the variety *mutica* with 29.3% and 19.07% for the same months . Thorny variety was more suited to the conditions of water stress which explains the important dynamics in photosynthetic leaves even during the dry season with 869.66 and 655.51 $\mu\text{g} / \text{g}$ MF chlorophyll a in June respectively in *apiculata* and *mutica* . Low levels of chlorophyll pigments in *mutica* may be due to partial stomatal closure limiting photosynthesis.

Keys words : *Argania spinosa* var : *apiculata* *Argania spinosa* var : *mutica* - relative water content - Chlorophylls - leaf area - phenological cycle.

Résumé - L'Arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) comporte deux variétés, la variété *mutica* inerme et la variété *apiculata* épineuse. L'effet saisonnier le long d'un cycle phénologique sur la variation des paramètres éco-physiologiques des deux variétés, a été étudié sur la partie foliaire des arbres d'arganier plantés dans l'arboretum de l'INA Tunisie. Pour les deux variétés, on remarque une augmentation significative du taux de chlorophylles dans les feuilles pendant la saison hivernale et tout le printemps mais avec des quantités plus importantes chez la variété *apiculata* que chez la variété *mutica* avec 2084,61 et 1605,05 µg/g MF de chlorophylle a au mois de Janvier respectivement chez *apiculata* et *mutica*. À la même période, la surface foliaire de la variété *apiculata* diminue nettement de 23,5cm²/cm au mois d'Octobre à 14,6cm²/cm au mois de Janvier alors que chez la variété *mutica* l'indice foliaire est généralement stable et élevé. D'autre part, et dans le même cadre spatio-temporel, la teneur relative en eau des feuilles chez la variété *apiculata* garde des niveaux élevés avec 51,4 % et 68,32% aux mois de Février et Mars alors qu'elle présente un chute remarquable chez la variété *mutica* avec 29,3% et 19,07 % aux cours des mêmes mois. La variété épineuse s'est montrée plus adaptée aux conditions de stress hydrique ce qui explique la dynamique photosynthétique importante dans ses feuilles même pendant la saison sèche avec 869,66 et 655,51 µg/g MF de chlorophylle a au mois de Juin respectivement chez *apiculata* et *mutica*. Les faibles teneurs des pigments chlorophylliens chez *mutica*, peuvent être du à la fermeture partielle des stomates qui limite la photosynthèse.

Mots-clés : *Argania spinosa* var : *apiculata*
Argania spinosa var : *mutica* – Teneur en eau relative – Chlorophylles – surface foliaire – cycle phénologique.

1. Introduction

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) est une espèce endémique du Sud-Ouest marocain (Emberger L 1925 ; Boudy P 1950 ; Ehrig F R 1974 ; M'hirit O 1989 ; Prendergast et al 1992) . C'est un arbre thermophile et xérophile, avec des exigences en humidité atmosphérique élevées (Nouaim R Chaussod R 1993) . Les

forêts d'arganier ne s'étendent actuellement que dans les zones arides et semi-arides du Sud-ouest marocain. En Tunisie, malgré les difficultés, plusieurs essais d'introduction dans un grand nombre de stations ont été installés entre les années 1963 et 1968 dans plus que 10 stations par le service des graines de la DGF (Hamrouni and al.2009). Les épines chez les végétaux chez les sapotacées sont le résultat de l'adaptation de la plante aux conditions de stress hydrique et résultent de la transformation de certaines feuilles en épines pour minimiser la transpiration et diminuer le déficit hydrique. Les espèces des zones arides et semi-arides peuvent survivre au déficit hydrique et à l'extrême irrégularité des précipitations grâce à un ensemble de mécanismes morphologiques, anatomiques, physiologiques et métaboliques reflétant différents types d'adaptations (Turner NC 1986 ; Domingo F et al. 2003 ; Sawadogo et al.2006). Le passage de la forme inerme sans épines var *mutica* vers la forme épineuse var *apiculata* confirme l'adaptation de l'arganier aux zones arides, phénomène confirmé par la diminution de la taille des feuilles. Lors d'un déficit hydrique, l'activité photosynthétique de la feuille est affectée et particulièrement la concentration en chlorophylle qui diminue avec l'augmentation du stress hydrique (Kaya C et al.2006 ; Degl'Innocenti E et al.2008). La surface foliaire correspond à une signification physiologique directe de l'état hydrique de l'arbre .Les espèces végétales qui diminuent leurs surfaces foliaires sont considérées comme étant des espèces résistantes à la sécheresse. Dans cette optique, notre travail s'intéresse à l'étude des mécanismes physiologiques au cour des quatre saisons et la comparaison des feuilles d'arganier prélevées de deux variétés différentes *mutica* et *apiculata* le long d'un cycle phénologique, en vue d'étudier la variation des paramètres éco-physiologiques des deux variétés sises dans le même site écologique.

2. Matériels et méthodes

2.1 Matériels végétal

Le matériel végétal est constitué de feuilles d'arganier prélevées sur deux variétés différentes l'un inerme var : *mutica* et l'autre épineuse var : *apiculata* situées dans la même station à l'arboretum de l'INA Tunisie. L'arboretum de l'INAT est situé à l'étage

bioclimatique du semi-aride supérieur à hiver doux. Le sol est de type argilo-limoneux. Selon *Google Earth* (2011), les coordonnées géographiques des arbres A, B et C sont respectivement

36°49'53.37''N/10°10'52.9''E et

36°49'55.5''N/10°10'53.0''E. Chaque pied est divisé en quatre zones selon les orientations naturelles NE, NO, SE et SO afin d'homogénéiser les prélèvements des rameaux avec trois prélèvements de chaque zone. Trois prélèvements de chaque de zone, de chaque pied chaque mois durant un cycle phréologique. Donc au total on a eu 12 prélèvements avec 12 répétitions de quatre orientations différentes pour chaque variété.

2.2 Extraction et dosage des pigments chlorophylliens a et b

Les teneurs des feuilles en chlorophylles « a », « b » et totale (mg/g MF) ont été déterminées selon la méthode de Torrecillas et al (1984). Environ 100 mg de feuilles fraîches et saines ont été pesées après leur arrachage et mises dans 5 ml d'acétone à 80%. Après un séjour de 72 heures à l'obscurité et à une température de 4°C, la densité optique (DO) est mesurée à 645 nm et 663 nm moyennant un spectrophotomètre UV-Visible (Labomed, Inc, USA). Les équations suivantes établies par Mc Kinney (1941) et Arnon (1949), ont été utilisés pour calculer les teneurs en chlorophylles a, b et totale et en caroténoïdes:

- Chlorophylle a : $12,7 * DO (663 \text{ nm}) - 2,69 * DO (645 \text{ nm})$
- Chlorophylle b : $22,9 * DO (645 \text{ nm}) - 4,68 * DO (663 \text{ nm})$
- Chlorophylle totale : $20,2 * DO (645 \text{ nm}) + 8,02 * DO (663 \text{ nm})$

2.3 Paramètres de croissance

2.3.1 Surface foliaire

La surface foliaire est une mesure indicatrice de l'état du fonctionnement foliaire des arbres nécessaire à l'assimilation énergétique. Ce paramètre a été mesuré sur trois rameaux de 30 cm et plus exactement sur une portion de 05 cm de la partie apicale du rameau prélevé de chaque zone de chaque variété chaque mois à l'aide d'un planimètre de marque LICOR. L'unité de mesure est exprimée en cm²/cm.

2.3.2 Teneur relative en eau des feuilles

Après avoir déterminé la surface foliaire, les mêmes feuilles emballées dans des petits paquets pour déterminer leur masse fraîche totale à l'aide d'une balance de précision. Ces paquets ont été placés par la suite dans une étuve à une température de 70°C pendant 72 heures. La masse sèche des feuilles a été déterminée avec une balance de précision.

$$\text{TRE \%} = (\text{poids frais} - \text{poids sec} / \text{poids frais}) \times 100$$

2.4 Analyses statistiques

Les différents paramètres étudiés ont été statistiquement analysés moyennant le logiciel SAS (version 9.1). Ces analyses ont porté sur la variance multifactorielle en utilisant la procédure PROC ANOVA. La comparaison des moyennes a été effectuée par la méthode LSD au seuil 5%. La signification de la variance a été vérifiée par le test de Fisher au seuil 5%.

3. Résultats

3.1. Etude et dosage de la chlorophylle a chez les deux variétés le long d'un cycle phréologique

Le dosage de la chlorophylle a dans les feuilles au cours des mois a montré une divergence significative entre les mois et surtout entre les saisons. Pour les deux variétés *apiculata* et *mutica*, l'augmentation du taux de chlorophylle « a » a commencé au mois de Novembre avec des quantités similaires pour les deux variétés 1220 et 1261 µg/g MF pour atteindre son optimum au printemps au mois de mars avec 2101,41 et 1459,14 µg/g MF respectivement pour *apiculata* et *mutica*. Une diminution significative est notée à partir du mois d'avril et le long de la saison estivale. Les feuilles de la variété *apiculata* ont présentés des taux assez important que celle de la variété *mutica* en matière de chlorophylle « a » au cours des mois et notamment à partir du mois de Décembre.

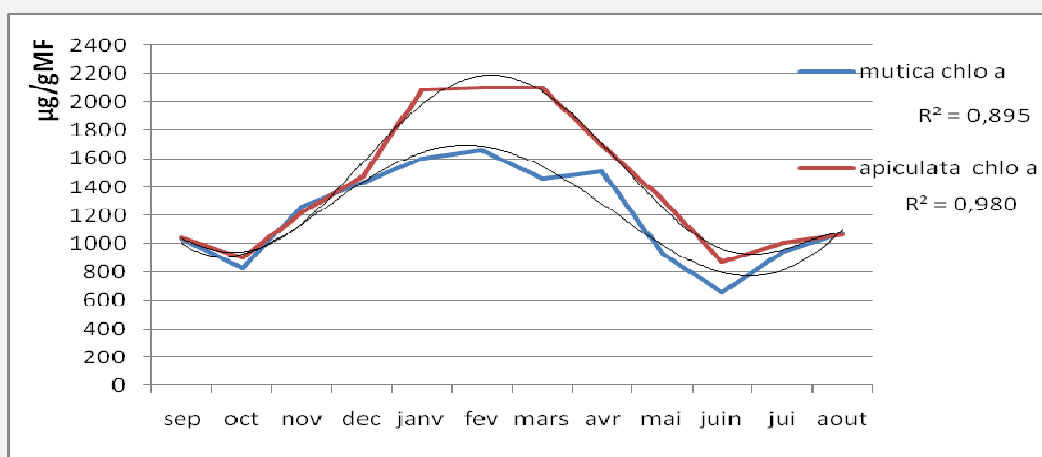


Figure 1 : variation de la quantité de chlorophylle « a » dans les feuilles des deux variétés *mutica* et *apiculata* le long d'un cycle phréologique de 12 mois.

3.2. Etude et dosage de la chlorophylle b chez les deux variétés le long d'un cycle phréologique

Le dosage de la quantité de chlorophylle « b » dans les feuilles d'arganier le long du même cycle phréologique sur les mêmes feuilles a illustré une dynamique saisonnière similaire à celle de la chlorophylle « a ». Des différences significatives entre les mois a été noté. Ainsi l'augmentation des taux de pigments a

commencée au mois de décembre avec des légères différences chez les feuilles des deux variétés. Un premier pic est apparu au mois de Novembre avec 1261,07 µg/g MF. Le maximum de synthèse est noté au mois de février avec 1659,32µg/g MF. La variété *apiculata* est la plus dynamique en mode de synthèse chlorophyllienne surtout en hiver et au printemps par rapport à la *mutica*.

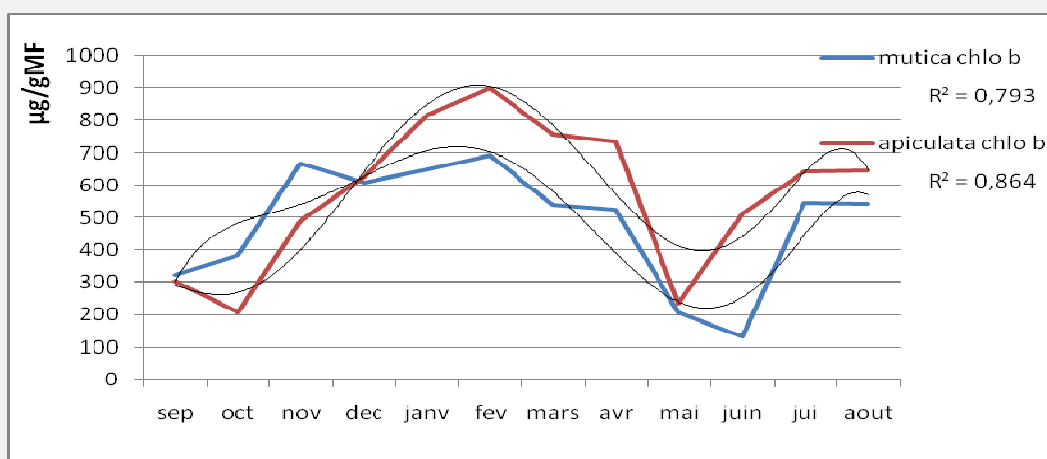


Figure 2 : variation de la quantité de chlorophylle « b » dans les feuilles des deux variétés *mutica* et *apiculata* le long d'un cycle phréologique de 12 mois.

3.3. Etude et dosage de la chlorophylle Totale chez les deux variétés le long d'un cycle phrénologique

L'augmentation de la synthèse des pigments a commencé au mois d'octobre avec des taux similaires entre les feuilles des deux variétés *apiculata* et *mutica* (valeur). Un premier pic au mois de décembre et un deuxième au mois de février avec des différences significatives dans

la réponse des deux variétés. Une baisse spectaculaire au mois de mars surtout pour la variété épineuse suivie d'un troisième pic au mois d'avril. Les taux restent moyennement faible pour les deux variétés pendant la saison estivale mais ils sont plus importants dans les feuilles de la variété *apiculata*.

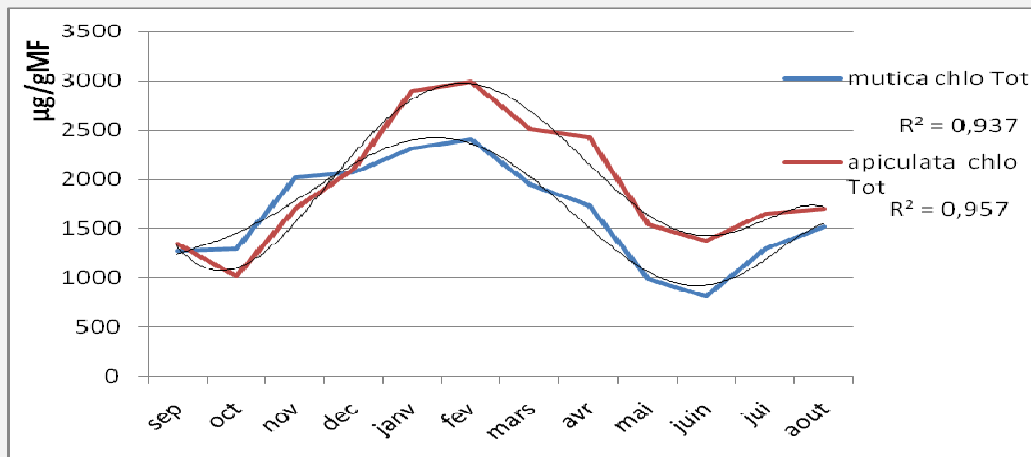


Figure 3 : variation de la quantité de chlorophylle totale dans les feuilles des deux variétés *mutica* et *apiculata* le long d'un cycle phrénologique de 12 mois

3.4. Etude de la dynamique de la teneur relative en eau des feuilles des deux variétés

La teneur relative en eau des feuilles de la variété *apiculata* est généralement élevée le long du cycle phrénologique (entre 45 et 60%). Les variations sont négligeables entre les mois et les différences sont non significatives. Pour la variété *mutica*, en remarque une dynamique de la variation de la pression osmotique des feuilles d'une saison à une autre avec des différences significatives entre les

saisons ; ainsi les teneurs sont relativement élevées au cours des trois mois de la saison de l'automne avec 58 et 57% respectivement pour les mois d'octobre et novembre, alors que des baisses remarquables ont commencées le mois de décembre et janvier (48 et 41%) pour se suivre jusqu'à la fin de la saison du printemps avec 16% au mois de Mai. Un deuxième pic commence à apparaître le mois d'Aout avec une TRE de 47% qui représente presque le double de la TRE moyenne des mois de Mai, juin et Juillet.

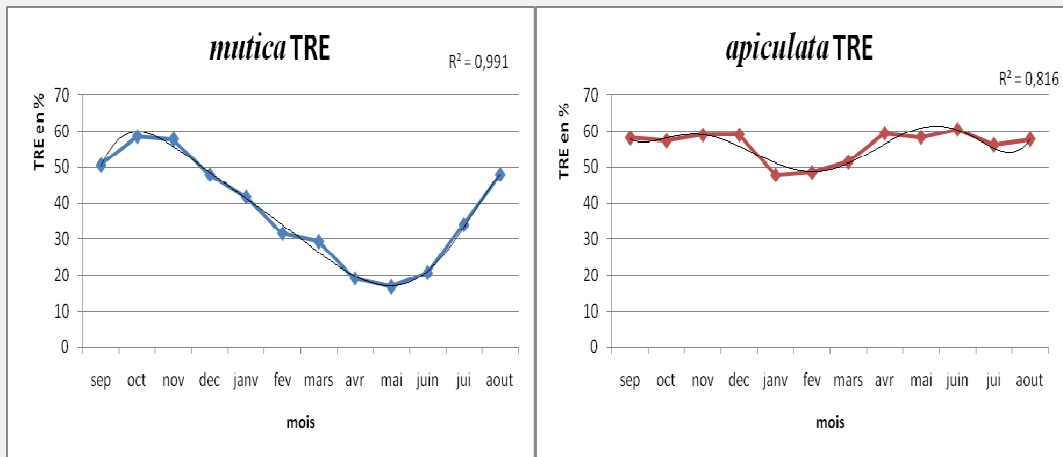


Figure 4 : variation du pourcentage de la teneur relative en eau TRE dans les feuilles des deux variétés *mutica* et *apiculata* le long d'un cycle phénologique de 12 mois

3.5. Etude de la dynamique de la variation de la surface foliaire des feuilles des deux variétés

L'indice foliaire de la variété *mutica* est généralement élevée le long du cycle phénologique (entre 23 et 37 cm²/cm). Les variations sont négligeables entre les mois et les différences sont non significatives entre les saisons. Pour la variété *apiculata*, on remarque une fluctuation dans la taille des feuilles d'une saison à une autre avec des différences significatives entre les saisons; ainsi les indices foliaires sont relativement élevés au cours des trois mois

de la saison de l'automne avec 23,5 et 21,95 cm²/cm respectivement pour les mois d'octobre et novembre, alors que des baisses remarquables ont commencées le mois de décembre et janvier (18,4 et 14,6 cm²/cm) pour se suivre jusqu'à la fin de la saison du printemps avec 7,8 cm²/cm au mois de Mai et Avril. Un deuxième pic commence à apparaître le mois d'Aout avec un indice foliaire de 18,4 cm²/cm qui représente presque le double de la surface foliaire des feuilles moyenne des échantillons prélevés aux mois de Mai, juin et Juillet.

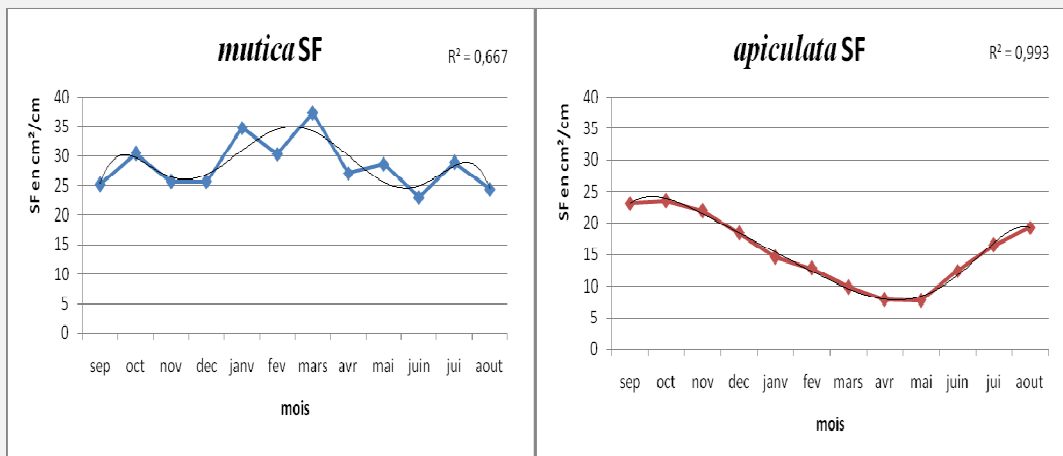


Figure 5 : variation de la surface foliaire (en cm²/cm) des feuilles des deux variétés *mutica* et *apiculata* le long d'un cycle phénologique de 12 mois.

Tableau 1 : Résultats des analyses statistiques des taux de chlorophylles dans les feuilles chez les deux variétés en $\mu\text{g/g}$ MF

	Chlorophylle a		Chlorophylle b		Chlorophylle Totale	
	<i>mutica</i>	<i>apiculata</i>	<i>mutica</i>	<i>apiculata</i>	<i>mutica</i>	<i>apiculata</i>
septembre	1032.3± 438,3 dc	1044,2± 322,6d	322,9± 62,3cd	303,5± 77,8 c	1274,4± 219,4 de	1347,3± 259,9de
Octobre	828,8± 197,4 de	902± 246,9d	385,6± 87,1 bc	205,7± 82 c	1287,2± 228,5de	1018,9± 179,1e
Novembre	1261,1± 86,3 bc	1220± 167cd	669,2± 74,5 a	489,7± 69,6 bc	2013,5± 231,9bac	1709,3± 233,3dc
Décembre	1428,8± 102,8 ba	1475± 28,8 bc	609,2± 18,1 a	626,7± 57,2 ba	2065,6± 70,2 ba	2101,2± 68,4bc
Janvier	1605,1± 159 a	2084± 433,2a	650,5± 72,8 a	813,8± 167,5 ba	2310,6± 229,3 a	2897,6± 399,6a
Février	1659,3± 150,8 a	2096,3± 408,9a	693,2± 48,6 a	898,9± 229,2 a	2403,4± 201,5 a	2994,5± 424,9a
Mars	1459,1± 136,3 ba	2101,4± 420,7a	541,7± 136,2 ba	756,9± 187,2ba	1948,4± 387,1bac	2511,3± 187,2a
Avril	1506,5± 160,6ba	1697,2± 207,12ba	525,4± 43,6 ba	734,7± 134,9 ba	1727,4± 141,6bdc	2431,3± 330,6ba
Mai	925,8± 87,42 de	1309,3± 66bcd	207± 72dc	233,1± 43,6 c	982,7± 162,6 e	1542,2± 197,4dce
Juin	655,5± 154,8 e	869,6± 219,8d	132,8±32 d	509,3± 59,6 bc	810,1± 161 e	1378,6± 230,7de
Juillet	943,1± 162,7 de	1008,2± 225,7d	547,6± 54,3 ba	641,7± 120 ba	1294,4± 254,7 ed	1649,5± 302,7dce
Aout	1075,8± 203,2 cd	1063,3± 62,2cd	543,9± 79,6 ba	642,8± 23,4 ba	1518,7± 234,5 dc	1705,7± 53,2dc

Les moyennes dans chaque colonne suivies par une lettre différente sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Tableau 2 : Résultats des analyses statistiques de la teneur relative en eau (%) des feuilles et de la surface foliaire (cm^2/cm) chez les deux variétés

	TRE en %		SF en cm^2/cm	
	<i>mutica</i>	<i>apiculata</i>	<i>mutica</i>	<i>apiculata</i>
septembre	50,5± b	58± a	18,1± c	23,1 ±a
Octobre	58,5± a	57,2± a	30,4± ba	23,5± a
Novembre	57,7± a	58,8± a	25,6±bac	20,2± ba
Décembre	47,9±cb	58,8± a	25,6±bac	18,4± bc
Janvier	41,7± c	32,7± a	34,7± a	14,6± cd
Février	31,6± d	48,5± a	30,3± ba	12,8± ed
Mars	29,3± d	51,4± a	32,2± ba	9,8± fe
Avril	19,1± f	68,3± a	27±bac	7,8± f
Mai	16,7± f	58,2± a	28,6±bac	7,7± f
Juin	20,6± fe	60,3± a	23± bc	12,8± ed
Juillet	34± d	56,1± a	28,9±bac	16± bcd
Aout	47,9± bc	57,6± a	24,2±bac	19,3± ba

Les moyennes dans chaque colonne suivies par une lettre différente sont significativement différentes ($p < 0,05$).

4. Discussion

Pour les deux variétés, la dynamique de la synthèse chlorophyllienne le long du cycle phénologique est généralement proportionnelle au cours des saisons mais avec des différences significatives en quantités de chlorophylles pour les deux variétés. Ainsi, on a noté que la

synthèse de chlorophylle baisse durant les saisons sèches suite aux contraintes hydriques. D'après Lowlor (2002), l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse et la conductance stomatique sont affectées lors d'un déficit hydrique (Lowlor 2002 ; Lowlor et

al. 2002). La réduction de la photosynthèse, liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, dépend à la fois de la fermeture des stomates, avec une diminution de la conductance à la diffusion du CO₂ et d'une limitation biochimique du chloroplaste à fixer le CO₂ (Tardieu et Simoneau 1998 ; Escolana et al. 1999 ; Flexas et Medrano 2002.), probablement associée à la régénération limitante du RuBP, Ribulose Biphosphate, substrat du cycle de Calvin (Gimenez et al. 1992). D'après les analyses statistiques, la synthèse de chlorophylle dans les feuilles de la variété *apiculata* est plus significative que celle dans les feuilles de la variété *mutica* et surtout pendant la saison sèche ; cela pourra être expliqué par l'adaptation de la variété épineuse aux conditions de stress hydrique et sa pratique parfaite de la stratégie d'évitement par la réduction de la surface foliaire lors d'un stress hydrique (Parry et al. 2005 ; Lebon et al. 2006) pour pouvoir limiter l'évapotranspiration. Cette réduction de la surface foliaire peut provenir d'une diminution de l'expansion foliaire et/ou d'une sénescence accélérée de la feuille (Kramer et Boyer 1995). La croissance foliaire est stoppée très rapidement par un déficit hydrique ce qui explique la taille réduite des feuilles de la variété *apiculata*. La stratégie de l'évitement est principalement liée, d'une part, à la réduction de la transpiration et d'autre part, à une optimisation de l'absorption d'eau par les racines. La diminution de la transpiration est principalement liée à la fermeture des stomates. Il s'ensuit une chute de l'assimilation de CO₂ donc une baisse de production de biomasse. Elle peut être due également à une diminution des surfaces évaporantes. Parmi les mécanismes permettant de réduire la transpiration, la réduction de la surface foliaire et la diminution de la conductance stomatique (gs) jouent un rôle déterminant. Lors de sécheresses précoces, la réduction de la surface foliaire est associée à une diminution de l'expansion foliaire plus qu'à une sénescence accélérée des feuilles. Le rendement, corrélé à la durée de vie de la surface foliaire après floraison, est fortement affecté lorsque la sénescence est accélérée par des déficits hydriques tardifs. La régulation de la conductance stomatique reste le mécanisme

majeur intervenant à court terme pour limiter les pertes en eau : le potentiel hydrique foliaire sera maintenu d'autant plus longtemps que la fermeture des stomates est précoce. Celle-ci peut intervenir à des potentiels hydriques foliaires différents en fonction du cépage (Bota et al. 2001) et du stade de développement (Howell 2001). La régulation de la conductance stomatique dépend du potentiel hydrique foliaire et de l'humidité de l'air au champ (Lowlor et Cornic 2002). Les cépages à faible conductance sont plus sensibles au déficit de vapeur et à la baisse du potentiel hydrique foliaire que ceux à forte conductance. Une faible conductance est généralement proposée comme un trait favorable à l'adaptation à la sécheresse (Shultz et al 1993). Si la fermeture des stomates n'est pas totale, en raison de la différence entre les coefficients de diffusion de l'eau et du CO₂ dans la feuille, la transpiration est plus réduite que l'assimilation nette : l'efficacité d'utilisation de l'eau (WUE) est alors augmentée en situation de stress (Cuevas et al. 2006). En revanche, une telle sensibilité des stomates à la diminution de potentiel hydrique peut augmenter la fréquence des épisodes de photo-inhibition. La chaîne de transport des électrons est alors rétro-réglée afin de dissiper l'énergie lumineuse en excès. Il est admis que le photosystème II (PSII) joue un rôle central dans les processus d'utilisation et de régulation de l'énergie lumineuse (Baker et Rosenqvist 2004). Lorsque la fixation du CO₂ ne consomme plus assez d'énergie, d'autres voies métaboliques, telles que la photorespiration, peuvent contribuer au maintien du transfert non cyclique des électrons (Guan et al. 2004). Lorsque cette « voie photochimique » est saturée, la dissipation thermique, par l'intermédiaire du cycle des xanthophylles, joue un rôle important au sein des mécanismes photoprotecteurs en limitant la destruction des PSII (Demmig-Adams et Adams 1996). Cependant, une augmentation supplémentaire de l'énergie lumineuse absorbée, conduit à une inactivation des PSII plus ou moins réversible, liée à des modifications structurales de la protéine D1 (Yokthongwattana et Melis 2006). Ces modifications du fonctionnement photochimique peuvent être associées à une altération de la biochimie du chloroplaste. En

effet, chez le tournesol, la réduction de la concentration intercellulaire en CO₂ peut s'accompagner d'une diminution durable de l'efficacité du chloroplaste à utiliser le CO₂, même si par la suite, la disponibilité de celui-ci n'est plus limitatrice. Cette altération du fonctionnement chloroplastique, plus ou moins rapidement réversible, peut contribuer à réduire le bilan journalier d'assimilation nette, suite à la dépression de conductance stomatique à la mi-journée ou en période de post-sécheresse. L'optimisation de l'absorption d'eau est liée à un ensemble complexe de caractères morphologiques des racines : masse et volume, ramification, profondeur (Soar et al. 2006, Soar et Loveys, 2007). De nombreuses plantes adaptées aux zones arides ne contrôlent que très peu leurs pertes en eau par transpiration, mais possèdent un enracinement très profond capable d'extraire l'eau du sol. La croissance racinaire en conditions sèches peut être maintenue par l'ajustement osmotique qui limite la baisse du potentiel de turgescence (Kramer et Boyer 1995). Dans le cadre d'une interprétation globale des résultats, on a constaté une forte corrélation entre la dynamique de synthèse de chlorophylle d'une part et la dynamique de la TRE et l'IF pour chaque variété d'une autre part. Ainsi, pour la variété *apiculata*, le maintien de taux relativement élevés en matière de chlorophylle par rapport à la *mutica* en conditions d'insuffisance hydriques n'est que le résultat de la baisse de l'indice foliaire qui a permis le maintien des réserves hydriques dans les feuilles confirmé par les valeurs généralement élevés de TRE des feuilles mesuré sur les mêmes échantillons. D'autre part, on a remarqué que la variété *mutica* n'a pas réagi contre l'insuffisance hydrique avec une surface foliaire généralement élevée le long du cycle ; un comportement qui a affecté directement les réserves hydriques des feuilles en provoquant une perturbation photosynthétique et donc une diminution de la synthèse chlorophyllienne. D'après ces analyses, on peut dire que la variété *apiculata* subit une contrainte hydrique alors que la variété *mutica* subit un déficit hydrique ; Ainsi selon (lecoeur et al 2007), si le fonctionnement de la plante est affecté par le déficit hydrique mais les tissus de la plante ne subissent pas une baisse de leur TRE, on parle

de contrainte hydrique mais on parle de stress hydrique lorsque les tissus de la plante subissent une baisse de leur teneur relative en eau qui affecte le métabolisme de la plante et spécifiquement la photosynthèse qui est le cas de la variété *mutica*. Le déficit hydrique c'est le résultat d'une faible disponibilité en eau dans le sol ou une faible exploitation des réserves hydriques disponible dans le sol par les racines et/ou d'une forte demande évaporative au niveau des feuilles c'est-à-dire que l'évapotranspiration maximale ETM est plus élevée que la transpiration. De ce fait, tous les processus de la plante seront affectés principalement le processus métabolique par la réduction de la photosynthèse et le processus de l'organogenèse par la réduction de la taille des fruits et de leurs propriétés phytochimiques sachant que les fruits de la variété *mutica* sont plus petits que ceux de la variété *apiculata* et ont un rendement plus bas en matière de l'huile végétale.

5. Conclusion

L'ensemble de nos résultats montre que les deux variétés sont généralement tolérantes à la sécheresse. La variété *apiculata* s'est montrée plus adaptée aux conditions de stress hydrique grâce à la stratégie d'évitement en limitant la transpiration par la fermeture partielle des stomates d'une part et la rétention du maximum d'eau dans ses feuilles d'autre part. Malgré ses grandes feuilles par rapport à la variété *apiculata*, la variété *mutica* est moins active en matière de photosynthèse surtout avec l'augmentation de la température. Pour les deux variétés, la synthèse des pigments chlorophylliens dépend totalement de l'état physique et hydrique des feuilles indépendamment de la saison.

Références

- Baker N R and E Rosenqvist (2004)** Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany* 55:1607-1621.
- Boudy P (1950)** Economie forestière Nord Africaine. Tome II, Monographie et traitements des essences forestières. Fasc 1. pp : 382-416. Larose Paris.
- Bota J, Flexas J and H Medrano (2001)** Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars. *Annals of Applied Biology* 138:353-361.
- Domingo F, Brenner A J, Gutiérrez L, Clark S C, Incoll L D, Aguilera C (2003)** Water relations only partly explain the distributions of three perennial plant species in a semi-arid environment. *Biologia plantarum* 46 (2) : 257-262.
- Degl'Innocenti E, Guidi L, Stevanovic B, Navari F (2008)** CO₂ fixation and chlorophyll a fluorescence in leaves of *Ramonda serbica* during a dehydration–rehydration cycle. *Journal of Plant Physiology* 165,723-733
- Emberger L (1925)** Le domaine naturel de l'arganier. *Bull. Soc Bot., Paris*. Pp : 770-774.
- Ehrig F.R. (1974)** Die Arganie. Charakter, Ökologie und Wirtschaftliche Bedeutung eines Teträrreliktes in Marokko. *Petermanns Geogr Mitt.*, 118 (2). Pp: 117-125.
- Escalona J M., Flexas J and H Medrano (1999)** Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. *Australian Journal of Plant Physiology* 26:421-433.
- Flexas J and H Medrano (2002)** Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plant: Stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of Botany* 89:183-189.
- M'hirit O (1989)** L'arganier est une espèce fruitière forestière à usages multiples. Formation forestière continue, Thème « l'arganier » Station de Recherche Forestière, Rabat, 13-17 Mars : 31-57.
- Prendergast H.D.V. Walker C.C (1992)** The Argan multipurpose tree of Morocco. *The Kew Magazine*, 9: 76–85.
- Nouaim R Chaussod R (1993)** L'Arganier – *Argania spinosa* (L) Skeels.(Sapotacées). *Bull Res Arb Trop* ; 27 : 7-9.
- Turner NC (1986)** Adaptation to water deficits: A changing perspective. *Aust J Plant Physiol* ; 13 : 175-90.
- Sawadogo, M., Zombre G, Balma D (2006)** Expression de différents écotypes de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) au déficit hydrique intervenant pendant la boutonnisation et la floraison. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 43–54
- Kaya C, Tuna A L, Alves A A C (2006)** Gibberellic acid improves water deficit tolerance in maize plants. *Acta physiologiae plantarum* Vol. 28 No. 4. 331-337.
- Lawlor D W and G Cornic (2002)** Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell & Environment* 25:275-294.
- Lebon E, A Pellegrino, F Tardieu and J Lecoeur (2004)** Shoot development in grapevine is affected by the modular branching pattern of the stem and intra and inter-shoot trophic competition. *Annals of Botany* 93:263-274.
- Lebon E, Pellegrino A, Louarn G and J Lecoeur (2006)** Branch development controls leaf areodynamics in grapevine (*Vitis vinifera*) growing in drying soil. *Annals of Botany* 98:175-185.
- Lecoeur J, J Wery, O Turc and F Tardieu (1995)** Expansion of pea leaves subjected to short water deficit: cell number and cell size are sensitive to stress at different periods of leaf development. *Journal of Experimental Botany* 46:1093-1101.
- Howell, GS (2001)** Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship. *A review Amer. J. Enol. Vitic.* 52:165-174.

- Cuevas E, Baeza P and J R Lissarrague (2006)** Variation in stomatal behaviour and gas exchange between mid-morning and mid-afternoon of north-south oriented grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo) at different levels of soil water availability. *Scientia Horticulturae* 108:173-180.
- Gimenez C, Mitchell V J and D W Lawlor (1992)** Regulation of photosynthetic rate of two sunflower hybrids under water stress. *Plant Physiol.* 98:516-524.
- Guan X Q, Zhao S J, Li, D Q and H R Shu (2004)** Photoprotective function of photorespiration in several grapevine cultivars under drought stress. *Photosynthetica* 42:31-36.
- Demmig-Adams B and Adams W W III (1996)** The role of xanthophyll cycle carotenoides in the protection of photosynthesis. *Trends plant Sci I* : 21-26
- Parry M A J, Flexas J and H Medrano (2005)** Prospects for crop production under drought: research priorities and future directions. *Annals of Applied Biology* 147:211-226.
- Tradiou F and Simoneau (1998)** Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modeling isohydric and anisohydric behaviours. *Journal of Experimental Botany* 49:419-432.
- Yokthongwattana K and A Melis (2006)** Photoinhibition and recovery in oxygenic photosynthesis: Mechanism of a photosystem II damage and repair cycle. In Demmig-Adams, B., Adams III, W.W. & Mattoo, A.K. (eds). *Photoprotection, photoinhibition, gene regulation, and environment*. Springer Netherlands, pp. 175-191.
- Kramer P J and J S Boyer (1995)** Water relations of plants and soils (Book). Academic Press, Inc.
- Soar C J, Speirs J, Maffei S M, Penrose A B., McCarthy M G and B R Loveys (2006)** Grape vine varieties Shiraz and Grenache differ in their stomatal response to VPD: apparent links with ABA physiology and gene expression in leaf tissue. *Australian Journal of Grape & Wine Research* 12:2-11.
- Shultz H R and M A Matthews (1993)** Xylem development and hydraulic conductance in sun and shade shoots of grapevine (*Vitis vinifera* L.): evidence that low light uncouples water transport capacity from leaf area. *Planta* 190:393-406.