

EPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BATNA  
FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT AGRONOMIE

# THESE

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en  
sciences agronomiques

Option : Phytotechnie

Thème

{action de cinq provenances de porte - greffes francs d'abricotier  
(*Prunus armeniaca*. L) au déficit hydrique. Tolérance à la  
sécheresse.

---

Présenté par M<sup>61</sup>  
BOU23DINORA

Jury  
résident M<sup>r</sup> : ALLATOU.D. Maître de Conférence  
ncadreur M<sup>r</sup> : OUDJEHIH.B. Maître de Conférence  
xamineurs M<sup>ra</sup> : BOUZERZOUR. H. Maître de Conférence  
CHORFI.A.M. Maître de Conférence  
ivrté W : MEDJADBA.A.M

Université de CONSTANTINE  
Université de BATNA  
Université de SETIF Université  
de BATNA Université de  
BATNA

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2004 - 2005

## Références bibliographiques

- Abdelguerfi. A., 1988.** Pourquoi un séminaire nationale sur les ressources phylogénétiques et leur valorisation. In Annale de l'institut nationale agronomique (El-Harrach).
- Abdella. M.M.F et Fischbech.G., 1978.** Growth and fertility of five stocks of field Beans grown under three temperature regimes, and the effect of natural water stress on seed Index of collection of *Vicia faba*.L. Agronomy and crop science, 147. PP : 81-91.
- Ackerson. R. C., 1981.** Osmoregulation in cotton in response to water stress : II- Leaf carbohydrate status in relation to osmotic adjustment. Plant physiology. 67, PP : 489-493.
- Audubert. A et Lichou. J., 1989.** L'abricotier. Ed CTIFL, Paris 386P.
- Aussenac.G, Finkelstein. D., 1982.** Influence de la sécheresse sur la croissance et la photosynthèse du Cèdre. Ann. Scie. For., 40(1). PP : 67-77.
- Aussenac.G et Granier. 1984.** Influence du dessèchement du sol sur le fonctionnement hydrique et la croissance du Douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirbi Franco).Acta oecologica. Vol. 5(19) n°3. PP : 241-253.
- Ayachi. N., 2002.** Contribution à l'étude de quelques caractères morphologiques et biochimiques de 08 cultivars de palmier dattier. Région Ouled Djellal (Biskra). Thèse Ing. Agr. Batna. 462P.
- Bahn.S.W, Singh.G et Singh.A., 1973.** Note on root development as an index of drought resistance in Sorgho (*Sorghum bicolor*.L. Moench.). Indian journal of agricultural science, 43. PP :828-830.
- Becker.M., 1970.** Transpiration et comportement vis à vis de la sécheresse de jeunes plants forestiers (*Abies alba* Mill., *Picea abies*L. Karsten., *Pinus nigra* Arn. Ssp., *Laricio noir*, *Pinus strobus* L. Ann. Scie. For. 27(4), PP :401-420.
- Becker.M., 1974.** Etude expérimentale de la transpiration et du développement de jeunes Douglas en fonction de l'alimentation en eau. Ann. Scie. For. INRA ; 31(2), PP :97-109.
- Becker.M., 1977.** Contribution à l'étude de la transpiration et de l'adaptation à la sécheresse de jeunes plants résineux. Exemple de 03 Sapins du pourtour méditerranéen (*Abies alba*, *A. nordmanniana*, *A. humidica*). Ann. Scie. For. 34(2), PP : 137-158.
- Belhassen.E, This.D et Monneveux.P., 1995.** L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. Cahiers de l'agriculture . 4, PP : 251-261.
- Benaaziza. A., 1991.** Etude de quelques caractéristiques agrobiologiques de la variété population « Rosé » cultivée dans la région de Manaa (Tniet El Abed. Batna). Thèse Ing. Agr. Batna. 50P.
- Benslimane. L., 1997.** Effets des provenances du porte- greffes franc (Mech- Mech) sur le greffon chez l'abricotier (*Prunus armeniaca*. L.) Thèse Ing. Inst. Agr. Batna. 39P.
- Bentayeb. Z., 1993.** Biologie et écologie des arbres fruitiers. Collection : le cours d'agronomie. Ed : OPU. 96P.
- Blondon.F, Clabaut.G, Rainguez.M., 1980.** Action d'une température fraîche (10°) appliquée au stade jeune sur la croissance et l'activité photosynthétique de deux variétés de Mais. Ann. Amélio. Plantes. 30(4). PP :399- 410.
- Bonneau. M et Souchier. R., 1979.** Pédologie 2. Constituants et propriétés du sol. Ed Masson. 459P.
- Bouhidel. N., 1998.** Effet du chlorure de sodium sur le comportement d'une orge(variété *Tichedrett 9265*) et d'une triticales (variété *Juanillo 159*). Comparaison. Thèse Mag. Inst. Agr. Batna 82P.
- Boukaaboub. A., 1994.** Grains normaux et échaudés chez le tritical (*x – Triticosecale wittmack*). Variété Beagle : Etude agronomique et cytogénétique. Thèse Mag. Ins. Agr. Batna. 132P.
- Boulaine.J., 1972.** Hydropédologie. Ecole nationale du génie rurale des eaux et des forêts. Ed : PUF. France. 122P.

- Boutabet. S., 1990.** Etude de l'influence du stress hydrique sur les paramètres de production du haricot nain. Thèse Ing. Agr. INA. El harrach . 53P.
- Bretaudeau. J., 1979.** Atlas d'arboriculture fruitière Volume III. Ed : J.B. Baillièrè. Paris. 184P.
- Bretaudeau. J, Faury. Y., 1992.** Atlas d'arboriculture fruitière . Volume I. Ed : Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 289P.
- Breda. N, Cochard. D, Dreyer.E, Granier.A ; 1993.** Field comparison of transpiration, stomatal conductance and vulnerability to cavitation of *Quercus petraea* and *Quercus robur* under water stress. In Ann. Sci. For. 50. PP : 571-582.
- Brochet. P et Gerbier.N., 1978.** L'évapotranspiration. Aspect agrométéorologique. Evaluation pratique de l'évapotranspiration potentiel. Monographie n° 65 de la météorologie nationale. S.M.M. Climatologie. Paris. 95P
- Brown.P.W, Tanner.C.B., 1983.** Alfalfa stem and leaf growth during water stress. Agronomie. J. Vol. 75(5). PP : 799-804.
- Calmes. J, Viala. G, Gelfi. N et Blanchet. R., 1985.** Influence d'un déficit hydrique sur trois variétés de Soja : Effet sur la protéogénèse des graines. Agronomie. 5 (2), PP : 169-176.
- Callot. G, Chamayou. H , Maertens. C, Salsac. L., 1996.** Mieux comprendre les interactions sol-racines . Incidence sur la nutrition minérale. INRA. Paris. 325P.
- Catzeflis. J, Udry. L., 1978.** La réaction du pommier au manque d'eau. In Revue Suisse Vit.Arboric. Hortic. Vol. 10(3). PP : 121- 123.
- Catzeflis. J., 1988.** Rationnement de l'arrosage des pommiers. In Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 20(6). PP : 383- 386.
- Cemagref ., 1983.** Influence de l'irrigation sur le développement végétatif des arbres et la qualité gustative des fruits. Etude du Cemagref. Techniques de l'irrigation n° 499. France 68P.
- Charfaoui. M. S., 1984.** Etude de l'influence d'une contrainte hydrique sur la croissance et la photosynthèse du Haricot (*Phaseolus vulgaris var. Kunjaly*). DES Ecophysiologie végétale. Université de Paris. 46P.
- Chartzoulakis. K, Nottzakis. B, Theiros. I., 1993.** Photosynthesis, plant growth and dry matter distribution in Kiwi fruit an influenced by water deficit. Irrig. Sci., 14. PP : 1-5.
- Chebouti.A., 1999.** Effet du stress hydrique sur le comportement et la production de semences chez 03 espèces de Luzernes annuelles : *Medicago aculeata*, *Medicago orbicularis* et *Medicago truneatula*. Thèse. Mag. INA. El Harrach. 125P.
- Clemend. R et Galand. A., 1979.** Irrigation par aspersion. Ed : EYROLLES. 182P.
- Couranjou.J., 1977.** Les variétés d'abricotier. Ed. INRA. Paris 46P.
- Coutanceau. M., 1962.** Techniques et économie des cultures de Rosacées fruitières ligneuses. Ed. J.B. Baillièrè . Paris. 544P.
- Crossa- Raynaud. M., 1961.** L'abricot et le climat. Journées nationale de l'abricotier. Ed. INRA. France. PP : 55-61.
- Davidson. D.J, Chevalier. P. M., 1989.** Influence of polyethylene glycol induced water deficit on tillers production. In spring. Wheat. Crop science. 27. PP : 1185- 1187.
- Djebbar. R., 1991.** L'effet d'un stress hydrique sur le développement et le métabolisme des semences de Soja (*Glycine max. L*). Thèse Mag. USTHB. Alger. 94P.
- Doorenbos.J, Fruit. W.O., 1976.** Les besoins en eau des cultures. Bulletins FAO d'irrigation et de drainage. n° 33. ONU. Rhome. 198P.
- Dreyer. E et Mauget. J. C. , 1986.** Conséquences immédiates et différées des périodes de sécheresse estivale sur le développement de jeunes noyers (*Juglans regia L., cv « Pedro »*). Dynamique de croissance et dormance automno hivernal des bourgeons. Agronomie, 6(7). PP : 639-650. ed
- Ducroq. M., 1990.** Les bases de l'irrigation. Techniques agricoles méditerranéennes. Ed. Tec et Doc. Paris ; ESU. Liban.

- Durieux. F, Keilling. J et Marcelmaclin., 1984.** Encyclopédie. Techniques agricoles. Ed. J.B. Baillière. 246P.
- Dyson,G., 1970.** Physiologie et biologie des plantes vasculaires. Tome III. 1ère partie : Nutrition et métabolisme. ed. SEDES, Paris. 291P.
- Edwards. L. M., 1981.** Fertilisation potassique et amélioration de la tolérance au stress. Revue de la Potasse. Section 23. n° 5 et 7.
- Elhassani. T. A et Perssons. E., 1994 :** Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. Ed. AUPELF- UREF. 544P.
- Eze. J.M.O, Dumbroff. E.B et Thompson. J.E., 1988.** Effects of moisture stress and senescence on the synthesis of abscisic acid in the primary leaves of bean (Kidney beans, ABA) . Physiologia Plantarum. 51(4). PP : 418-422.
- FAO.1987.** Guide des engrais et la nutrition des plantes. Bulletin FAO engrais nutrition des plantes. Rpme 1987.
- Finkelstein. D., 1981.** Influence des conditions d'alimentation hydrique sur le débourrement de jeunes plants de cèdre (*Cedrus atlantica. Manetti*) cultivé en serre. Ann. Sci. For. 38(4). PP : 513-530.
- Gardner.W.R., 1960.** Dynamic aspects of water availability to plants. Soil. Sci. n° 89. PP :63-73.
- Gardner. W.R., 1980.** Lower limit at availability to plants. Science. n° 143. PP : 1460-1462.
- Gautier. M., 1971a.** L'abricotier et sa culture. In Arb. Fruit. n° 20. PP : 46-55.
- Gautier. M., 1978.** Les espèces fruitières. Ed. Hachette. Paris. 223.
- Gautier. M., 1980 a.** L'abricotier et sa culture. 1ère partie. In Arboriculture fruitière. n° 313. PP : 29-48.
- Gautier. M., 1980 b.** L'abricotier et sa culture. 3ème partie. In Arboriculture fruitière. n° 315. PP :31- 39.
- Gautier. M., 1982.** L'abricotier et sa culture. Arboriculture fruitière. n° 336. PP : 37-41
- Gautier. M., 1984.** Comment réussir la création d'un verger. Arboriculture fruitière. n° 366. PP : 37-41.
- Gautier. M., 1988.** L'arbre fruitier. Ed : Baillière. PP : 275-289.
- Gautier. M., 1991.** La culture fruitière (volume I) : L'arbre fruitier (2<sup>ème</sup> édition). Ed Lavoisier. Paris. 594P.
- Gautier. M., 2001.** La culture fruitière. Les productions fruitières. Volume 2. Ed. Tec et Doc . Paris. 665P.
- Goss. G, Chartiet. M, Lemaire. G, Guy. P., 1982.** Influence des facteurs climatiques sur la production de Luzerne. Fourrages. 90. PP : 113-133.
- Granier. A., 1987.** Evaluation of transpiration in a Douglas fir stand by means of sap flow. Measurements. Tree physiology. 3. PP : 309-320.
- Granier. A, Huc. R et Colin. F., 1992.** Transpiration and stomatal conductance of two rain forest species growing in plantations (*Smarouba amara* and *Goupia glabra*) in French Guyana. Ann. Sci. For. 49 ; PP : 17-24.
- Grourou. M., 2001.** Contribution à l'étude morphologique de quelques cultivars d'olivier dans les zones de Seggana ; Sefiane ; Boumagueur et N'gaous. Thèse Ing. Agr. Batna 49P.
- Guerfi. I., 1998.** Etude du greffage de l'abricotier (*Prunus armeniaca. L.*) dans les conditions de la pépinière des Tamarins (région de Ain- Touta .W. Batna). Thèse Ing. Ins. Agr. Batna. 36P
- Guyot. G., 1998.** Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés. Ed. DUNOD. Paris. 525P.
- Hallaire. M., 1964.** Le potentiel efficace de l'eau dans le sol en régime de dessèchement. L'eau et la production végétale. Ed. INRA, Paris.108 P.
- Hinkley. T.M, Lassoie. J. P et Running. S. W., 1978.** Temporal and spatial variation in the water status of forest trees. Forest. Sci. Monographie n° 20.

- Hipps. C. T, Pages. L, Huguet. J. G, Serra. V., 1995.** Influence of controlled water supply on shoot and root development of young peach trees. *Tree physiology*. 15. PP : 95- 103.
- Hsiao. C. T., 1973.** Plant response to water stress. *Annal Rev. Plant physiology*. 24. PP :519- 570.
- Huguet. J. G. 1985.** Appréciation de l'état hydrique d'une plante à partir des variations micrométriques de la dimension des fruits ou des tiges au cours de la journée. *Agronomie* 5, 733-741.
- Huguet. J. G, Benoît. V, Orinaldo. P., 1987.** Application de la micromorphométrie sur tige en pilotage de l'irrigation du Mais. Colloque Alimentation hydrique.
- Huguet. J. G.,1992.** Specific micromorphometric reaction of fruit trees to water stress and irrigation scheduling automation. *J. Hort. Sci.*, 67 (5) . PP : 631-640.
- Huguet. J. G et Genard. M., 1995 a.** Effet d'une contrainte hydrique sur le flux pédonculaire massique et la croissance de la pêche. *Agronomie*. 15, PP : 97-107.
- Huguet. J. G et Genard. M. 1995.** Modérer l'irrigation. Qualité des pêches. *Arboriculture fruitière* n° 480,(25).
- Iferoudjen. N., 1991.** Comportement de quelques variétés de l'abricotier (*Prunus armeniaca. L.*) dans les conditions climatiques de la station expérimentale de Ain-Touta Thèse Ing. Ins. Agr. Batna. 92P.
- Kaiser. W.M., 1987.** Effects of water deficit on photosynthesis capacity. *Physiol. Plant* 71. PP : 142-149.
- Katerdji. N et Daudet. F. A., 1986 :** Etude in situ du fonctionnement hydrique et photosynthétique d'une vigne conduite en lyre . *Agronomie*. 6 (8). PP : 709- 716.
- Kettani. R., 1991.** Contribution à l'étude du développement et du rendement en semences chez *Medicago rigidula. L.* All. Soumise au déficit hydrique post floral. Mémoire du diplôme d'étude sup. d'université. DESU. Mont. II. 12P.
- Korrichi- Hammana. M. F., 1997.** Contribution à l'étude de la réponse protéique de 03 cultivars de blé dur (*Triticum durum*) au déficit hydrique. Recherche agronomique. INRA. 0. PP : 13- 17.
- Kozlowski. T. T., 1962.** Water deficit and plant growth development and measurement. Ed. Académie. Press. New-York. 347P.
- Kozlowski. T. T., 1982.** Water supply and tree growth. I- Water deficit. For abstr. 43, PP : 57-95.
- Kramer. P. J., 1969.** Plant and soil water. Relation-ships. A modern synthesis. Ed. CRAW HILL. New-York. 482P.
- Lamonarca. F., 1979.** Les arbres fruitiers : Comment les cultiver pour avoir de bons fruits. Ed. VECCHI. Paris . 213P.
- Lamonarca. F., 1985.,** La culture des arbres fruitiers. Ed. VECCHI. Paris. 221P.
- Leclerc. J. C., 1999.** Ecophysiologie végétale. Publication de l'université de Saint- Etienne. Paris. 283P.
- Lefebvre. J. M., 1974.** La qualité liée à la fertilité et à l'irrigation ; revue INVUFLEC, la tomate. Journée d'information . Nantes. Avignon. ChaapIII.
- Legave. J. M, Garcia. G, Marco. F., 1984.** Interférence des conditions et des besoins variétaux en froid et en chaleur sur la détermination de la fin de la dormance puis de la floraison de diverses variétés d'abricotiers de l'aire de culture française. *Fruits*. Vol. 39. n° 6. PP : 399- 408.
- Levitt. J., 1972.** Responses of plants to environmental stresses. academic. Press. New York. 31. 47P.
- Li. S. H et Huguet. J. G., 1989.** Production , qualité des fruits et croissance des pêchers soumis à différents régimes d'alimentation hydrique. *Fruits*. Vol. 44. n° 4. PP : 225- 232.
- Li. S. H, Huguet. J. G, Schoch. P. G, Bussi. C., 1990 a.** Réponse de jeunes pêchers cultivés en pots à différents régimes d'alimentation hydrique.  
- Conséquence sur la transpiration, la résistance stomatique, le potentiel hydrique foliaire, la photosynthèse et les variations micromorphométriques des tiges. *Agronomie*. 10. PP : 263-272.

**Li .S.H, Huguet. J. G, Schoch. P.G et Bussi. C., 1990 b.** Réponses de jeunes pêcheurs cultivés en pots à différents régimes d'alimentation hydrique.

- Effets sur la croissance et le développement. *Agronomie*. 10, PP : 353-360.

**Lichou. J et Jay. M . 1996.** Abricotier. Le renouvellement par réflexion. *Revue 96 Arboriculture fruitière*. n° 498. PP : 26- 31.

**Lichou. J., 1998.** Abricots : les variétés. Mode d'emploi. Ed. CTIFL. Paris. 254P.

**Lu. P, Biron. P, Breda. N et Granier. A., 1995.** Water relations of adult Norway spruce (*Picea abies* (L) Karst) under soil drought in the Vosges mountains : water potential, stomatal conductance and transpiration. *Ann. Sci. For.*, 52, PP : 117-129.

**Maura. P. R et Gupta. U. S., 1984.** Relation entre la fertilisation potassique et le potentiel hydrique du blé. *Revue de la potasse*. Section 9. n° 11.

**Mc Gree. K. J et Davis. S. D., 1974.** Effect of water stress and temperature of leaf size and number of epidermal cells in grain Sorghum. *Crop ; science*. 14. PP : 751- 755.

**Merabet. D., 1992.** Comportement de quelques variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca*) dans les conditions de Ain touta . Thèse Ing. Agr. Batna. 98P.

**Mermier. M, Samec. ,Devillel. O., 1970.** Première mesure d'évapotranspiration sous serre. *Pépiniéristes, horticulteurs, maraîchers*. 103. PP : 6253- 6260.

**Miskin. K. E, Rasmusson. O.C and Moss. D.N., 1972 .** inheritance and physiological effects of stomatal frequency in barley crop. *Science*. 12. PP : 780- 783.

**Mogensen. V. O, Mortensen. G et Junsen.C.R., 1994.** Photosynthesis of flag leaves and ears of field grown barley during drought. *European journal of Agronomy*. 3 (2). PP : 111-116

**Monneveux. P et Nemmar. M., 1986.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf) : Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomy*. 6, pp : 583-590.

**Morel. R., 1996.** Les sols cultivés. Ed. Tec et Doc. LAVOISIER. Paris. 389P.

**Mouhouche. B., 1983.** Essai de rationnement de l'eau sur tomate. Recherche de la production optimale et valorisation de l'eau. Thèse. Mag. INA. El Harrach. 171P.

**Mouhouche. B., 1996.** Effet de l'intensité du stress hydrique sur les composantes du rendement de la culture de fève (*Vicia faba. L*). In *Céréaliculture*. 29, PP : 27-30.

**Mouhouche. B et Boulassel. A., 1997.** Gestion rationnelle des irrigations de complément des cultures de légumineuses alimentaires et des céréales. Recherche agronomique.

INRA.1 PP : 21- 31.

**Mussard. M et Duput. M., 1972.** Etude des besoins en eau de la tomate de printemps en serre à l'aide de cases lysimétriques. *PHA*. n° 103

**Nemmar. 1983.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum. L*) et le blé tendre (*Triticum aestivum*) sur l'évolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement . *Science. Agro. ENSAM. Montpellier*. 108P.

**Oudjehih. B., 1995.** Etude des ressources phytogénétiques d'intérêt agricole de la région des Aurès. Abricotier (*Prunus armeniaca. L*) et Noyer (*Juglans regia.L*). Bilan final de projet de recherche. F 0534/ 10/94. 74P.

**Osaer. A, Vaysse. P, Berthoumieu. J. F, Audubert. A et Trillot. M., 1998.** Gel de printemps. Protection des vergers. Ed.CTIFL. Paris. 151P.

**Oussalem. Z., 1998.** Effet du stress hydrique appliqué à différentes phases phénologiques sur la croissance, le développement et les composantes de rendement du Haricot nain (*Phaseolus vulgaris. L*). Thèse. Mag. INA. El Harrach. 128P.

**Perrier. A, Archer. P et blanco de Pablos. A., 1974.** Etude de l'évaporation réelle et maximale de diverses cultures : Dispositifs et mesures. *Ann. Agro.*, 25 (5), PP : 697-731.

**Perrier. E.R ; Abdulbari. S., 1987.** Supplementary irrigation of spring wheat. Consultation on supplementer irrigation. ICARDA, Rabat. Marocco. PP : 07-09.

- Petersen. A.C.Jr., 1985.** Effect of water stress on *Phaseolus vulgaris*. L and *Phaseolus acutipolius* var *Latifolius freeman*. Thèse Phd. University of Minnesota. 231P.
- Puech. J., Marty et Maertens. C.,1976.** : Efficience de l'eau consommée par divers végétaux et application a la valorisation de l'irrigation. Ed. INRA. Toulouse. Paris. PP : 41- 52.
- Rieul. L., 1988.** l'irrigation . Collection guide pratique du Cemagref. Ed CEMAGREF et CEP. France 319P ;
- Robelin. M., 1983.** Fonctionnement hydrique et adaptation à la sécheresse . Physiologie du Mais. PP : 445- 476.
- Sarda. X, Vansuyt. G, Tousch. D, Casse. F, Dedart et Lamaze.T., 1992.** Les signaux racinaires de la régulation stomatique . In Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Ed. INRA. Paris. Les colloques n° 64. PP : 75- 79.
- Scofield., 1988.** Factors influencing the role and duration of grain filling in wheat. Ed. Aust. L. Plant Physiol. n° 04. PP: 785-797.
- Semiani. M., 1997a.** Etude de l'effet du stress hydrique sur quelques processus de développement et de croissance de deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum. L*). Recherche agronomique. INRA. 501°. PP : 43- 52.
- Semiani. M., 1997b.,** Etude de l'effet du stress hydrique sur quelques processus physiologiques et de croissance de 02 variétés de blé tendre. (*Triticum aestivum. L*). Recherche agronomique. INRA. 0. PP : 23- 32.
- Shamsun-Noor. L, Robin. C, guckert. A., 1990.** Effet d'un déficit hydrique sur le trèfle blanc (*Trifolium repens. L*). Importance d'un apport de potassium. In Agronomie. 10. PP :09- 14.
- Siakhen. N. 1984.** Effet du stress hydrique sur quelques espèces de luzernes annuelles. Thèse Ing. Agr. El-Harrach. 142P
- Smail. D., 1997.** Etude ampélographique de quelques cépages de table dans le territoire Aurassien Thèse Ing. Agr. Batna. 54P.
- Smati. S., 1999.** Contribution à l'étude de quelques paramètres agrobiologiques de l'abricotier franc dans la région de N'gaous (Batna). Thèse Ing. Agr. Batna 92P.
- Tamen. S., 1995.** Contribution à l'étude de la variabilité morphologique de l'abricotier. Thèse. Ing. Agr. Batna. 82P.
- Teare. I. D, et Kanemasu E.T. 1972.** Stomatal diffusion resistance and potential as affected by preconditioning water stress in the field. Agronomy Journal. 68. PP : 707-708.
- Tiercelin. J. R., 1998.** Traité d'irrigation. ed : TEC et DOC, Paris. 1011P.
- Truet. H., 1961.** Arboriculture fruitière en Afrique du Nord. Ed. La maison des livres, Alger. PP :192-207.
- Turner. N. C et Kramer. P. J., 1980.** Turgor maintenance by osmotic adjustment : AREVIEU AND EVALUATION
- Turc. O, Lecoœur. J, Combaud. S, Wery. J., 1995.** Déficit hydrique et architecture du pois. Perspectives agricoles. France. n° 203. PP :98- 104.
- Vaysse. P ; Soing. P ; et Peyremorte. P.,1990.** L'irrigation des arbres fruitiers. Ed CTIFL. Paris. 253P.
- Vidal. A., 1981.** Recherche des caractères liés à la résistance à la sécheresse chez le Soja. Informations techniques. CETIOM. n° 76 III. 81. PP :03- 11.
- Vidal. A, Arnaudo. D, Arnoux. M., 1981a.** La résistance à la sécheresse du Soja.  
I : Influence du déficit hydrique sur la croissance et la production. Agronomie. 1(04). PP :295- 302.
- Vidaud. J., 1980.** L'abricotier. Ed ; CTIFL. INVUFLEC. Paris. 219P.
- Vilain. M., 1987.** La production végétale. Tome I. Les composantes de production. Ed. Baillière et Fils. Paris. 416P.
- Waquante. J. P., 1974.** Les besoins en eau de la tomate de marché et la conduite de l'irrigation. Ed. INVUFLEC

**Wenkert. W, Lemoner et Sinclair.T. R., 1978.** Leaf elongation and turgor pressure in field growth

**Yaker.F., 1983.** Influence du rationnement en eau sur le comportement de quelques variétés de tomate industrielle. Thèse Ing. Agr. INA. El- Harrach. Alger. 48P.

## I : MATERIEL ET METHODES :

### 1-1 : MATERIEL VEGETAL :

#### 1-1-1 : Origine et caractéristiques des porte-greffes francs utilisés.

Tous les porte-greffes francs expérimentés sont issus de noyaux d'abricotiers « Fermes ou mech-mech » récoltés en juin 1994 dans la région de Oued labiadh (Arris), dans le cadre d'un projet sur la valorisation des ressources génétiques locales (**Oudjehih,1995**). La localisation précise et les caractéristiques des arbres semenciers sont indiquées dans le tableau n° 03.

Tableau n° 03 : Localisations et caractéristiques des arbres mères

Code	Localité	Age (ans)	Nom local	Particularités
23	Dachrat Arris	15	Fermes / Mech-mech	Amande amère
02	R'mel	70	Fermes / Mech-mech	Amande amère
26	Bousalah	20	Fermes / Mech-mech	Amande amère
22	Ighalen imaloudhen	50	Fermes / Mech-mech	Amande amère
03	R'mel	30	Fermes / Mech-mech	Amande amère, tardif

Ces provenances retenues pour l'étude présentent plusieurs avantages pour le pépiniériste, producteur de porte-greffes (**Oudjehih,1995**), entre autres :

- Nombre de noyaux / Kg : moyen (500 à 980)
- Le taux de germination après stratification : bon (60 à 100%)
- Le taux de reprise au repiquage : très bon (88 à 100%)
- La proportion de tiges greffables la 1<sup>ère</sup> année de semis: Bonne.
- Le diamètre de la tige au point de greffage (à 20 cm du sol): très bon (5 à 7 mm)
- La longueur du plant au greffage (01<sup>ère</sup> année) : très bonne (54 à 81cm)
- Le nombre de ramifications anticipées à la base du plant (30 premiers cm) : faible (07 à 13).

#### 1-1-2 : Le greffon :

Le cultivar utilisé est le type local connu sous le nom de « Rosé ». C'est une variété population très cultivée et appréciée dans la région de Batna, notamment à Menâa. Ses caractéristiques ont été établies par **Benaziza, (1991)** :

- Vigoureuse
- Fruit très sucré
- Port semi-étalé
- Auto compatible
- De très bonne productivité
- Très bonne solidité de l'union après greffage sur franc.
- Sujette à l'alternance.

Les greffons utilisés proviennent de la pépinière des Tamarins (sud de Batna), prélevés tous sur un même pied mère (**Oudjehih,1995**).

**1-2 : METHODES :**

**1-2-1 : Greffage :**

Le greffage a été réalisé à la mi-août 1995 sur des plants de 06 mois d'âge cultivés dans une parcelle du site de l'institut d'agronomie de Batna.

La technique de greffage utilisée est celle en écusson à œil dormant qui est la plus pratiquée en raison de son exécution rapide, de sa bonne reprise et de la plus petite plaie qu'elle occasionne. Cette technique est recommandée pour tous les arbres à noyaux dont les tissus se détériorent facilement (**Bretauudeau, et Faury,1992**).

**1-2-2 : Mise en place des plants greffés :**

Les plants greffés ont été transférés de la pépinière dans des conteneurs en plastique de 45 Kg, début février 1996.

**1-2-2-1 : Substrat utilisé :**

Le terre utilisée est celle de l'horizon A d'un sol argilo-limoneux présentant les caractéristiques physico-chimiques rapportées dans le tableau n° 04.

Tableau n° 04 : Caractéristiques physico-chimiques du sol de culture

Caractéristiques physiques		Caractéristiques chimiques									
Texture <sup>(*)</sup>	Argilo-limon.	Total (%)					Echang. (mg /100g MS)				CEC
He (%)		Ca <sup>++</sup>	K	Na	Mg <sup>++</sup>	P	Ca <sup>++</sup>	K	Na	Mg <sup>++</sup>	
da	1.10	6.50	0.69	1.22	0.80	0.05	11.2	5.0	9.98	6.60	24.42
Ph	8.43										
CaCO3 (%)	38.11										

(\*) établie par **Boukaaboub, (1994)**

Les valeurs physico-chimiques obtenues sont très proches de celles de **Bouhidel, (1998)** sur la même parcelle de terrain.

Ce sol utilisé est très calcaire (**Lozet et Matieu,1990**), riche en Mg et P (**FAO,1987 ; Bonneau et Souchier, 1979**), mais pauvre en potasse. La teneur optimum étant de 1.58 % (**Bonneau et Souchier, 1979**).

L'humidité équivalente (He) et la densité apparente (da) ont été estimées en vue de mieux contrôler les différents apports d'eaux.

**1-2-2-2 : Fertilisation du sol et mise en pot des plants :**

Avant la mise en terre, une fertilisation de fond à base de N.P.K. a été effectuée. Chaque pot a reçu 10 gr d'engrais composé « 11.15.15 », de sorte a obtenir la dose correspondant aux besoins de l'abricotier ( N = 100 unités, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 150 unités, K<sub>2</sub>O = 150 unités / ha). Après la plantation, le sol a été amené à sa capacité au champ.

Au cours de l'année 1996, des arrosages avec des doses équivalentes à la capacité au champ ont été pratiqués pour l'ensemble des plants, sans distinction.

Au printemps de la même année, lorsque la pousse du greffon a atteint 10 à 15 cm de long, les bourgeons non désirés, nés sur les porte-greffes ont été éliminés pour éviter l'apparition de rameaux anticipés et favoriser le développement du greffon.

Après une année d'adaptation, l'application des différents traitements hydriques a débuté en 1997, après une opération d'homogénéisation des plants en janvier de la

même année (rabattage à 50 cm au-dessus du point de greffage et réduction du nombre de rameaux à 03 / plant en s'efforçant de garder des effectifs de bourgeons proches).

**1-2-3 : Protocole expérimental adopté:**

Au total 60 plants ont été retenus pour l'étude, à raison de 5 plants par modalité. Le tout est conduit en blocs randomisés avec 4 répétitions. Le suivi a porté sur un ou deux cycles végétatifs (1997, 1998) suivant les paramètres considérés (Fig n° 04A, 04B).

**1-2-4 : Les modalités d'arrosage testées:**

Trois régimes hydriques ont été appliqués:

- Régime humide (Témoin): Les plants reçoivent une dose d'eau correspondant à 100% de l'E.T.P. Il s'agit de restituer au sol la quantité d'eau évapotranspirée.

- Régime intermédiaire (ou moyen): Les plants sont arrosés à 60 % de l'ETP, soit un déficit de 40 %.

- Régime sec (ou sévère) : Les plants sont conduits à 30 % de l'E.T.P. soumis donc à un déficit hydrique de 70 %.

Les traitements débutent au débourrement et prennent fin à la chute des feuilles. Pendant le repos végétatif, aucun apport d'eau par irrigation n'a été pratiqué. La pluviométrie tombée à cette période était largement suffisante pour maintenir le sol à sa capacité au champ.

Il est à préciser que trois trous latéraux ont été réalisés par pot pour :

- Permettre l'écoulement de l'eau en excès pendant le repos végétatif et éviter la mort des plants par asphyxie.

- Pratiquer des prélèvements de sol une fois par mois pour suivre par la méthode gravimétrique, l'évolution de la teneur en eau dans le sol nécessaire à l'ajustement des arrosages (les volumes d'eau apporté sont estimés en relation avec l'évolution de la teneur en eau du sol).

Ces trous sont maintenus ouverts durant tout le repos végétatif et fermés au cours de la végétation.

Le système d'irrigation adopté est une simulation du «goutte à goutte». La quantité totale d'eau nécessaire à chaque arrosage est remplie dans des bouteilles de 1,5 litres perforées et placées près du plant.



A : Plants au stade repos végétatif (avant l'application de la contrainte hydrique)



B : Plant au stade pleine croissance (2<sup>ème</sup> année d'application de la contrainte hydrique)

Fig n° 04 : Vue générale du protocole expérimentale

### **1-2-5 : Estimation du volume d'eau nécessaire :**

La quantité d'eau à apporter est estimée périodiquement par la formule rapportée par **Clemend et Galand, (1979)**.

$$Da = K_c \text{ ETP} - P_u \text{ RFU}$$

Avec:

- $Da$  = Déficit agricole (en mm).
- $K_c$  = Coefficient cultural (considéré égal à 01).
- $P_u$  (pluie utile) =  $P_t - R$ .  $P_t$  étant la pluie totale (en mm) tombée, mesurée avec un pluviomètre placé à proximité de l'essai et  $R = 0,15 (P_t - 20)$ .
- ETP (Evapotraspiration potentielle) en mm, estimée par la méthode de PENMANN. Les données sont celles de la station météorologique de Ain Skhouna .
- RFU (Réserve facilement utilisable), calculée par la relation :

$$RFU = 4500 \text{ He} \cdot da \cdot R \cdot S$$

Sachant que:  $He$  (humidité équivalente du sol de culture utilisé) = 28,8 % (Tableau n° 04).

$H_f$  (humidité au point de flétrissement en %) =  $He/1,84$  (**Ducroq, 1990**).

$da$  (densité apparente du sol utilisé) = 1,10 (Tableau n° 04).

$R$  (profondeur d'enracinement en cm et  $S$  (surface irriguée en  $cm^2$ ) sont remplacés dans notre cas par le volume du pot utilisé.

Après calcul, on obtient une RFU égale à 38,4mm (Annexe n° 2-1).

### **1.2.6 : Détermination du tour d'eau :**

Pour calculer le tour d'eau, nous avons pris les moyennes de l'ETP PENMANN de la région de BATNA calculées sur 15 ans (annexe n° 1-3)

L'ETP du mois de pointe correspond à celle du mois de juillet, égale à 224mm.

L'application de la formule : Tour d'eau =  $RFU / ETP_j$  du mois de pointe =  $38,4 / 7.4 = 05$  jours.

### **1-2-7 : Paramètres suivis :**

Durant les deux campagnes d'étude nous avons étudié les paramètres susceptibles d'être influencés par le stress hydrique.

#### **1-2-7-1 : Paramètres phénologiques et de production:**

##### **1-2-7-1-1 : Durée des phases phénologiques :**

Les phases considérées sont celles de **Baggiolini (Gautier, 1978)** :

- Défeuillaison
- Dormance (repos hivernal)
- Débourrement
- Floraison

On considère qu'un stade démarre quand ses 5 à 10 % sont réalisés par l'arbre. Il prend fin lorsqu'il atteint 90 à 95 %.

La durée des différents stades est déduite par la différence entre la date de démarrage et celle de la fin.

#### **1-2-7-1-2 : Production de fleurs et de fruits**

Pour chaque régime hydrique et provenance de porte-greffes, le nombre de fleurs et de fruits produits par plant a été relevé au cours de la seconde année des essais (1998).

#### **1-2-7-2 : Paramètres de la croissance en épaisseur:**

La croissance en épaisseur des plants a été appréciée par les mesures du diamètre:

- du greffon (tronc) à 02 cm au-dessus du point de greffage.
- des premières ramifications (rameaux de base).
- des ramifications secondaires (rameaux terminaux).

#### **1-2-7-3 : Paramètres de croissance en longueur**

##### **1-2-7-3-1 : Dynamique de croissance en longueur des plants :**

Pour le suivi de la dynamique de croissance en longueur des arbres, la méthode de **Gautier, (1978)** a été adoptée. Sur chaque plant, 04 rameaux terminaux annuels ont fait l'objet de mesures hebdomadaires. Les relevés des longueurs ont débuté avec le démarrage de croissance et ont pris fin avec la chute de l'apex indiquant l'arrêt de croissance.

##### **1-2-7-3-2 : Croissance totale en longueur des pousses néoformées**

IL s'agit de l'évaluation de la longueur cumulée des pousses de l'année

##### **1-2-7-4 : Nombre de rameaux / plant**

- Nombre total de rameaux produits / plant
- Nombre de pousses / type de rameaux (gourmand, mixte , à bois)
- Nombre de rameaux anticipés.

##### **1-2-7-5 : Paramètres de la biomasse aérienne**

- Poids sec total du bois formé
- Poids de l'ancien bois ( tronc et rameaux de base formés avant l'application du déficit hydrique) (Fig n° 05 ).
- Poids du nouveau bois (rameaux secondaires conçus au cours de l'application du déficit hydrique) (Fig n° 06)

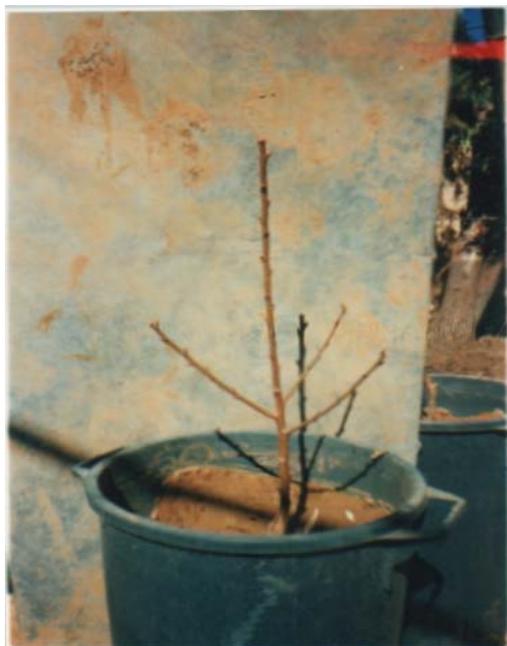


Fig n° 05 : Ancien bois : Tronc et rameaux de base conçus une année avant l'application du déficit hydrique

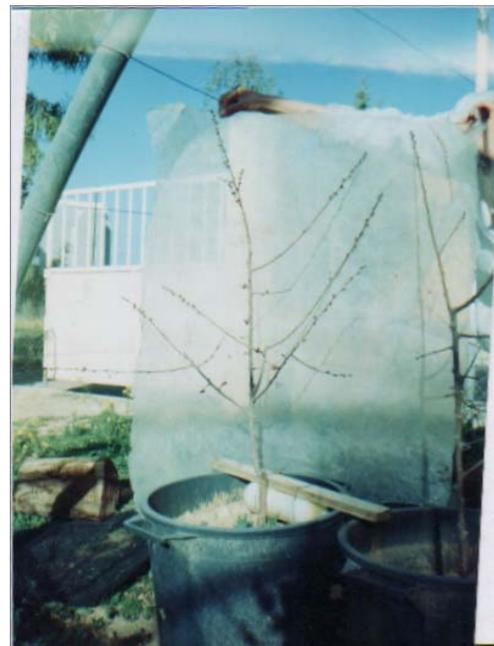


Fig n° 06 : Nouveau bois : Rameaux secondaires conçus au cours de l'application du déficit hydrique

#### **1-2-7-6: Paramètres du feuillage:**

Sur chaque plant, nous avons prélevé 10 feuilles situées sur la partie médiane de l'arbre et évalué :

- La surface foliaire : par pesée de photocopie de feuilles.
- Teneur en matière sèche des feuilles, déterminée sur les mêmes échantillons utilisés pour la détermination de la surface foliaire. Les échantillons sont pesés avant et après séchage à l'étuve.

- La turgescence relative selon la méthode décrite par **Weaterley en 1951 (in Siakhene, 1984)**. Pour chaque plant, 10 disques de limbe sont prélevés sur les feuilles médianes des rameaux de l'année, en évitant les nervures principales. Ces disques sont rapidement mis dans des bouteilles hermétiques préalablement tarées. Après avoir déterminé leur poids frais (P<sub>frais</sub>), ils sont transférés par lot dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau distillée. Après une durée de 04 heures, ils sont retirés, leur surface est essuyée à l'aide du papier filtre, puis leur poids correspondant à une pleine turgescence est calculé (P<sub>turg</sub>).

Par la suite, les disques sont séchés à l'étuve à 70°C jusqu'à poids constant et leur poids sec (P<sub>sec</sub>) est déterminé.

La turgescence relative est estimée par la relation :

$$\text{Turgescence relative (\%)} = (\text{P}_{\text{frais}} - \text{P}_{\text{sec}}) / (\text{P}_{\text{turg}} - \text{P}_{\text{sec}}) \cdot 100$$

**NB :** L'étude du système racinaire a également été envisagée, malheureusement, les difficultés de son extraction nous a obligé à abandonner ce paramètre.

**1-2-8 : Outils statistiques :**

Les résultats des effets des traitements hydriques appliqués sont soumis à une analyse de variance et la comparaison des moyennes est établie par le test de NEWMANN et KEULS au seuil de 5 %.

Une analyse en composantes principales (ACP) est également utilisée . Elle permet d'avoir une idée globale sur les principaux paramètres de discrimination entre, d'une part les régimes hydriques et d'autre part les provenances étudiées.

Le logiciel utilisé est le STATITCF.

# Introduction

L'importation massive des plants et semences a entraîné des changements et parfois même des bouleversements au niveau de l'agriculture Algérienne. Certaines variétés anciennement cultivées ont été délaissées (**Abdelguerfi, 1988**).

Les espèces arboricoles locales sont parmi celles qui ont été longtemps ignorées et remplacées par un matériel étranger à haut potentiel génétique, mais exigeant et très souvent mal adapté. En effet, les quelques travaux entrepris sur le comportement des variétés exotiques, montrent dans leur majorité que les résultats acquis sont bien inférieur à ceux obtenus dans leur milieux d'origine (**Oudjehih, 1996**).

Consciente de cette situation, l'Algérie a lancé depuis plusieurs années un large programme visant à mobiliser d'une manière résolue les capacités naturelles de valorisation du patrimoine phytogénétique représenté par des variétés qui sont traditionnellement cultivées dans le pays ( ).

L'institut d'agronomie de Batna a participé à ce programme en menant une importante étude sur les ressources phytogénétiques de l'olivier ( ), du noyer, du palmier dattier ( ) et de l'abricotier (**Tamen, 1995 et Oudjehih, 1996**).

Cette dernière espèce est particulièrement bien représentée dans la wilaya de Batna où elle occupe la plus grande superficie et où 60% de la production y est produite à l'échelle nationale (**Benaaziza, 1997**).

Dans cette région l'abricotier est cultivée sous diverses formes (écotypes) bien adaptées au microclimat local (**Benaaziza, 1991 ; Tamen, 1995**). Les formes issues de semis (Mech-Mech) sont les plus représentatives. Une importante diversité des populations a été répertoriée. **Oudjehih, (1996)** Certains cultivars présentent des caractères intéressants et peuvent de ce fait servir de base à un début de sélection de provenances, soit comme porte greffes, soit comme géniteurs pour la création variétale.

En Algérie, l'eau est l'un des facteurs limitants de la production fruitière, non seulement par les irrégularités saisonnières et interannuelles des précipitations, mais aussi en raison des caractéristiques édaphiques souvent défavorables : sols gypseux et calcaires, compacts à faibles réserves en eau difficilement pénétrables par les racines. A cela, s'ajoute la rareté de l'eau d'irrigation et qui devient donc de plus en plus chère.

Ces contraintes peuvent créer un état de déficit hydrique, saisonnier ou de longue durée qui se manifeste par une forte réduction de la transpiration et de la croissance des arbres (**Li et al, 1990b**), ainsi que par une diminution des rendements et la production de fruits de petits calibres (**Li et al ; 1990a**).

Le recourt aux porte-greffes est systématique chez de nombreuses espèces fruitières à pépins ou à noyaux, lorsqu'on se heurte à tel ou tel problème édaphique ou biologique.

La production de plants exige en général beaucoup de soins, et en particulier beaucoup d'eau. Si ce dernier facteur de production est limitant, ce qui est souvent le cas pour les pépinières arboricoles des zones arides et semi-arides, les conséquences économiques sont aggravées.

Outre cet handicap, les producteurs de porte-greffes francs d'abricotier utilisent régulièrement des noyaux en mélange, de nature et d'origines diverses et inconnues. Leur approvisionnement est basé sur la collecte de fruits séchés (fermes) disponibles chez les petits producteurs. Cette pratique aboutie à l'obtention d'une forte hétérogénéité des porte-greffes, dont

une proportion non négligeable ne peut être greffée la première année de semis, car trop chétive. Par ailleurs, Les plants greffés ne sont pas tous vendables. Une partie est classée hors normes, du fait de sa taille insuffisante (Voir GERFI)

Au niveau des vergers d'abricotier, du moins jeunes, on observe que l'utilisation de plants greffés sur des porte-greffes francs hétérogènes, se traduit en cas d'une sécheresse saisonnière naturelle ou de limitation des moyens d'irrigation, par une variabilité dans la croissance et la production entre les arbres d'une même variété. Ce phénomène s'amplifie avec la rigueur du déficit hydrique pouvant conduire à une perte des plantations (voir rapport oudjehih, et surtout travaux de certains étudiants sur le verger INPV Ain-Touta).

L'idée de chercher une ou plusieurs provenances de porte-greffes francs d'abricotier, adaptés aux différents niveaux de stress hydrique peut être un moyen de limiter l'hétérogénéité des plants et d'assurer une production régulière et rentable.

A travers le cas d'une variété population « rosé » bien connue et appréciée dans la région de Batna et l'utilisation de cinq provenances de noyaux, la présente étude vise à mettre en évidence, outre la nature et l'ampleur des effets de deux niveaux de restriction hydrique (60 % et 30 % de l'ETP) sur de jeunes plants d'abricotier, l'existence d'une variabilité attribuée à l'origine des porte-greffes francs utilisés.

L'évaluation des conséquences du stress hydrique et de la différence entre les provenances de porte-greffes porte sur les stades phénologiques et de croissance suivis sur deux années successives.

Le manuel expose d'abord les connaissances acquises sur les conséquences du stress hydrique sur les végétaux en général et les arbres fruitiers en particulier. Puis, la nature du matériel végétal et les méthodes expérimentales suivies. Enfin, les résultats obtenus à l'issue des deux cycles végétatifs.

## Liste des tableaux

**Tableau n° 01** : Evolution de la superficie, production et rendements de l'abricotier en Algérie

**Tableau n° 02** : Evolution de la superficie, production et rendements de l'abricotier dans la wilaya de Batna

**Tableau n° 03** : Localisations et caractéristiques des arbres mères

**Tableau n° 04** : Caractéristiques physico- chimiques du sol de culture

**Tableau n°05** : Date de début et de fin de chute des feuilles des plants des différentes provenances en fonction du régime Hydrique (Année : 1997)

**Tableau n° 06** : Analyse de variance de la durée de défeuillaison des plants des différentes provenances, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année :1997)

**Tableau n° 07** : Réductions moyennes par rapport au témoin de la durée de défeuillaison plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année :1997)

**Tableau n° 08** : Analyse de variance de la durée de dormance des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1997)

**Tableau n° 09** : Réductions moyennes par rapport au témoin de la durée de dormance des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1997)

**Tableau n° 10** : Date de début et fin de débourrement des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

**Tableau n°11** : Analyse de variance de la durée de débourrement des plants des différentes provenances, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Années : 1997-1998)

**Tableau n° 12** : Réductions moyennes par rapport au témoin de la durée de débourrement des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Années : 1997-1998)

**Tableau n° 13** : Date de début et fin de floraison des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

**Tableau n°14** : Analyse de variance de la durée de floraison des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année :1998)

**Tableau n° 15** : Accroissements moyens par rapport au témoin de la durée de floraison des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1998)

**Tableau n° 16** : Analyse de variance du nombre de fleurs par plant des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

**Tableau n° 17** : Réductions moyennes par rapport au témoin du nombre de fleurs par plant des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année :1998)

**Tableau n° 18** : Analyse de variance du nombre de fruits par plant des différentes provenances, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1998)

**Tableau n° 19** : Accroissements relatif par rapport au témoin du nombre de fruits parplant des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année :1998)

**Tableau n° 20** : Analyse de variance du diamètre du tronc des plants des différentes provenances signification de F et groupes homogènes des moyennes (Années: 1997-1998)

**Tableau n° 21** : Réductions moyennes par rapport au témoin du diamètre du tronc des

plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Années : 1997-1998)

**Tableau n° 22** : Analyse de variance du diamètre des rameaux de base des plants des différentes provenances, signification de F et groupes homogènes des moyennes ((Années : 1997-1998)

**Tableau n° 23** : Réductions moyennes par rapport au témoin du diamètre des rameaux de base des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Années : 1997-1998)

**Tableau n° 24** : Analyse de variance du diamètre des rameaux terminaux des plants des différentes Provenances, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Années : 1997-1998)

**Tableau n° 25** : Réductions moyennes par rapport au témoin du diamètre des rameaux terminaux des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Années : 1997-1998)

**Tableau n° 26** : Analyse de variance de la croissance totale des pousses de l'année des plants différentes provenances, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1997- 1998 )

**Tableau n° 27** : Réductions moyennes par rapport au témoin de la croissance totale des pousses de l'année des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1998)

**Tableau n° 28** : Analyse de variance du nombre des pousses par plant des différentes provenances, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1998)

**Tableau n° 29** : Réductions moyennes par rapport au témoin du nombre de pousses par plant en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

**Tableau n° 30** : Nombre total et proportion des différents types de rameaux de l'année en fonction du régime hydrique et des provenances de porte- greffes (Année :1998)

**Tableau n° 31** : Analyse de variance du nombre d'anticipés par plant des différentes provenances, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année :1998).

**Tableau n° 32** : Réductions moyennes par rapport au témoin du nombre d'anticipés par plant des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1998)

**Tableau n° 33** : Analyse de variance de la biomasse sèche aérienne totale, ancienne et nouvelle par plant après défeuillaison, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1998)

**Tableau n° 34** : Réductions moyennes par rapport au témoin de la biomasses sèche aérienne totale, ancienne et nouvelle par plant après défeuillaison en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1998)

**Tableau n° 35** : Analyse de variance de la surface foliaire des plants des différentes provenances, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Années : 1997-1998).

**Tableau n° 36** : Réductions moyennes par rapport au témoin de la surface foliaire des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Années : 1997-1998)

**Tableau n° 37** : Analyse de variance de la turgescence relative des feuilles des plants des différentes provenances, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1998)

**Tableau n° 38** : Réductions moyennes par rapport au témoin de la turgescence relative des feuilles des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1998)

**Tableau n° 39** : Analyse de variance de la teneur en matière sèche des feuilles des différentes provenances, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1997- 1998)

**Tableau n° 40** : Réductions moyennes par rapport au témoin de la teneur en matière sèche des feuilles des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1997-1998).

## Liste des figures

- Fig n° 01** : Productions fruitières de l'abricotier
- Fig n° 02** : Hypothèses relatives à la disponibilité de l'eau pour le végétal
- Fig n° 03** : Les phases successives d'un stress
- Fig n° 04** : Vue générale du protocole expérimental
- Fig n° 05** : Ancien bois: Tronc et rameaux de base conçus une année avant l'application du déficit hydrique.
- Fig n° 06** : Nouveau bois : Rameaux secondaires conçus au cours de l'application du déficit hydrique
- Fig n° 07** : Défeuillaison des plants des différentes provenances conduits sous les trois régimes (Année : 1997)
- Fig n° 08** : Durée de défeuillaison des plants des différentes provenances en fonction du régime Hydrique (Année 1997)
- Fig n° 09** : Durée de la dormance des plants des différentes provenances en fonction du régime Hydrique (Année 1997)
- Fig n° 10** : Durée du débourrement des plants des différentes provenances en fonction du régime Hydrique (Année 1997-1998)
- Fig n° 11** : Début de floraison des plants des différentes provenances cultivées sous les trois régimes (Année : 1998)
- Fig n° 12** : Durée de la floraison des plants des différentes provenances en fonction du régime Hydrique (Année 1998)
- Fig n° 13** : Date et durée de débourrement et de floraison des plants des différentes provenances cultivées sous les trois régimes (Année : 1998)
- Fig n° 14** : Nombre de fleurs par plant des différentes provenances en fonction du régime Hydrique (Année 1998)
- Fig n° 15** : Charges en fleurs des plants des différentes provenances en conduites sous les trois régimes (Année : 1998)
- Fig n° 16** : Nombre de fruits par plant des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année 1998)
- Fig n° 17** : Diamètre du tronc des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années 1997-1998)
- Fig n° 18** : Diamètre des rameaux de base des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)
- Fig n° 19** : Diamètre des rameaux terminaux des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)
- Fig n° 20a** : Evolution de la croissance cumulée des plants des différentes provenances sous le régime 100% (Années : 1997-1998)
- Fig n° 20b** : Evolution de la croissance cumulée des plants de différentes provenances sous le régime 60% (Années : 1997-1998)
- Fig n° 20c** : Evolution de la croissance cumulée des plants de différentes provenances sous le régime 30% (Années : 1997-1998)
- Fig n° 21** : Croissance totale des pousses des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1997-1998)
- Fig n° 22** : Croissances des plants des différentes provenances cultivés sous les trois régimes (Année : 1998)

**Fig n° 23** : Nombre de pousses par plant des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

**Fig n° 24** : Proportion des différents types de rameaux de l'année en fonction du régime hydrique et des provenances (Année : 1998)

**Fig n° 25** : Nombre d'anticipés par plant des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

**Fig n° 26** : Biomasse sèche totale par plant des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

**Fig n° 27** : Poids de la M.S par type de bois et par provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998) .

**Fig n° 28** : surface foliaire des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années :1997-1998)

**Fig n° 29** : Teneur relative en eau des feuilles des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

**Fig n°30** : Teneur en matière sèche des feuilles des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

**Fig n° 31a** : Projection sur le plan I - II de l'ACP des paramètres considérés

**Fig n° 31b** : Projection des provenances de porte- greffes des différents régimes hydriques sur le plan I- II de l'ACP

**Fig n° 32a** : Projection sur le plan I- II de l'ACP des paramètres considérés (100% de l'ETP)

**Fig n° 32b** : Projection des provenances de porte- greffes sous le régime humide sur le plan I- II de l'ACP

**Fig n° 33a** : Projection sur le plan I et II de l'ACP des paramètres considérés (60% de l'ETP).

**Fig n° 33b** : Projection des provenances de porte- greffes sous le régime intermédiaire sur le plan I- II de l'ACP

**Fig n° 34a** : Projection sur le plan I- II de l'ACP des paramètres considérés (30% de l'ETP)

**Fig n° 34b** : Projection des provenances de porte- greffes sous le régime sec sur le plan I- II de l'ACP

2-2 : PARAMETRES DE CROISSANCE EN EPAISSEUR :

2-2-1 : Variation de la croissance en épaisseur du tronc :

Globalement, le manque plus ou moins sévère affaiblie significativement (1997) et même très significativement (1998) le diamètre du tronc des plants (tableau n° 20, Fig n° 17) Les doses d'arrosage réduites de 60 et 30 % de l'ETP engendrent des effets comparables au cours d'une même année. Cependant, le stress hydrique est relativement plus contraignant en deuxième année de culture. La pénalité est de l'ordre de 7,00 à 7,70 % à l'issue de la première année et de 10,63 à 13,13 % en seconde campagne. En moyenne, toutes provenances et intensités de stress confondues, le taux de réduction moyenne du diamètre du tronc d'un plant sous la contrainte hydrique passe en moyenne de 7,34 % en 1997 à 11,88 % en 1998 (tableau n° 21).

Au niveau des provenances, bien que certaines paraissent plus épaisses que d'autres, aucune différence significative n'a été mise en évidence au cours de chacune des deux années de suivi (tableau n° 20). Les porte-greffes utilisés présentent statistiquement les mêmes diamètres. Toutes doses d'eau confondues, le diamètre moyen des différentes provenances varie de 1,31 à 1,39 cm la première année et de 1,44 à 1,50 cm l'année suivante.

Cette classification des provenances établie sur la base des moyennes des 3 régimes réunis ne fait pas ressortir l'effet propre du stress hydrique sur chacune d'elles. Ce dernier est exprimé plutôt par les écarts calculés par rapport au témoin de chaque provenance. Ainsi, le tableau n° 21 montre que les différents porte-greffes réduisent l'épaisseur de leur tronc sous la contrainte hydrique dans des proportions très proches, allant de 4,80 à 9,73 % en 1997 et 9,62 à 14,55 % en 1998, soit 9,06 à 10,72 % au cours des deux campagnes d'étude. La convergence de cette conclusion avec celle basée sur la moyenne des 3 régimes signifie que les troncs du matériel végétal utilisé restent homogènes tant en condition humide que sèche.

Tableau 20 : Analyse de variance du diamètre du tronc, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année 1997 et 1998)

Source de variation	F calculé et signification		Type stress, provenance n°	Diamètre moyen (cm)				Groupe statistique	
	1997	1998		1997		1998		1997	1998
Régime hydrique	08,34**	49,44***	100 %	1,43		1,60		A	A
			60 %	1,33	1,32	1,43	1,41	B	B
			30 %	1,32		1,39			
Provenance	01,09 <sup>NS</sup>	01,84 <sup>NS</sup>	23	1,31		1,46		Même groupe	Même groupe
			02	1,36		1,50			
			26	1,39		1,47			
			22	1,36		1,44			
			03	1,38		1,49			

NS : Non significatif, \*\* Significatif à 1 pour 100, \*\*\* : Significatif à 1 pour 1000

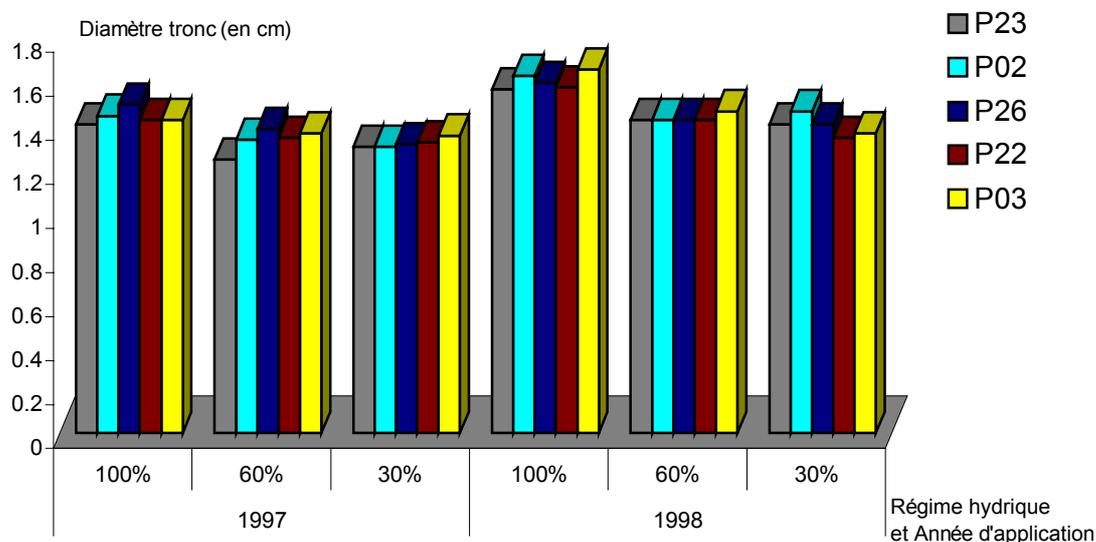


Fig n° 17 : Diamètre du tronc des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Tableau n°21 : Réduction moyenne du diamètre du tronc (RDT) de plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Années : 1997 – 1998)

Année expérimentale	Régime hydrique (% ETP)	RDT (en % témoin)					Moyenne
		23	02	26	22	03	
1997	60 % (moyen)	11,43	07,64	07,38	05,64	04,23	07,00
	30 % (sec)	07,14	09,72	12,08	07,04	04,93	07,70
	<b>moyenne</b>	09,30	08,68	09,74	06,34	04,58	07,34
1998	60 % (moyen)	08,98	12,35	10,69	09,56	11,52	10,63
	30 % (sec)	10,26	09,88	11,95	14,65	17,58	13,13
	<b>moyenne</b>	09,62	11,12	11,32	12,10	14,55	11,88
2 ans	60 % (moyen)	<b>10,14</b>	<b>10,46</b>	<b>09,09</b>	<b>07,38</b>	<b>07,84</b>	<b>08,61</b>
	30 % (sec)	<b>08,78</b>	<b>09,80</b>	<b>12,34</b>	<b>10,74</b>	<b>11,77</b>	<b>10,60</b>
	<b>moyenne</b>	<b>09,49</b>	<b>10,13</b>	<b>10,72</b>	<b>09,06</b>	<b>09,81</b>	<b>09,60</b>

### 2-2-2 : Variation de la croissance en épaisseur des rameaux de base (Futures charpentières)

La comparaison des valeurs moyennes des trois régimes d'irrigation montre que les rameaux de base sont comme le diamètre du tronc, très fortement affaibli par l'insuffisance des arrosages au cours de chacune des deux années de culture. Les plants des régimes hydriques moyen et sec ont en moyenne un diamètre de 0,53 cm (1997) et 0,59 cm (1998), contre 0,71 et 0,80 cm pour ceux du régime humide (tableau n° 22, Fig n° 18 ). Cela correspond à une baisse moyenne de 24,65 % en 1997 et 26,25 % en 1998 (tableau n° 23).

Il est à noter que le régime sec est significativement plus contraignant que celui moyen, tant en première année de culture qu'en seconde (tableau n° 22). La réduction

moyenne du diamètre des branches de base des plants soumis à un arrosage de 60 % de l'ETP est de 21,13 à 21,25 %, alors que celle du régime sec (30 % ETP) est de 28,17 à 31,25 % (tableau n° 23).

Le facteur porte-greffes est également très influent. La réaction des cinq provenances soumises aux 3 régimes réunis est globalement très différente. Certaines présentent un diamètre des rameaux de base nettement moins épais. La divergence est plus remarquable à l'issue de la première année où on observe 3 groupes de croissances, statistiquement différents groupe A = provenances ayant un diamètre de 0,62 à 0,64 cm comme la (02) et (26), AB = prov.(03) et (23) de 0,58 à 0,60 cm et B = prov.(22) de 0,54 cm, contre deux en seconde année A = composé par les provenances (26), (02), (23) et (03) de 0,65 à 0,70 cm et B = prov.(22) de 0,58 cm (tableau n° 22). La provenance (22) est celle qui possède des rameaux de base les plus fins au cours des deux années d'essai.

La perte en épaisseur due au stress hydrique pour chaque porte-greffes est évaluée par le taux de réduction par rapport aux témoins. Le tableau n° 23 mentionnant les résultats obtenus indique que la diversité inter provenances observée est liée en bonne partie à leur capacité plus ou moins grande à supporter un stress hydrique plus ou moins prononcé.

A l'issue des 2 ans d'expériences, on distingue aisément 3 groupes de sensibilité :

- Le premier est constitué de porte-greffes considérés sensibles (prov. 22 et 03) à une sous alimentation hydrique, tant moyenne que forte. Le diamètre de leurs ramifications primaires s'est réduit d'environ 29 à 31 %

- Le second comprend les provenances moyennement sensibles (02 et 26) ayant perdu approximativement 23 à 25 % de leur épaisseur.

- Le troisième représente la provenance la moins influencée par la sécheresse (23), avec un handicap de 18 % seulement.

Tableau 22 : Analyse de variance du diamètre des rameaux de base, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Années : 1997-1998)

Source de variation	F calculé et signification		Type stress, provenance n°	Diamètre moyen (cm)				Groupe statistique	
	1997	1998		1997		1998		1997	1998
Régime hydrique	38,05 ***	47,15***	100 %	0,71		0,80		A	A
			60 %	0,56	0,53	0,63	0,59	B	B
			30 %	0,51		0,55		C	C
Provenance	03,35 *	03,88**	26	0,64		0,70		A	A
			02	0,62		0,69			
			23	0,60		0,68		AB	
			03	0,58		0,65			
			<b>22</b>	<b>0,54</b>		<b>0,58</b>		B	

\* : significatif à 5 % \*\*, Significatif à 1 %, \*\*\* : Significatif à 1 %

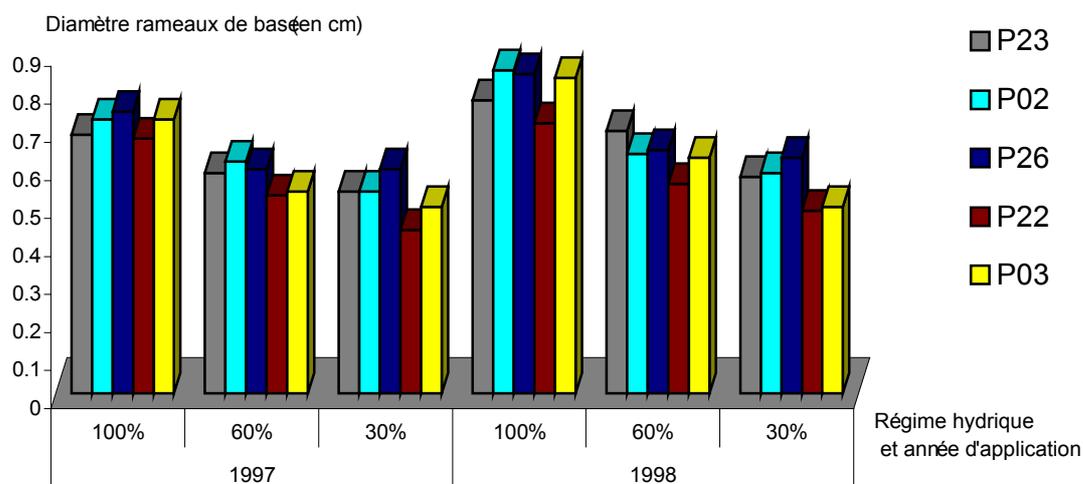


Fig n° 18 : Diamètre des rameaux de base des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Tableau n°23 : Réductions moyennes du diamètre des rameaux de base (RDRB) des plants des différentes provenances de port greffes en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Années : 1997-1998).

Année expérimentale	Régime hydrique (% ETP)	RDRB (en % témoin)					moyenne
		23	02	26	22	03	
1997	60 % (moyen)	14,71	15,28	20,27	22,39	26,39	21,13
	30 % (sec)	22,06	26,39	20,27	35,82	31,95	28,17
	<b>moyenne</b>	<b>18,38</b>	<b>20,83</b>	<b>20,27</b>	<b>29,11</b>	<b>29,17</b>	<b>24,65</b>
1998	60 % (moyen)	10,39	25,88	23,81	22,54	25,30	21,25
	30 % (sec)	25,98	31,77	26,19	32,40	40,97	31,25
	<b>moyenne</b>	<b>18,18</b>	<b>28,82</b>	<b>25,00</b>	<b>27,46</b>	<b>33,13</b>	<b>26,25</b>
2ans	60 % (moyen)	12,50	20,51	22,79	23,19	25,98	21,33
	30 % (sec)	23,61	29,49	24,05	34,78	36,37	29,33
	<b>moyenne</b>	<b>18,06</b>	<b>25,00</b>	<b>23,42</b>	<b>28,99</b>	<b>31,29</b>	<b>25,33</b>
Groupe de sensibilité		résistante	oy. Sensible	sensible		-	

### 2-2-3 : Variation de la croissance en épaisseur des rameaux terminaux (Rameaux secondaires) :

Comme pour le diamètre des deux organes précédents, tronc et branches de base, celui des ramifications secondaires terminales est influencé par le régime d'irrigation adopté. Les lots de plants soumis aux stress sont très significativement plus grêles notamment en sec, que ceux conduits en condition humide, et ce pour les deux années d'essai (tableau n° 24). Le diamètre moyen d'un plant passe de 0,60 cm à 100 % de l'ETP à 0,46 cm en arrosage limité en 1997 et de 0,74 à 0,53cm en 1998 (Fig n° 19). La perte de croissance en diamètre est de l'ordre de 23,33 % et 28,38 %, respectivement en première et en deuxième année de culture (tableau n° 25).

Contrairement à la seconde année, en première les différents porte-greffes soumis aux 3 types d'arrosage, réagissent différemment. Le tableau n° 24 indique qu'ils se classent

en 3 groupes statistiques (A = prov. 26 ayant un diamètre de 0,56 cm ; AB = prov.23 ; 02 ; 03 de 0,49 à 0,51 cm de diamètre et B = prov.22 à faible diamètre, 0,46 cm).

Leur sensibilité propre au manque d'eau, évaluée par le taux de réduction du diamètre par rapport aux témoins respectifs est mentionnée dans le tableau n° 25. Ces résultats conduisent à une classification différente de celle fondée sur la moyenne générale des 3 modalités d'irrigation réunies (tableaux n° 24 et 25). Cette absence de superposition signifie que les stress hydriques appliqués sont ressentis différemment par les provenances.

A l'issue des deux ans de culture, on retrouve les mêmes classes de sensibilité à la sécheresse que celles retenues pour les rameaux de base :

- Sensible (prov.22 et 03 avec un diamètre plus fin de 27,61 à 31,54 % de perte)
- Moyennement sensible (prov.02 et 26, réduite de 24,63 à 26,06 %)
- Résistante (prov.23) avec des rameaux secondaires plus épais de 16,94 % de perte par rapport au témoin.

La concordance de ces classes signifie que le déficit hydrique affecte les deux types de ramifications des arbres avec des intensités assez proches.

Tableau 24 : Analyse de la variance du diamètre des rameaux terminaux, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Années : 1997-1998)

Source de variation	F calculé et signification		Type stress, provenance n°	Diamètre moyen (cm)				Groupe statistique	
	1997	1998		1997		1998		1997	1998
Régime hydrique	330.4 ***	90.82***	100 %	0,60		0,74		A	A
			60 %	0,49	0,46	0,56	0,53	B	B
			30 %	0,43		0,50		C	C
Provenance	03.76*	01.75 <sup>NS</sup>	26	0,56		0,62		A	Même groupe
			23	0,51		0,59		AB	
			03	0,51		0,59			
			02	0,49		0,63			
			22	0,46		0,57		B	

NS : non significatif, \* : significatif à 5 % \*\*, \*\*\* : Significatif à 1 %

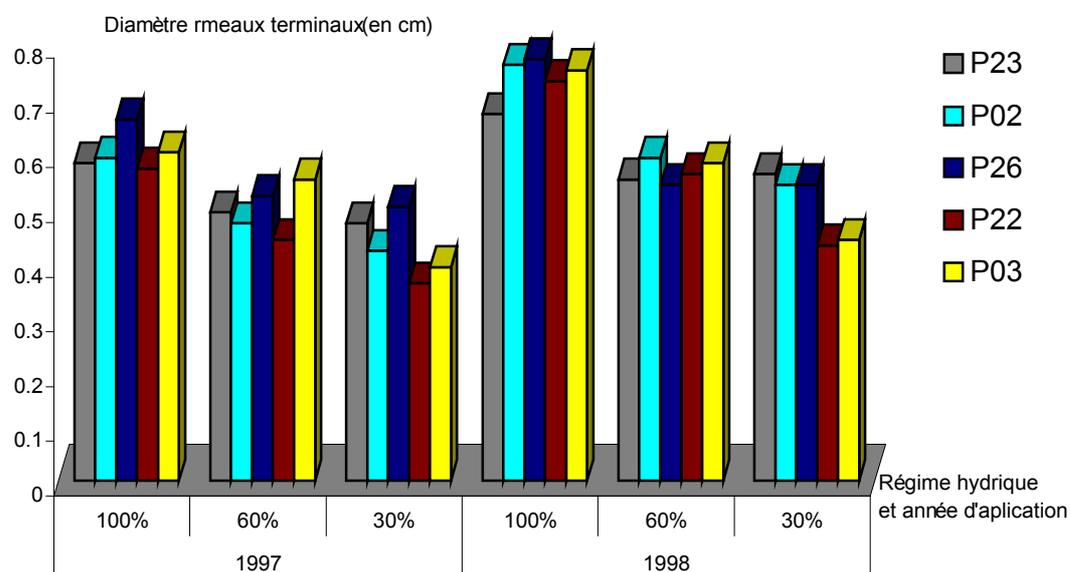


Fig n° 19 : Diamètre des rameaux terminaux des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Tableau 25 : Réductions moyennes du diamètre des rameaux terminaux (RDRT) des plants des différentes provenances de porte-greffes en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Années : 1997-1998).

Année expérimentale	Régime hydrique (% ETP)	RDRT (en % témoin)					moyenne
		23	02	26	22	03	
1997	60 % (moyen)	15,52	20,34	21,21	22,81	08,33	18,34
	30 % (sec)	18,97	28,81	24,24	36,84	35,00	28,34
	<b>Moyenne</b>	<b>17,24</b>	<b>24,58</b>	<b>22,73</b>	<b>29,82</b>	<b>21,67</b>	<b>23,34</b>
1998	60 % (moyen)	17,91	22,37	29,87	23,29	22,67	24,32
	30 % (sec)	16,42	28,95	29,87	41,10	41,33	32,43
	<b>Moyenne</b>	<b>17,16</b>	<b>25,66</b>	<b>29,87</b>	<b>32,19</b>	<b>32,00</b>	<b>28,38</b>
2ans	60 % (moyen)	16,13	20,90	25,35	23,08	16,42	22,39
	30 % (sec)	17,74	28,36	26,76	40,00	38,81	31,34
	<b>Moyenne</b>	<b>16,94</b>	<b>24,63</b>	<b>26,06</b>	<b>31,54</b>	<b>27,61</b>	<b>26,87</b>
classe de sensibilité		résistante	moy. sensible	Sensible		-	

#### 2-2-4 : Discussions :

Une contrainte hydrique (intermédiaire ou sévère) appliquée sur deux années successives et le long du cycle végétatif de jeunes plants d'abricotiers, provoque une diminution de la croissance diamétrale du tronc, des rameaux de base (charpentière) et secondaires (rameaux terminaux néoformés).

La réduction des diamètres a été observée dès la première année d'application de la contrainte hydrique.

L'analyse des taux de réductions liée au stress hydrique fait ressortir que la croissance diamétrale des différentes parties de l'arbre fluctue énormément avec:

- L'année d'application de la contrainte hydrique. C'est au cours de la deuxième année que les réductions du diamètre du tronc, des rameaux de base et secondaires sont les plus importantes.

- L'intensité de la restriction de l'eau est mise en jeux. La croissance en diamètre du tronc, des rameaux de base et secondaires des lots conduit sous le régime 30 % de l'ETP est plus faible que celle des plants de la dose 60 % de l' ETP.

- L'organe considéré. Le tronc est moins touché que les rameaux secondaires, et de base.

- L'origine des porte-greffes. Les provenances testées manifestent une aptitude à supporter l'insuffisance de l'irrigation, notamment au niveau de leurs ramifications. La nature du noyau utilisé pour la production de porte-greffes franc est donc une source de variation non négligeable dans l'évolution des plants du cultivar « rosé » destinés à la production. A ce niveau de l'analyse, la provenance (23) semble mieux indiquée pour une région où l'eau est insuffisante.

Plusieurs travaux ont tenté d'expliquer l'effet d'une contrainte hydrique sur la vigueur des plantes. La croissance des organes d'une plante résulte de deux phénomènes distincts, la division et le grandissement cellulaire. Pour un certain type de croissance comme celle diamétrale, ces deux processus se manifestent en même temps et de la même façon pour tous les arbres (**Koslowski, 1982**). L'effet d'une contrainte hydrique sur les variations diamétrales paraît agir sur ces deux processus de division et de grandissement cellulaire. Il peut aller jusqu'à un arrêt de la croissance ou même une décroissance suite à une déshydratation (**Huguet et al, 1987**).

Le blocage de la croissance diamétrale des tiges est un symptôme général d'installation de la sécheresse pour toutes les plantes. Si la sécheresse persiste, les tiges se déshydratent, leur activité cambiale se ralentit et leur diamètre diminue (**Koslowski, 1962 ; Huguet, (1991) in Tiercelin, 1998 ; Huguet, 1985**).

L'effet d'une contrainte hydrique sur la croissance en épaisseur a été mis en évidence sur plusieurs espèces fruitières et forestières. Sur de jeunes pommiers, **Catzeflis et Udry, (1978)** ont observé que le manque d'eau a eu une influence plus nette et plus défavorable sur la grosseur des troncs. Les mêmes constatations ont été faites par **Huguet et Genard, (1995) ; Huguet, (1992)**. Ces auteurs concluent que le déficit hydrique agit défavorablement sur la vigueur des troncs et des pousses de jeunes plants de pêchers.

Sur de jeunes plants forestiers, (**Koslowski, (1962) ; Becker, (1970,1974,et1977), Aussenac et Granier, (1984)**) constatent qu'une contrainte hydrique retient la croissance diamétrale des tiges. Cette réduction est d'autant plus importante que la vigueur des pousses est faible. Ils ont également conclu que, l'effet de la contrainte hydrique s'installe l'année même de son application. Par ailleurs, les effets de l'année **n** (1997 pour notre cas) influent sur la croissance de l'année **n+1** (1998 pour nous). **Becker, (1974)** avait expliqué ce phénomène par le fait qu'une sécheresse intervenant l'année **n** perturberait le système racinaire, ce qui diminuerait d'autant les réserves pour l'année suivante (**n+1**).

Un autre fait doit également être clarifié, l'incidence de la sécheresse sur le développement de l'arbre est très strictement liée à son âge. Selon **Li et al , (1990b)** lorsque la sécheresse est intense le phénomène de décroissance pourrait être irréversible chez les

jeunes plants car leur système racinaire encore faible est très perturbé. Sa masse totale diminue en raison sans doute de la nécrose d'un certain nombre de cellules qui ne pourraient pas dans ce cas assurer une alimentation favorable de la partie aérienne, même après réhydratation.

Sur les jeunes plants d'abricotiers, nous avons montré qu'un manque d'eau sévère affecte très fortement le diamètre des tiges de l'ensemble des jeunes plants. Une décroissance irréversible semblable à celle décrite par **Li et al, (1990b)** pourrait se produire sous une restriction d'eau de 30 % de l'ETP. Les futurs arbres seront chétifs et sujets aux attaques parasitaires et aux dépérissements.

Par contre si la sécheresse est modérée, les assimilés synthétisés par la partie aérienne seraient détournés au profit du système racinaire qui se développerait en profondeur et serait plus performant (**Huguet, 1985 et Li et al, 1990b**). Après une réhydratation, les plants se rattraperont et retrouveront sans doute un développement normal. Les plants de l'abricotier modérément sanctionnés par le régime 60 % de l'ETP, pourraient se rétablir par l'application d'une dose d'irrigation plus forte.

## **2-3 : PARAMETRES DE LA CROISSANCE EN LONGUEUR :**

### **2-3-1 : Variation de la dynamique de croissance des pousses annuelles:**

Les Fig n° 20a, 20b et 20c montrent que la croissance des pousses de l'année 1997 est nettement plus importante que celle de l'année 1998 et ceux pour tous les régimes d'arrosage. Par ailleurs, les plants de la première année de culture entrent en activité plus précocement que ceux de la deuxième année notamment ceux soumis au régime humide. En effet, en 1997, la croissance a démarré simultanément pour les trois modèles le 06/4, contre 13/4 et le 27/4 pour 1998. Le retard enregistré en deuxième année est de l'ordre de 1 à 2 semaines selon le régime hydrique considéré (Annexe n° 3-12)

La durée totale de la période de croissance varie également avec l'année et l'intensité du stress. Les plants poussent moins longtemps en leur deuxième année de culture (56 à 54 jours en 1998, 70 à 63 jour en 1997) et quand la restriction de l'eau est plus sévère.

La durée moyenne de la croissance est de l'ordre de 68 jours en première année, contre 55 jours en seconde.

Il est à remarquer qu'au début de l'année 1997 (du 13/04 au 11/05), les allongements des pousses des trois modalités sont très comparables et ce pour les cinq provenances (Fig n°20a ; 20b ; 20c). Ce phénomène n'est pas surprenant puisque les plants ont bénéficié au cours de cette période des réserves en eau apportées par la pluie (Annexe n° 1-1). La sécheresse n'a commencé à s'installer qu'au delà du 11/05.

En 1998, et durant la même période (13/04 à 11/05), on s'attendait à la répercussion du déficit hydrique moyen et sévère de l'année précédente (1997) sur le démarrage des allongements des pousses. Or, on obtient un démarrage plus précoce et une vitesse élevée en comparaison avec le témoin (Fig n° 20a ; 20b ; 20c et Annexe n° 3-12). Une telle situation est comparable aux effets induits par les modalités alternées (sèche – humide) sur l'allongement des pousses de certains plants forestiers (**Becker, 1977 ; Finkelstein, 1981**). Les plants ayant subi un dessèchement en année **n** expriment une vitesse de croissance et un allongement plus importants lorsqu'ils sont suffisamment arrosés en année **n+1**. Selon ses auteurs, l'élongation peut même dépasser celle du témoin. Il semble donc que le déficit de croissance de la première année sèche est presque intégralement compensé en deuxième année humide.

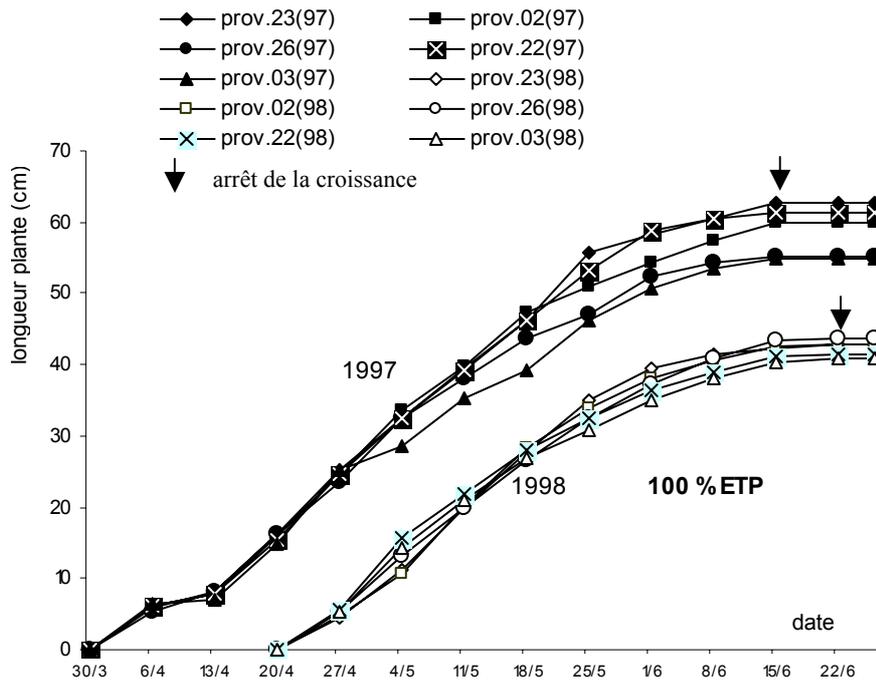


Fig n° 20 a: Evolution de la longueur cumulée des plants des différentes provenances sous le régime hydrique 100% ETP (1997-1998.)

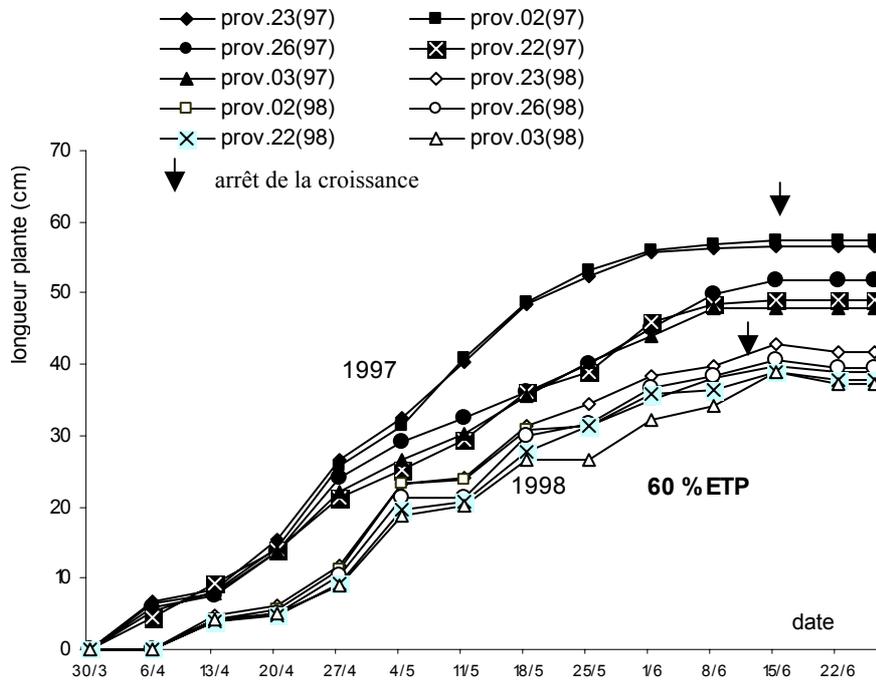


Fig n°20b: Evolution de la longueur cumulée des plants des différentes provenances sous le régime hydrique 60 % ETP (1997-1998.)

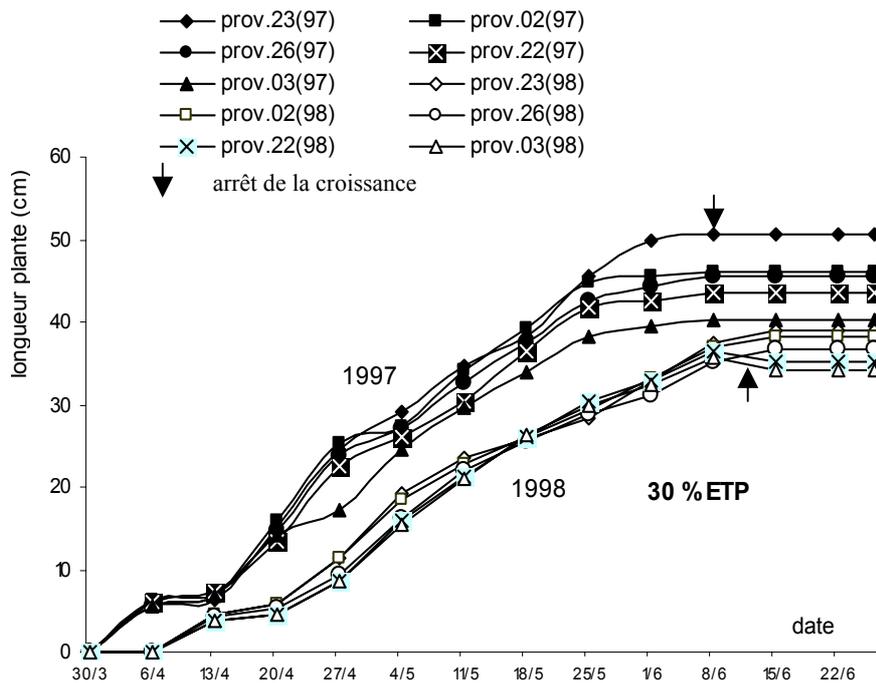


Fig n ° 20c: Evolution de la croissance cumulée des plants des différentes provenances sous le régime 30% ETP (Années 1997-1998)

**2-3-2 : Variation de la croissance totale des pousses de l'année**

La croissance totale des pousses est très différente d'un traitement à l'autre. L'analyse de variance montre des différences très hautement significatives entre les 3 types d'arrosage, indépendamment de l'année expérimentale (tableau n° 26, Fig n° 21 et 22A, 22B, 22C). La longueur totale du bois formé chaque année par un plant stressé est statistiquement plus faible que celle du témoin. Les deux lots stressés produisent en moyenne 42,9 cm (1997) à 33,66 cm (1998) de bois nouveau / arbre, contre 52,7 cm (1997) à 37,6 cm (1998) sous le régime humide (tableau n° 26). Le taux de réduction de la production en bois due à la contrainte hydrique est plus élevé en première année. Il est de l'ordre de 18,50 %, contre 10,56 % en 1998 (tableau n° 27), soit en moyenne 15,20 % sur les 2 ans d'essai.

Il est à remarquer que les pertes de croissance en longueur cumulée engendrées par le régime sec (30 % ETP) sont très largement plus importantes que celles du modèle moyen (60 % ETP) (tableaux n°26 et 27). Une restriction de 40 % d'eau provoque des réductions de 11,81 (1997) à 7,33 % (1998), contre 25,18 à 10,56 % pour celle de 70%.

Tableau n° 26 : Analyse de la variance de la croissance totale des pousses / plant, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Années : 1997-1998)

Source de variation	F calculé et signification		Type stress, provenance n°	Longueur pousses (cm)		Groupe statistique			
	1997	1998		1997	1998	1997	1998		
Régime hydrique	35.09 ***	32.83***	100 %	52,66		37,64		A	A
			60 %	46,44	42,92	34,88	33,66	B	B
			30 %	39,40		32,45		C	C
Provenance	05.81*	04.83 *	23	50,55		36,65		A	A
			02	48,49		35,37		AB	AB
			26	45,26		35,65		BC	
			22	45,03		34,11			BC
			03	41,49		33,15		C	C

\* : significatif à 5 % \*\*, \*\*\* : Significatif à 1 %

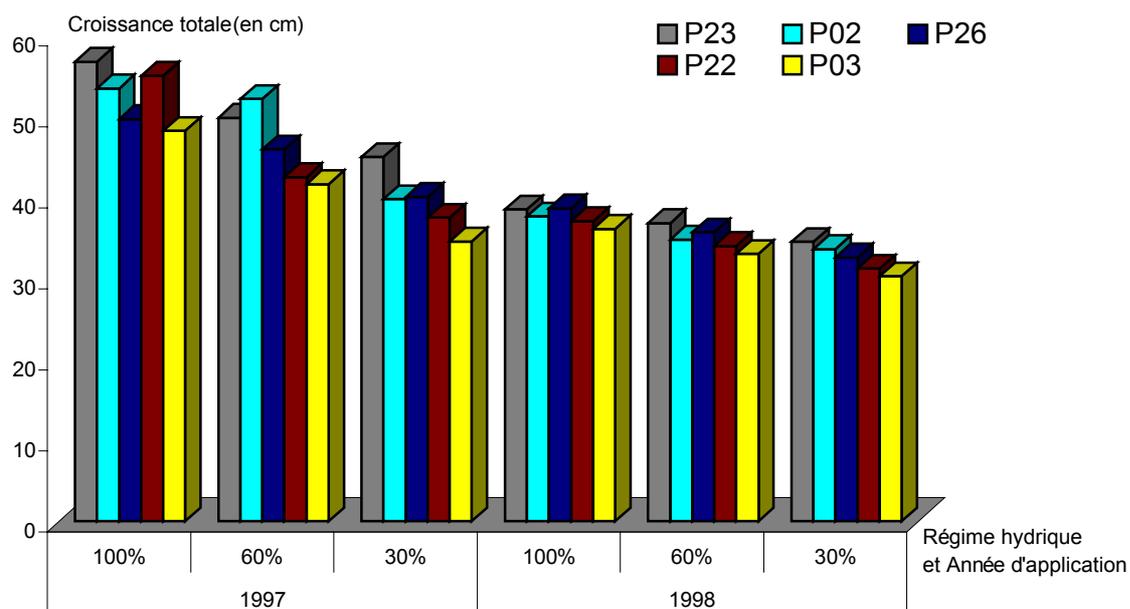


Fig n° 21 : Croissance totale des pousses de l'année des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1997-1998)

Tableau n° 27 : Réductions moyennes de la croissance totale des pousses / plant des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1997-1998).

Année expérimentale	Régime hydrique (% ETP)	Réduction longueur totale des pousses (en % témoin)					
		23	02	26	22	03	Moy.
1997	60 % (moyen)	12,25	02,41	07,54	22,73	13,68	11,81
	30 % (sec)	20,79	25,59	19,37	31,82	28,37	25,18
	<b>moyenne</b>	<b>16,52</b>	<b>14,00</b>	<b>13,46</b>	<b>27,28</b>	<b>21,03</b>	<b>18,50</b>
1998	60 % (moyen)	04,49	07,64	07,71	08,38	08,58	07,33
	30 % (sec)	10,45	10,72	15,77	15,84	16,27	13,79
	<b>moyenne</b>	<b>07,47</b>	<b>09,18</b>	<b>11,74</b>	<b>12,11</b>	<b>12,42</b>	<b>10,56</b>
2ans	60 % (moyen)	09,11	04,57	07,63	16,95	11,50	09,95
	30 % (sec)	16,61	19,45	17,81	25,39	23,18	20,44
	<b>moyenne</b>	<b>12,86</b>	<b>12,01</b>	<b>12,72</b>	<b>21,18</b>	<b>17,34</b>	<b>15,21</b>
classe de sensibilité		Résistante			Sensible		-

La capacité de production de bois des différentes provenances est significativement variable. Le classement des porte-greffes reste identique de la première à la seconde année d'étude (tableau n° 26). Cependant les écarts inter-provenances sont moins élevés en deuxième année. En moyenne, la provenance (23) suivie de (02) sont celles qui produisent plus de bois nouveau /an (43,6 et 41,93 cm /an respectivement). La (03), secondée par (22) ne produisent dans l'ordre que 37,30 et 39,60 cm /an.

En considérant les effets des restrictions d'eau, le tableau n° 27 indique que les plants d'abricotier réduisent différemment leur potentiel de production de bois de l'année en fonction de l'origine de leur porte-greffes. Sur les 2 ans de culture, il ressort en moyenne que les provenances (23), (02) et (26) souffrent relativement moins de la sécheresse (classe résistante avec 12 -13 % de perte), la (22) est plus sensible au manque d'eau, (21,2 % de bois en moins / an), suivie par (03) qui réduit sa production d'environ 17 % par rapport au régime humide (classe sensible).



A : Plants du régime humide



B : Plants du régime intermédiaire



C : Plants du régime sec

Fig n°22 : Croissance des plants des différentes provenances conduits sous les trois régimes (Année : 1998)

### **2-3-3 : Discussion:**

Les résultats obtenus montrent qu'il existe d'importantes variations liées à la dose d'arrosage. L'effet du déficit hydrique s'est traduit par un important ralentissement du rythme et un arrêt précoce de la croissance des pousses annuelles. La longueur totale des pousses de l'année est significativement affaiblie en conditions de sécheresses.

L'effet du manque d'eau sur la croissance totale des pousses a été mit en évidence par plusieurs auteurs sur différentes espèces cultivées (annuelles et pérennes) et essences forestières. Nos résultats concordent largement avec ceux rapportés par divers auteurs. En effet, sur de jeunes plants d'abricotier, nous avons montré que le déficit hydrique agit sur la croissance totale des pousses dès la première année de son application. Cette perturbation de la croissance a également été observée par **Finkelstein, (1981)** sur le cèdre et **Dreyer et Mauget, (1986)** sur le noyer. Selon ces auteurs, les espèces à pousses polycycliques (cas de l'abricotier) montrent une réduction de leur croissance l'année même de l'application de la contrainte hydrique. Par contre, les espèces à pousses monocycliques courtes présentent un décalage d'un an entre l'application du déficit hydrique et l'apparition des signes d'affaiblissement de la croissance en hauteur (**Becker, 1977**).

Sur pêcher, **Li et al, (1990b)** ; **Hipps et al, (1995)**, **Tiercelin, (1998)** et **Li et Genard, (1995)** ont démontré que la croissance des pousses est significativement ralenti au bout d'une à deux semaines après le début du traitement sec. Ce ralentissement de croissance se manifeste par un raccourcissement des entre-noeuds, la diminution de la vitesse de croissance et la nécrose précoce de l'apex aboutissant finalement à une diminution de la longueur totale des pousses. Ces phénomènes ont été également remarqués sur la luzerne annuelle (**Goss et al, 1982 et Chebouti, 1999**), le petit pois (**Turc et al, 1995**), le Soja (**Djebbar, 1991**) et le cèdre (**Finkelstein, 1981 ; Becker, 1977 ; Aussenac et Finkelstein, 1982**).

## **2-4 : PARAMETRES DE RAMIFICATION**

### **2-4-1 : Variation du nombre total des différents types de rameaux par plant.**

L'analyse de la variance montre que l'apparition des rameaux est significativement influencée par le niveau d'alimentation en eau des plants (Tableau n° 28, Fig n° 23). Sous la modalité humide, un plant produit en moyenne 13,75 rameaux. Sous la contrainte hydrique, il ne donne en moyenne que 11,94 rameaux, soit une diminution de 13,16% par rapport au témoin (Tableau n° 29).

Notons que l'arrosage limité à 60 % de l'ETP est moins contraignant que celui fixé à 30 % de l'ETP (8,0 % de rameaux en moins, contre 18,33 % pour le régime sec).

Tableau n° 28 : Analyse de variance du nombre total de pousses / plant, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1998)

Source de variation	F calculé et signification	Type stress, provenance n°	Moyenne	Groupe statistique	
Régime hydrique	05.85 *	100 %	13,75	A	
		60 %	12,65	11,94	AB
		30 %	11,23		B
Provenance	01.43 NS	23	13,43	A	
		02	12,41		
		26	13,33		
		22	11,89		
		03	11,67		

NS : Non significatif, \*: Significatif à 5%

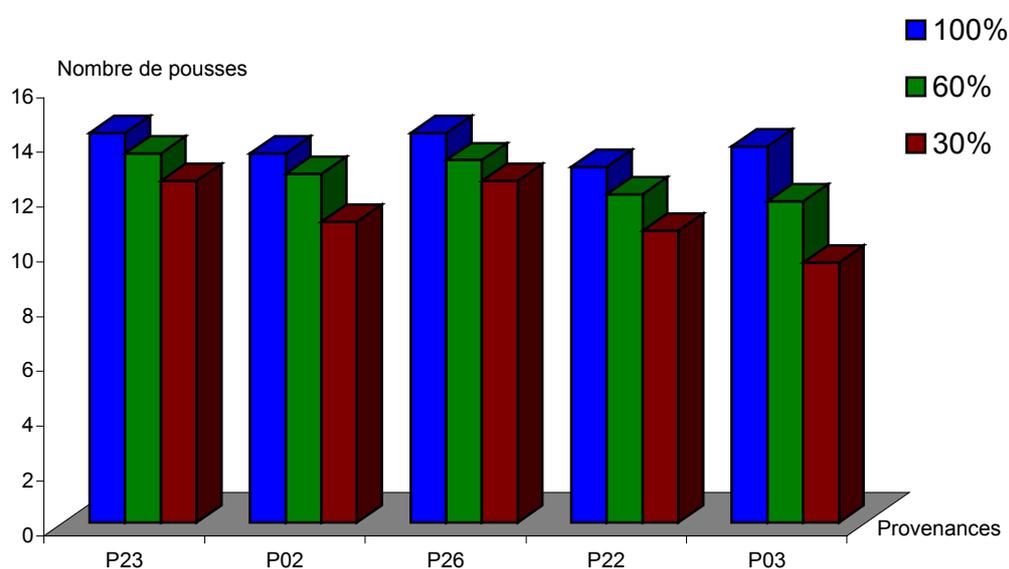


Fig n° 23 : Nombre de pousses par plant et par provenance en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

Tableau n° 29 : Réductions moyennes du nombre total de pousses / plant des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (1998).

Régime hydrique (% ETP)	Réduction nombre total pousses / plant (en % témoin)					Moy.
	23	02	26	22	03	
60 % (moyen)	05,26	05,56	07,01	07,70	14,55	08,00
30 % (sec)	12,28	18,52	12,28	17,92	30,91	18,33
<b>Moyenne</b>	<b>08,59</b>	<b>12,04</b>	<b>09,65</b>	<b>12,81</b>	<b>22,74</b>	<b>13,16</b>
classe de sensibilité	Résistante		Moy. sensible		Sensible	-

Au niveau des provenances aucune divergence significative n'a été observée, toutes modalités confondues. Le nombre total moyen de rameaux / plant étant de 11,67 à 13,43 (tableau n° 28). Cependant, en considérant les écarts par rapport au témoin, exprimés en pourcentage (tableau n° 29), on déduit que le porte-greffe (03) en particulier, tolère nettement moins bien la restriction d'eau, notamment quand elle est sévère. Avec une perte moyenne d'environ 23 % de rameaux, cette provenance craint le manque d'eau. Elle est considérée comme sensible (mieux indiquée pour un climat humide).

Tableau n° 30 : Nombre total et proportions des différents types de rameaux de l'année en fonction du régime hydrique et des provenances de porte-greffes (Année : 1998)

Régime hydrique (% ETP)	Type de rameaux	Nombre total de rameaux par provenance											
		23		02		26		22		03		moyenne	
		Nbr.	%	Nbr.	%	Nbr.	%	Nbr.	%	Nbr.	%	Nbr.	%
100 % (humide)	R.gourmand	3.25	22.80	3.50	25.93	3.25	22.81	3.25	25.00	2.75	20.00	3.20	23.27
	R.mixte	6.25	<b>43.86</b>	4.00	29.63	5.25	36.84	5.75	<b>44.22</b>	6.00	<b>43.64</b>	5.45	<b>39.64</b>
	R.à bois	4.75	33.34	6.00	<b>44.44</b>	5.75	<b>40.35</b>	4.00	30.78	5.00	36.36	5.10	<b>37.09</b>
	Total	14.25	100.0	13.50	100.0	14.25	100.0	13.00	100.0	13.75	100.0	13.75	100.0
60 % (moyen)	R.gourmand	2.50	18.45	2.25	17.65	2.75	20.75	2.50	20.83	2.00	17.02	2.40	18.97
	R.mixte	6.05	<b>44.65</b>	5.00	39.21	4.50	33.96	6.00	<b>50.00</b>	6.50	<b>53.32</b>	5.60	<b>44.27</b>
	R.à bois	5.00	36.90	5.50	<b>43.14</b>	6.00	<b>45.28</b>	3.50	29.17	3.25	27.66	4.65	<b>36.76</b>
	Total	13.55	100.0	12.75	100.0	13.25	100.0	12.00	100.0	11.75	100.0	12.65	100.0
30 % (sec)	R.gourmand	2.75	22.00	2.25	22.45	2.25	18.00	1.50	14.07	1.50	15.79	2.05	18.25
	R.mixte	5.25	<b>42.00</b>	4.41	<b>40.09</b>	5.75	<b>46.00</b>	5.83	<b>54.69</b>	5.00	<b>56.63</b>	5.25	<b>46.75</b>
	R.à bois	4.50	36.00	4.33	39.36	4.50	36.00	3.33	31.24	3.00	31.58	3.93	<b>35.00</b>
	Total	12.50	100.0	10.99	100.0	12.50	100.0	10.66	100.0	9.50	100.0	11.23	100.0
Moyenne globale	R.gourmand	3.17	23.88	2.67	21.49	2.75	20.61	2.42	20.34	2.08	17.85	2.55	20.32
	R.mixte	4.85	36.56	4.47	36.00	5.17	38.76	5.86	<b>49.29</b>	5.83	<b>49.99</b>	5.43	<b>43.32</b>
	R.à bois	5.25	<b>39.56</b>	5.28	<b>42.52</b>	5.42	<b>40.63</b>	3.61	30.36	3.75	32.13	4.56	<b>36.36</b>
	Total	13.27	100.0	12.41	100.0	13.33	100.0	11.89	100.0	11.67	100.0	12.54	100.0

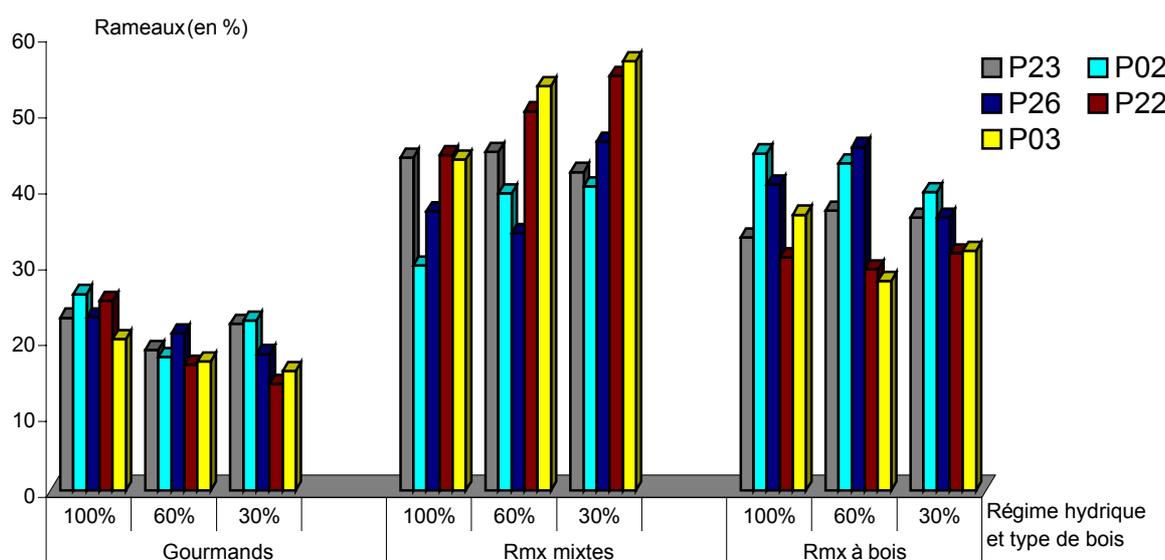


Fig n° 24 : Proportions des différents types de rameaux de l'année en fonction du régime hydrique et des provenances (Année : 1998)

Outre son action déprimante sur le nombre total de pousses, le manque d'eau agit aussi sur la nature des productions ligneuses. Globalement, les deux intensités de stress hydriques confondus diminuent le nombre des rameaux de type gourmands de 21,55 % et favorisent ceux à bois (12,48 % de plus que le témoin) et mixtes de 12,48 et 8 % respectivement.

Sous tous les régimes d'eau, on observe le même classement des proportions de différents rameaux (% R. mixtes > % R.bois > % Gourmands). Cependant plus le stress est intense plus les écarts entre ces proportions se creusent ( Fig n° 24, tableau n° 30 ).

Au niveau provenances, la (03), (22) et (23) se distinguent par leur ramifications de type mixte, notamment en condition de sécheresse où on note une proportion voisinant les 45 à 57 % (tableau n° 30). Le reste (26 et 02) a tendance à produire davantage de rameaux à bois en condition humide (40,3 et 44,4 %) et moyennement sèche (45,3 et 43,1%). Cependant sous le régime sec, ces deux provenances forment plutôt plus de rameaux mixtes (46 et 40 %).

Les moyennes des 3 doses d'irrigation indiquent que les porte-greffes utilisés se scindent en 2 groupes (Fig n° 24 et , tableau n° 30).

➤ Le premier composé par les provenances (22) et (03), produit plus de rameaux mixtes (49,3 à 50 %).

➤ Le second constitué par les porte-greffes (23), (02) et (26), induit une ramification en majorité à bois (39,6 à 42,5 %).

**2-4-2 : Variation du nombre de rameaux anticipés par plant.**

Toutes provenances confondues, le nombre de rameaux anticipés produits par plant est très significativement influencé par la quantité d'eau mise à la disposition de l'arbre. Une diminution moyenne et sévère des besoins en eau se traduit par une perte significative de rameaux anticipés (Tableau n° 31 et Fig n° 25). Un plant produit en moyenne 7,23 rameaux anticipés en condition humide, contre 5,10 sous le régime stressant, soit une pénalité de 29,39 %. La réduction est d'autant plus forte que l'apport d'eau est faible. La modalité 60 % ETP est responsable de 21,02 % de rameaux anticipés en moins, contre 37,76 % pour celle 30 % ETP. (Tableau n°32).

Tableau n° 31 : Analyse de variance du nombre de rameaux anticipés / plant, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1998)

Source de variation	F calculé et signification	Type stress, provenance n°	Moyenne /plant	Groupe statistique	
Régime hydrique	27,36***	100 %	07,23	A	
		60 %	05,70	5,10	B
		30 %	04,50		C
Provenance	13,00***	23	07,19	A	
		02	06,83		
		03	05,81	AB	
		26	04,92	B	
		22	04,33		

\*\*\* : Significatif à 1 %

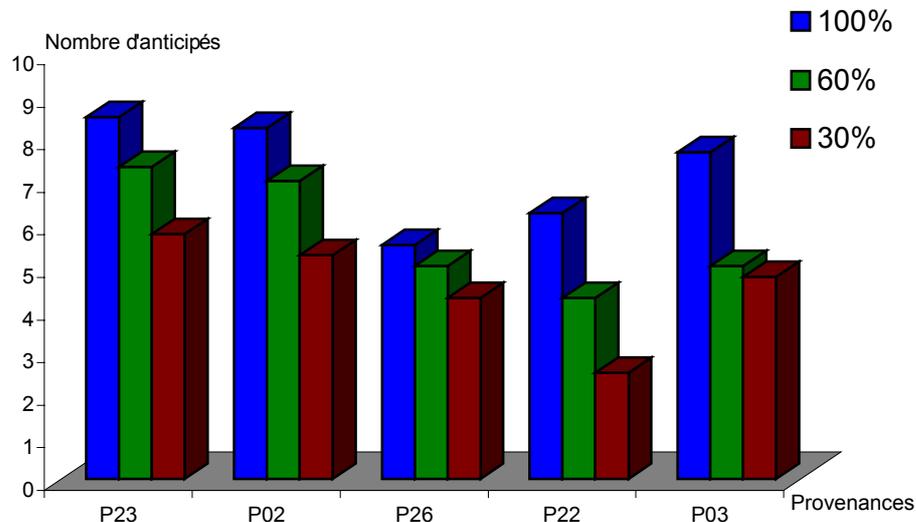


Fig n° 25 : Nombre de rameaux anticipés par plant et par provenance en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

Tableau n° 32 : Réductions moyennes du nombre de rameaux anticipés / plant des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année :1998).

Régime hydrique (% ETP)	Réduction nombre rameaux anticipés / plant (en % témoin)					
	23	02	26	22	03	Moy.
60 % (moyen)	13,77	15,15	09,09	32,00	34,81	21,02
30 % (sec)	32,35	36,36	22,73	60,00	38,07	37,76
<b>Moyenne</b>	<b>23,06</b>	<b>25,75</b>	<b>15,91</b>	<b>46,00</b>	<b>36,44</b>	<b>29,39</b>
Classe de sensibilité	Résistante			Très sensible	Sensible	-

Les provenances de porte-greffes ont également réagi différemment. En prenant en compte la moyenne des trois types d'irrigation réunis, le teste de Newmann et Keuls les répartit en trois groupes de production d'anticipés significativement différents, A (23 et 02), AB (03) et B (22 et 26), produisant respectivement, 7,19, 6,83 à 5,8 et 4,9 à 4,3 anticipés par plant (Tableau n° 31).

Les résultats de l'évaluation de leur résistance à la restriction de l'eau vont dans le même sens, à l'exception de la provenance 26 qui change de rang. Malgré que ce porte-greffe donne relativement peu d'anticipés (tableau n° 32), il possède une meilleure résistance à la contrainte hydrique.

Le tableau n° 32 relevant les taux de réduction de la capacité de production d'anticipés des différentes provenances soumises à une culture peu arrosée, permet de distinguer 3 classes de sensibilités.

- Classe résistante, représentée par surtout la prov.(26) qui n'a subit que 16 % de réduction suivie de la (23) et (02) ayant enregistré 24 à 26 % de perte d'anticipés
- Sensible prov.(03)), avec une réduction de 36 %
- Très sensible prov.(22), atteignant 46 % de réduction en moyenne sous les 2 types de stress.

### 2-4-3 : Discussions :

Nous avons démontré que les plants alimentés en eau à suffisance ont un très fort développement végétatif. Leur productivité se trouve donc améliorée par une formation importante de différents types de rameaux. Par contre, une restriction hydrique entrave significativement l'apparition des pousses.

Ces résultats rejoignent ceux de plusieurs travaux qui ont montré l'effet négatif d'une contrainte hydrique sur la limitation du nombre de ramifications. En effet, sur des poiriers adultes, le **Cemagref, (1983)** avait mis en évidence la diminution du nombre de rameaux de l'année sur arbres conduits à 20 % de l'ETP. En étudiant l'effet d'une restriction hydrique contrôlée (RCI) sur la croissance végétative du pêcher et du poirier, **Chalmes, (1988) in Tiercelin, (1998)** avait aussi mis en évidence une diminution significative du rapport : Bois de taille sous une RCI / témoin (le bois de taille correspond au nombre de rameaux apparus sous les deux régimes).

Les effets négatifs des arrosages insuffisants sont connus aussi chez les espèces herbacées, comme les luzernes annuelles **Chebouti, (1999)** et le blé (**Semiani, 1997a**). Sous contrainte hydrique, le nombre de ramifications primaires chez différentes espèces de *Médicago* diminue significativement. Sur le blé le stress hydrique se traduit par une baisse du nombre de thalles formées. **Davidson et Chevalier, (1989)** rapportent que chez cette céréale, une réhydratation peut conduire à une reprise de production de thalles. Toutefois, cette apparition tardive ne compense pas la perte de thalles précoces.

Le niveau d'alimentation en eau de jeunes plants d'abricotier n'agit pas seulement sur le nombre de pousse par plant, mais aussi sur la qualité du bois formé. En effet, nous avons observé que sous régime intermédiaire et sec, le nombre de gourmands et de rameaux à bois est plus faible que sous régime humide, alors que celui des rameaux mixtes augmente dans les mêmes conditions.

En travaillant sur plusieurs arbres fruitiers adultes, **Vaysse et al, (1990)** avaient mis en évidence l'effet d'une alimentation sans restriction sur l'apparition importante de gourmands qui selon ces mêmes auteurs, provoquerait un mauvais éclaircissement de l'intérieur de l'arbre, diminuerait la quantité et la qualité des fruits formés et augmenterait le temps de travail à la taille.

La réponse des cinq provenances au déficit hydrique est différente quant au nombre total de rameaux et d'anticipés produits. Les provenances, (02), (23) et (26) semblent moins sensibles que la (22) et (03).

La divergence des provenances se remarque également au niveau de la qualité du bois formé. Tous régimes d'apport d'eau confondus, il apparaît que les provenances qui produisent plus de rameaux à bois investissent moins dans le type mixte (prov.23, 02 et 26) et inversement (prov.22 et 03). Cependant, lorsque la restriction en eau est sévère (30 % ETP), tous les porte-greffes orientent davantage leur production vers les rameaux mixtes.

**2-5 :PARAMETRES DE LA BIOMASSE SECHE AERIENNE APRES DEFEUILLAISSON (BOIS)**

**2-5-1 : Variation du poids sec des plants après défeuillaison**

Les valeurs moyennes de la biomasse totale des trois types d'apports d'eau d'une part et celles des provenances d'autre part, sont très significativement différentes (Tableau n° 33, Fig n° 26). Les plants conduits sous régime humide affichent un poids sec total individuel élevé, égal à 110,55 gr., alors que ceux soumis aux restrictions intermédiaire et sévère ne pèsent que 76,62 à 58.91 gr. / plant. La biomasse sèche totale du plant baisse de 38,73 % en moyenne, les deux stress confondus (Tableau n°34).

L'apport d'eau réduit de 70 % de l'ETP est plus conséquent que celui de 40 %. La perte étant de 46,77 % pour le premier et 30,70 %, pour le second.

Par ailleurs, les 2 types de bois sont influencés par les deux intensités de sécheresse appliquées. Cependant, le bois jeune paraît plus sanctionné que l'ancien, notamment lorsque le déficit hydrique devient fort. La pénalité étant de 38 à 55 % pour le bois récent et 20,35 à 34,23 % pour le plus vieux (Tableau n° 34, Fig n° 26 ).

Tableau n° 33 : Analyse de variance de la biomasse sèche aérienne totale, ancienne et nouvelle / plant après défeuillaison, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1998)

Source de variation	F calculé et signification			Régime hydrique / Provenance n°	Moyenne (gr. / plant)			Groupe		
	Biom. totale	Biom. Anc.	Biom. Nouv.		Biom. totale	Biom. anci.	Biom. Nouv.	Biom. totale	Biom. anci.	Biom. Nouv.
Régime Hydrique	224,75***	142,11***	350,53***	100%	110,55	44,87	65,66	A	A	A
				60%	76,62	35,74	40,71	B	B	B
				30%	58,91	29,52	29,42	C	C	C
Provenance	06,45***	19,37***	7,67***	23	92,59	41,12	51,43	A	A	A
				02	83,28	38,36	44,95	B	B	B
				03	81,27	37,61	43,95	BC		
				26	78,23	35,12	42,92		C	
				22	76,76	31,34	43,09	C	D	
Intéraction Prov.régime	04,06***	04,77***	06,12***	100-03	121,81	51,54	70,66	A	A	A
				100-23	114,99	48,13	66,86	AB	AB	AB
				100-02	113,31	44,86	68,55		BC	
				100-26	102,28	41,12	61,16	BC	CD	B
				100-22	100,18	38,78	61,46	CD	DE	
				60-23	86,66	40,65	46,00	DE	CD	C
				60-26	78,70	36,68	42,01	EF	DEF	CD
				30-23	76,00	34,56	41,44		EFG	
				60-22	73,41	30,70	41,71		GH	
				60-03	72,91	32,85	40,06		EFGH	CDE
				60-02	71,61	37,82	33,79		DEF	DEF
				30-02	64,99	32,40	32,50		FG	FGH
				30-26	53,15	27,56	25,59	GH	HI	FG
				30-22	50,71	24,61	26,09		I	
30-03	49,10	28,44	21,44	H	HI	H				

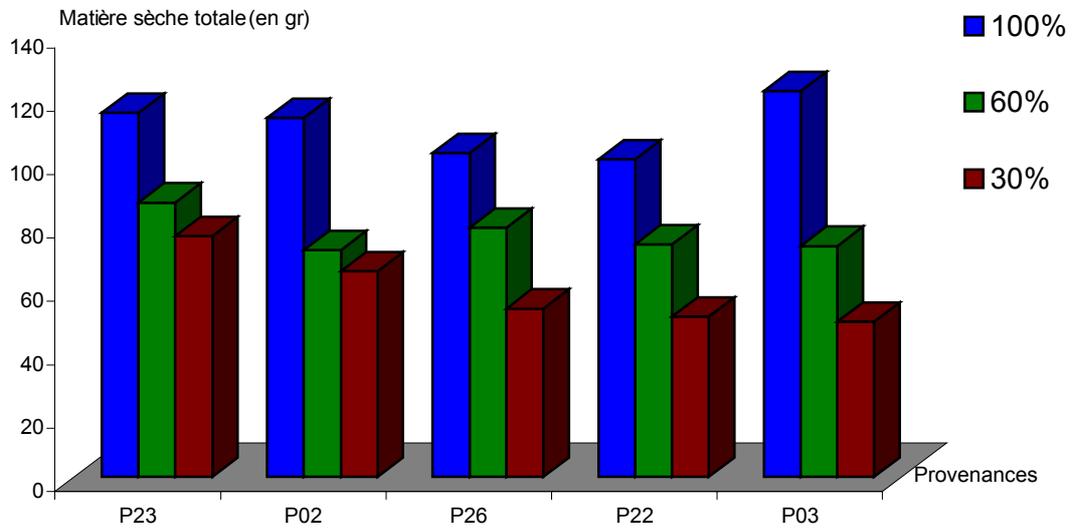


Fig n° 26 Poids de la matière sèche totale des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

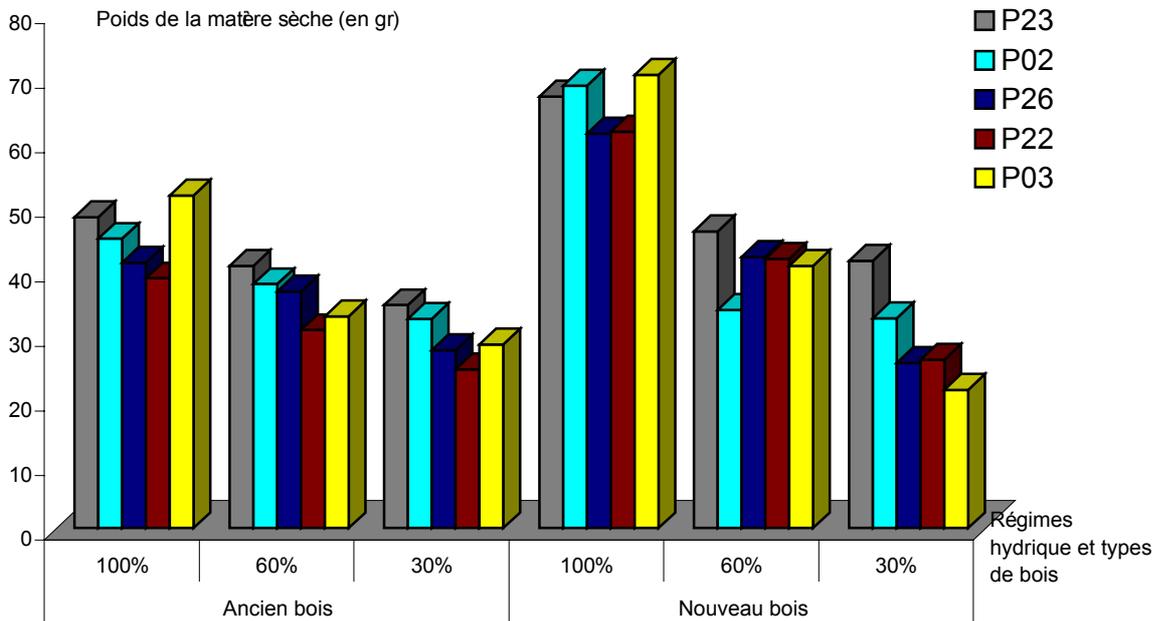


Fig n° 27 : Poids de la matière sèche par type de bois et par provenance en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

Tableau n°34 : Réductions moyennes de la biomasse sèche aérienne totale, ancienne et nouvelle en % du témoin des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1998).

Régime hydrique (% ETP)	Type de bois	Perte de biomasse sèche (en % témoin)					Moyenne
		23	02	26	22	03	
60 % (moyen)	Ancien	15,54	15,69	10,80	20,71	36,26	20,35
	Nouveau	31,20	50,71	31,31	32,14	42,98	38,00
	Total	24,65	<b>36,86</b>	23,06	26,72	<b>40,14</b>	<b>30,70</b>
30 % (sec)	Ancien	28,20	27,78	32,98	36,44	44,82	34,23
	Nouveau	38,02	52,59	58,16	57,55	69,46	55,20
	Total	33,91	42,77	48,04	<b>49,39</b>	<b>59,77</b>	<b>46,77</b>
<b>Moyenne</b>	Ancien	21,87	21,74	21,89	28,58	40,54	27,29
	Nouveau	34,61	51,65	44,74	44,84	56,22	46,60
	Total	29,27	39,82	35,55	38,06	<b>49,92</b>	<b>38,73</b>
Classe de sensibilité		Résistante	Moyennement sensible		Sensible	-	

Les cinq provenances de porte-greffes suivies élaborent des biomasses aériennes statistiquement différentes. Leur classement (groupe statistique) varie en fonction du régime hydrique et du type de bois considérés (Tableau n° 33).

Toutes doses d'arrosage confondues, la provenance (23) émerge du groupe par sa forte production totale de bois (92,59 gr MS / plant) et celle (22) par son poids limité (74,76 gr. MS / plant). Le reste (02, 03 et 26) plus ou moins homogène, occupe un rang intermédiaire, avec 83,28 à 78,12 gr./ plant.

Cette analyse basée sur la moyenne générale des 3 modalités d'irrigation, ne met pas en évidence le changement dans le comportement des provenances vis-à-vis des différents régimes. En d'autres termes, les provenances paraissant les plus productives ne sont pas toujours celles qui résistent mieux au stress hydrique et inversement.

En effet, en tenant compte des taux de perte liés à l'insuffisance de l'eau, on remarque que la provenance (03), bien qu'elle exprime un poids total supérieur à celui de la (26) et (22) sous les 3 modalités confondues (Tableau n° 33), sa capacité à supporter une sécheresse moyenne et surtout intense est la plus faible. Avec un apport d'eau suffisant (100 % ETP), ce porte-greffe occupe régulièrement le premier rang par sa biomasse de bois ancien, nouveau et total, alors que sous un régime hydrique stressant, elle se retrouve souvent larguée en dernière position (Tableau n° 34, Fig n° 26 et 27) . C'est un porte-greffe qui possède un potentiel de production élevé, mais nettement sujet au manque d'eau. Il est donc à exclure du système de cultures où l'eau est un facteur limitant.

Avec 92,59 gr. MS / plant, la provenance (23) se place en tête dans le classement général et sous les conditions moyennement et fortement stressantes (Tableau n° 33). En condition humide, c'est un porte-greffes dont le potentiel productif est comparable à celui du 3<sup>ème</sup>. Cependant, lorsque les arrosages sont insuffisants, ce porte-greffes manifeste une bonne résistance (perte 29,27 % de poids sec, contre 49,92 % pour le 3<sup>ème</sup>, Tableau n° 34). La provenance (23) conviendrait par conséquent aux milieux humides et à ceux plus ou moins sec.

Le reste des provenances (02, 26 et 22) se caractérisent par une capacité de production de bois et une résistance à la sécheresse moyennes.

### **2-5-2 : Discussion :**

Le déficit hydrique provoque un dessèchement des plants, c'est à dire une perte en eau des cellules (perte de turgescence), qui conduit à une diminution de la vigueur des différentes tiges. Cette perte de vigueur est mise en évidence par une chute du poids de la matière sèche sous contraintes hydriques par rapport au traitement correctement arrosé.

Nous avons montré que le déficit hydrique diminue la croissance totale et le nombre de pousses par plant. Ces pertes pourraient être à l'origine de la chute de la matière sèche.

La comparaison des taux de réduction des biomasses aériennes a indiqué qu'une restriction d'eau de 70 % est très nuisible que celle de 40%.

La répartition de la matière sèche selon le type de bois a permis également de constater que l'ancien bois subit de faibles pertes, par contre le nouveau bois fixe moins de matière sèche caractérisé par d'importantes réductions.

Notons également que les porte-greffes induisant une forte production de bois annuel ne sont donc intéressants en conditions sèches que s'ils sont suffisamment résistants. Cela conduit à la notion de valorisation de l'eau ou efficacité de l'utilisation de l'eau, c'est à dire la quantité de matière sèche fixée par litre d'eau transpirée. Un port greffes est donc considéré comme résistant à la contrainte hydrique lorsqu'il présente une bonne efficacité : Les provenances (23) et (02) semble répondre à cet indice de classification puisqu'elles ont montré de faibles réductions du poids sec. Les provenances (22) et (03) qui ont présenté d'importantes réductions peuvent être considérées comme sensibles (mauvaise efficacité de l'eau). La provenance (26) prend une position intermédiaire.

L'effet du manque d'eau sur la biomasse aérienne est bien connu. Les résultats obtenus ici sur l'abricotier concorde largement avec ceux de la littérature établis sur diverses espèces notamment herbacées (**Vidal et Pagnonec,1985, in Chebouti,1999 ; Boutabet,1990 ; Oussalem, 1998 ; Mouhouche, 1996 ; Petersen,1985 et Kettani,1991**)

## **2-6 : PARAMETRES DU FEUILLAGE :**

### **2-6-1 : Variation de la surface foliaire :**

L'analyse de variance des moyennes générales des trois modalités réunies révèle une différence très hautement significative d'une part entre les régimes hydriques et d'autre part entre les provenances testées, aussi bien en première année qu'en deuxième année d'essais (Tableau n° 35, Fig n° 28). Les plants du traitement humide présentent une surface foliaire de 32,08 cm<sup>2</sup> (1997) à 37,81 cm<sup>2</sup> (1998), supérieure à celle des arbres conduits sous stress (25,21 à 21,43cm<sup>2</sup> en 1997 et 27,69 à 22,69 cm<sup>2</sup> en 1998). Les taux de réductions dus au manque d'eau sont en moyenne de 27,31 % en 1997 et 33,38 % en 1998 (Tableau n° 36). La surface foliaire se rétrécit davantage en deuxième année et la modalité 30 % ETP est plus influente que celle de 60 % ETP.

L'analyse des taux de perte indique qu'à l'inverse des provenances (03) et (22), celles (02), (23) et (26) produisent un limbe moins perturbé par le stress hydrique. Sur la base des moyennes des deux années d'essai, on peut reconnaître trois groupes de sensibilité (Tableau n° 36) :

- Résistant, composé par les provenances (02), (23) et (26), avec environ 25 à 26 % de surface foliaire perdue.
- Moyen, représenté par la provenance (26), ayant perdu près de 29 % de son limbe.

➤ Sensible, englobant (03) et (22), avec 36 à 37 % surface foliaire en moins par rapport au témoin.

Tableau n° 35 : Analyse de la variance de la surface foliaire, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Années : 1997-1998)

Source de variation	F calculé et signification		Type stress, provenance n°	Surface foliaire moyenne (cm <sup>2</sup> )		Groupe statistique	
	1997	1998		1997	1998	1997	1998
Régime hydrique	81,06***	124,17***	100 %	32,08	37,81	A	A
			60 %	25,21	27,69	B	B
			30 %	21,43	22,69	C	C
Provenance	05,51***	05,05***	02	28,20	31,30	A	A
			23	27,50	30,97		
			26	26,80	30,14	AB	AB
			22	24,75	27,68	BC	BC
			03	23,95	26,88	C	C

\*\*\* : Significatif au seuil de 1 %

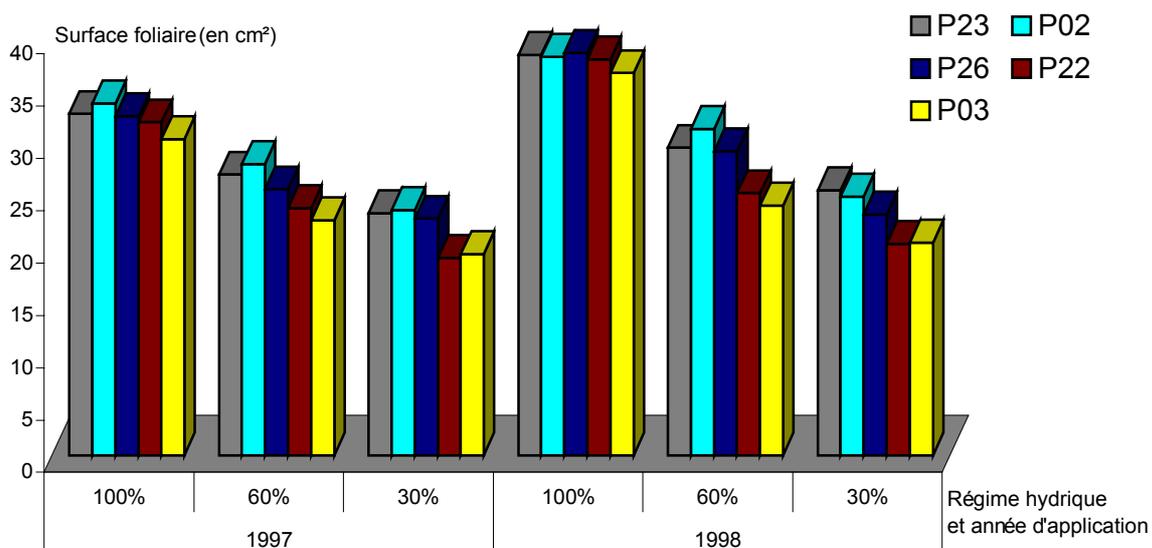


Fig n° 28 : Surface foliaire des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Tableau n° 36 : Réductions moyennes de la surface foliaire des plants des différentes provenances de porte-greffes en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1997-1998).

Année expérimentale	Régime hydrique (% ETP)	Réduction surface foliaire (% témoin)					
		23	02	26	22	03	Moy.
1997	60 % (moyen)	17,78	17,26	21,61	25,79	25,66	21,42
	30 % (sec)	29,14	30,36	30,25	40,72	36,42	33,20
	<b>moyenne</b>	<b>23,47</b>	<b>23,81</b>	<b>25,93</b>	<b>33,60</b>	<b>31,04</b>	<b>27,31</b>
1998	60 % (moyen)	23,22	18,04	24,42	33,84	34,70	26,77
	30 % (sec)	33,81	35,07	40,21	46,66	44,43	40,00
	<b>moyenne</b>	<b>28,51</b>	<b>22,61</b>	<b>32,31</b>	<b>40,25</b>	<b>39,56</b>	<b>33,38</b>
2ans	60 % (moyen)	20,72	17,67	23,13	30,17	30,61	24,32
	30 % (sec)	31,68	32,86	35,67	43,96	40,81	36,88
	<b>moyenne</b>	<b>26,20</b>	<b>26,55</b>	<b>29,40</b>	<b>37,06</b>	<b>35,71</b>	<b>30,60</b>
Class e de sensibilité au stress hydrique		Résistante		Moyenne	Sensible		-

**2-6-2 : Variation de la teneur relative en eau (turgescence relative) :**

La teneur relative en eau des feuilles de l'abricotier est un paramètre de discrimination des différents régimes d'irrigation. Il chute d'une manière hautement significative en condition sèche (Tableau n° 37, Fig n° 29) , passant de 81,48 % en modalité humide à 78 et 70,3 % respectivement en régime moyen et sec. La pénalité est de l'ordre de 9 % en moyenne (tableau n° 38)

Il est à remarquer qu'un apport d'eau réduit de 70 % des besoins est pratiquement 3 fois plus agressif qu'une restriction de 40 % (13,8 % de réduction, contre 4.4 %, Tableau n° 38).

Tableau n° 37 Analyse de la variance de la turgescence relative des feuilles, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1998)

Source de variation	F calculé et signification	Type stress, provenance n°	Turgescence relative moyenne (%)	Groupe statistique	
Régime hydrique	19,90***	100 %	81,48	A	
		60 %	77,90	74,08	B
		30 %	70,27		C
Provenance	0,76 NS	23	79,88	Même groupe	
		02	76,15		
		26	74,67		
		22	76,36		
		03	78,68		

NS = non significatif au seuil de 5 %, \*\*\* : Significatif à %

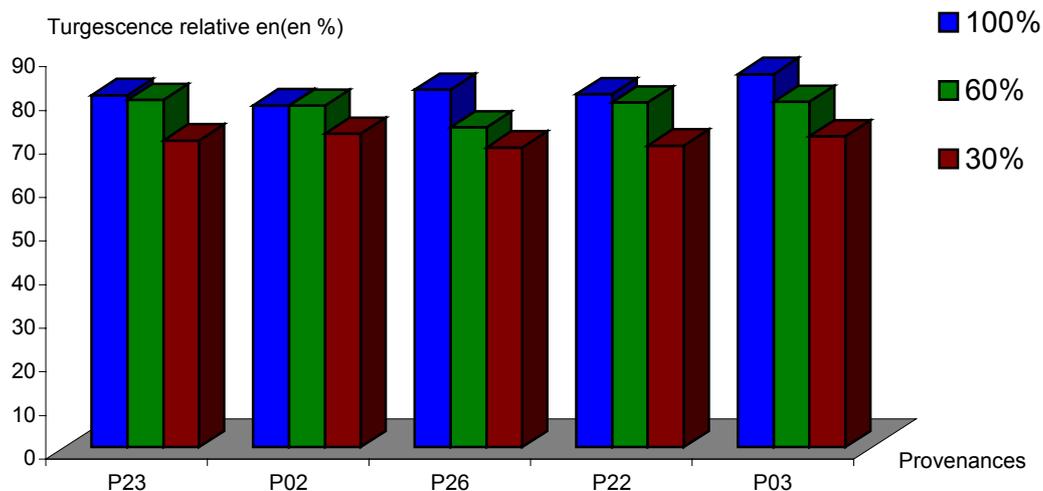


Fig n° 29 : Turgescence relative des feuilles des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1997)

Tableau n° 38 : Réductions moyennes de la turgescence relative des feuilles des plants des différentes provenances de porte-greffes en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1998).

Régime hydrique (% ETP)	Perte turgescence relative feuille (% témoin)					Moy.
	23	02	26	22	03	
60 % (moyen)	01,24	00,03	10,48	02,36	07,43	04,39
30 % (sec)	12,89	08,31	16,12	14,50	16,68	13,76
<b>Moyenne</b>	<b>07,13</b>	<b>04,17</b>	<b>13,31</b>	<b>08,43</b>	<b>12,06</b>	<b>09,07</b>
Classe de sensibilité	Résistante		sensible	Résistante	sensible	-

Bien que l'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les moyennes générales des différents porte-greffes (Tableau n° 37), les taux de réduction par rapport aux témoins (Tableau n° 38) montrent que le stress répartie les cinq provenances en 2 classes de sensibilité:

- Sensible (prov.03 et 26), avec des feuilles ayant 12,06 à 13,3% de turgescence en moins.
- Résistante (prov. 23, 02 et 22), aux feuilles 4,2 à 8,4 % moins turgescentes que le témoin.

### 2-6-3 : Variation de la teneur en matière sèche des feuilles

Ce paramètre est relativement peu sensible à la restriction d'eau. En effet, à l'issue de la première année de l'application de la contrainte hydrique, aucun écart significatif n'est remarquable entre les doses d'irrigation (Tableau n°39 , Fig n° 30). Le stress hydrique n'a

engendré qu'une légère hausse de la teneur des feuilles en MS, voisinant 1,46 % en moyenne (Tableau n° 40).

En deuxième année, l'effet du rationnement de l'eau est relativement plus important (Fig n° 30). Cependant, la richesse des feuilles en MS n'augmente significativement que lorsque la sécheresse est excessive. Le taux d'accroissement est sous les modalités 30 et 60 % ETP, respectivement de 14,54 % et 1,68 % (Tableau n° 40).

Par ailleurs, contrairement à la première année de culture, au cours de la seconde, la proportion de MS dans les feuilles des différentes provenances varie sensiblement plus sous l'effet du stress hydrique, notamment sévère. Les moyennes générales des teneurs en MS des feuilles, établies sur l'ensemble des modalités indiquent que les provenances testées se répartissent en deux groupes seulement en 1997 (A = prov. 02 et 26, B = 23, 03 et 22) et 3, en 1998 (A = pov. 02, B = 26 et 23 et C = 03 et 22) (Tableau n° 39). Cette classification des provenances se modifie en prenant en compte leur sensibilité vis-à-vis du manque d'eau. En effet, en culture soumise à un fort déficit hydrique (30 % ETP, 1998), les porte-greffes (23) et (02) augmentent nettement plus la teneur en MS de leur limbe que ceux (26), (22) et (03) (tableau n° 40).

Tableau n° 39 : Analyse de variance de la teneur en matière sèche des feuilles, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Années : 1997-1998)

Source de variation	F calculé et signification		Type stress, provenance n°	Teneur en MS des feuilles (%)		Groupe statistique		
	1997	1998		1997	1998	1997	1998	
Régime hydrique	0,21 NS	14,94***	100 %	31,44	33,35	A	A	
			60 %	31,72	33,91		36.05	B
			30 %	32,08	38,20			
Provenance	3,66*	17,77***	02	33,61	40,19	A	A	
			26	33,59	36,44		B	
			23	30,05	36,24	B	C	
			03	30,42	31,57			
			22	30,17	31,32			

NS = non significatif à 5 %, \* = significatif à 5 %, \*\*\* = Significatif au seuil de 1 %

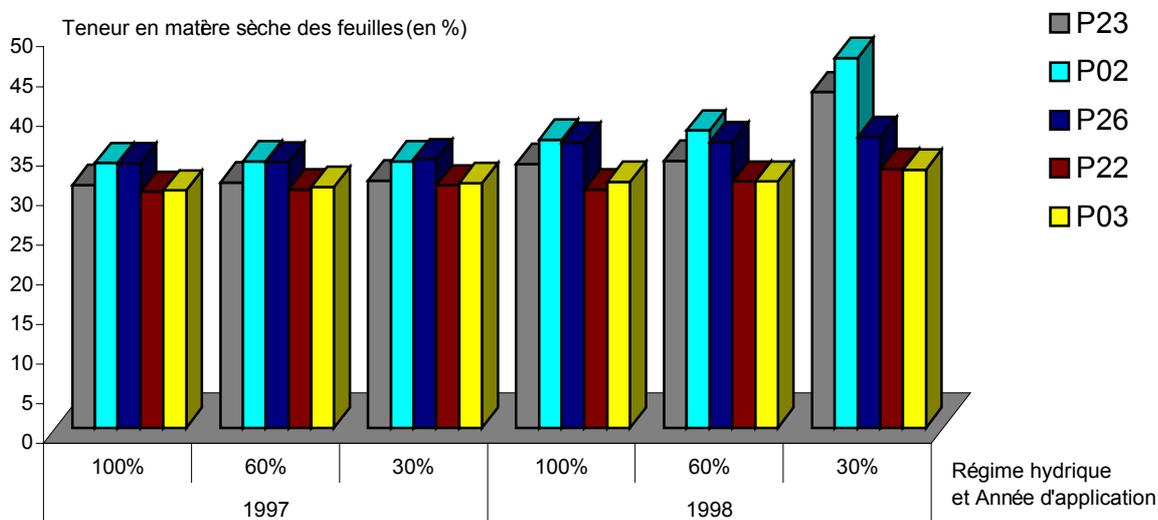


Fig n° 30 : Teneur en matière sèche des feuilles des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Tableau n°40 : Accroissement moyens de la teneur en matière sèche des feuilles des différentes provenances de porte-greffes en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1997-1998).

Année expérimentale	Régime hydrique (% ETP)	Réduction teneur en MS des feuilles (% témoin)					Moy.
		23	02	26	22	03	
1997	60 % (moyen)	00,91	00,54	00,42	01,01	01,50	00,89
	30 % (sec)	01,66	01,14	01,62	02,68	03,17	02,04
	<b>moyenne</b>	<b>01,29</b>	<b>00,84</b>	<b>01,02</b>	<b>01,84</b>	<b>02,33</b>	<b>01,46</b>
1998	60 % (moyen)	01,17	03,19	00,14	03,69	00,16	01,68
	30 % (sec)	<b>27,24</b>	<b>28,35</b>	<b>01,92</b>	<b>08,64</b>	<b>05,00</b>	<b>14,54</b>
	<b>moyenne</b>	<b>14,21</b>	<b>15,77</b>	<b>01,03</b>	<b>06,17</b>	<b>02,58</b>	<b>08,09</b>
2ans	60 % (moyen)	01,03	01,92	00,29	02,34	00,82	01,30
	30 % (sec)	14,97	15,32	01,79	05,68	04,10	08,49
	<b>moyenne</b>	<b>08,01</b>	<b>08,63</b>	01,04	04,01	02,46	04,89
classe de sensibilité au stress hydrique		Résistante		Sensible			-

#### 2-6-4 : Discussions :

Il ressort de cette analyse que la contrainte hydrique exerce selon son intensité un effet plus ou moins dépressif sur les paramètres du feuillage. Les provenances examinées présentent des réactions assez différentes. Il apparaît qu'à l'opposé des porte-greffes (26), (22) et (03) sensibles, ceux (23) et (02) supportent mieux la sécheresse. Ils sont probablement dotés d'un potentiel relativement élevé leur permettant d'affronter les conditions difficiles. Leur feuillage s'enrichit en matière sèche tout en restant peu modifié en terme de surface du limbe et de turgescence relative.

Les réductions de la surface foliaire des plants d'abricotier semble être une réponse immédiate à la sécheresse, puisque les pertes ont été enregistrées dès la première année d'application du déficit hydrique. Ses constatations ont également été faites par **Tiercelin, (1998)** ; **Hipps et al, (1995)** **Li et al, (1990a)** qui rapportent que la première manifestation d'un déficit hydrique pour une plante est la réduction de la mise en place de sa surface foliaire. Selon ces auteurs, cette perte de surface du limbe peut résulter d'un ralentissement de la croissance des jeunes feuilles, comme elle peut également être causée par l'accroissement de la sénescence des feuilles. Ces modifications morphologiques des feuilles ont pour rôle de limiter les pertes d'eau par transpiration (**Tiercelin, 1998**).

La limitation de la surface foliaire chez les plantes soumises à la sécheresse a été mise en évidence également chez de nombreuses espèces herbacées, comme *Matis sativa* (**Brown et Tanner, 1983**), Soja (**Vidal, 1981 et 1981a**), **Calmes et al, 1985**) et le Petit pois (**Turc et al, 1985**).

Les résultats obtenus sur l'abricotier rejoignent remarquablement ceux de **Scofield (1988)** qui ont montré que la teneur relative en eau des feuilles de différentes plantes cultivées diminue lorsque le déficit hydrique augmente. Cette contrainte se caractérise chez les plantes cultivées par une chute de la teneur en eau, du potentiel osmotique et du potentiel hydrique total, accompagné d'une perte de turgescence (**Elhassani et Persoons, 1994**). La teneur relative en eau des feuilles et le potentiel hydrique foliaire sont deux paramètres linéairement liés.

L'accumulation de matière sèche dans les feuilles suite à un manque d'eau a été rapportée chez de nombreuses espèces cultivées (**Turner et Kramer, 1980**). Ce phénomène s'explique par l'épaississement des parois cellulaires et l'accumulation de solutés (**Semiani, 1997b**) qui confèrent une meilleure résistance de la plante à la sécheresse (**Rascio et al, 1987 in Semiani, 1997**). Parmi les solutés accumulés en conditions de sécheresse, **Ackerson, (1980)**; **Monneveux et Nemmar, (1986)** et **Nemmar, (1983)** évoquent les sucres solubles chez les variétés de coton les plus résistantes et la proline chez celles du blé.



## Conclusion générale

Un déficit des besoins en eau supérieur à 60 % de l'ETP se manifeste chez les jeunes plants d'abricotier greffés, par des traits généraux communs à l'ensemble des porte-greffes francs testés. Il s'agit, d'une perturbation touchant les stades phénologiques et les paramètres de croissance et de vigueur.

Les modifications du cycle végétatif portent à la fois sur la durée et la date de réalisation des différents stades, tels la défeuillaison, le débourrement, la floraison et la nouaison. La durée de dormance, plus liée aux besoins en froid, reste peu influencée par la sécheresse.

Parmi les paramètres de croissance et de vigueur les plus affectés, figurent le diamètre, le nombre, la longueur et le poids des différentes pousses, ainsi que la surface, la turgescence et le taux de matière sèche des feuilles.

Le stress hydrique réduit la production de fleurs par plant, mais améliore celle de fruits en raison probablement de la poussée végétative limitée. La question de retrouver chez les plants adultes cette fructification accrue induite par la sécheresse reste posée.

L'étude a montré aussi que l'agressivité d'une sécheresse dépend de son importance. Les plants de toutes provenances confondues, conduits sous une contrainte intense (30% de l'ETP) sont significativement plus affectés que ceux des régimes intermédiaire (60% de l'ETP).

L'existence d'un effet provenance a été mise en évidence par la plupart des paramètres analysés. L'hétérogénéité dans les provenances a été observée sous tous les régimes d'arrosage, y compris celui non limitant. Elle s'affirme davantage en condition de sécheresse extrême.

Le matériel végétal analysé se dissocie en 3 ensembles principaux de structure et d'homogénéité plus ou moins variable, selon les doses d'arrosage appliqué :

- Les provenances (23) et (02) sont plus tolérantes au stress. Leurs paramètres sont peu réduits par le stress et leur croissance et la teneur en matière sèche de leurs feuilles augmentent. Le porte-greffes (23) produit des plants vigoureux sous tous les régimes d'irrigation.

- Les provenances (22) et surtout (03) sont considérées comme sensibles à la sécheresse. Leurs plants présentent une croissance en longueur et en épaisseur limitée sous l'effet du déficit hydrique.

- La provenance (26) présente une position intermédiaire, donc une performance moyenne. Ses plants sont plus ou moins vigoureux en présence d'une eau insuffisante et ont tendance à produire plus de fruits en condition sèche.

L'adaptation morphologique des provenances considérées résistantes ou moyennement résistantes à la sécheresse résulterait d'une accumulation de solutés (sucres solubles, proline) conduisant à une augmentation de la matière sèche des feuilles.

La variabilité inter provenance observée pourrait être exploitée dans le choix du porte-greffe en fonction de la disponibilité des ressources hydriques. Ainsi, les provenances (23) et (02) sont mieux indiquées pour la production de plants d'abricotier en zones aride et semi-aride. Celles (22) et (03) conviendraient aux cultures suffisamment arrosées. Le porte-greffes (26) peut réussir dans les régions humides ou sèches avec un complément d'irrigation.

La présente étude a montré que la qualité des plants produits en pépinière est tributaire de la nature des noyaux utilisés. La sélection d'une ou plusieurs provenances de noyaux pour la production de porte-greffes est recommandée. Le choix du porte-greffes franc doit être effectué en tenant compte de la variété utilisée et de la disponibilité en eau.

Cette étude mérite d'être approfondie par le suivie du comportement du système racinaire et l'analyse des indicateurs physiologiques de résistance à la contrainte hydrique, en vue de mieux cerner la variabilité liée à l'origine du porte-greffes franc.

## **I :PRESENTATION DE L'ESPECE ABRICOTIER (*PRUNUS ARMENIACA*)**

### **1-1 : Importance de la culture**

En 1998 l'abricotier couvrait 17270 ha, soit 03,80 % de la superficie arboricole totale. En l'an 2002, cette superficie est passée à 30990 ha, soit un accroissement de plus de 79% (Statistiques agricoles, 1998 et 2002. Série « B ». Ministère de l'agriculture).

La wilaya de Batna occupe la plus grande superficie, soit 3170 ha en 1998 et 3823 ha en 2003, ce qui correspond à un taux de 18.35 % en 1998 par rapport à la superficie réservée à la culture de l'abricotier. (DSA de Batna, 2004)

Sur le plan production, les vergers d'abricotiers ont produit à l'échelle nationale 581100 Qu en 1998 contre 737330 Qx en 2002. les vergers de la wilaya de Batna ont produit 191950 Qx en 1998 et 249790 Qx en 2003 soit 33,03 % en 1998 de la production nationale (DSA de Batna, 2004).

Les données des tableaux n° 01 et 02 font ressortir la faiblesse et la fluctuation des rendements d'une année à une autre malgré l'augmentation sans cesse des superficies, ce qui peut être expliqué par :

- Le vieillissement des vergers.
- Le faible niveau d'entretiens des vergers.
- L'absence de traitements phytosanitaires, ce qui peut favoriser l'installation de certains parasites pouvant aggraver la situation d'un verger déjà en état de faiblesse.
- Les problèmes liés au choix de la variété et surtout du porte- greffes. En effet l'utilisation non raisonnée de porte-greffes franc d'abricotier engendrent une importante hétérogénéité surtout en situations difficiles ( déficit hydrique, problèmes phytosanitaires, problèmes de l'alternance, gelées printanières).

Tableau n° 01 : Evolution de la superficie, production et rendements de l'abricotier en Algérie (1997-2002)

Année	Superficie (ha)	Production (Qu)	Rendements (Qu / ha)
1997	17250	398500	42,59
1998	17270	581100	33,64
2002	30990	737330	23,79

Tableau n° 02 : Evolution de la superficie, production et rendements de l'abricotier dans la wilaya de Batna (1997-2003)

Année	Superficie (ha)	Production (Qu)	Rendements Qu / ha)
1997	3856	43407	13
1998	3170	191950	67
1999	3024	230000	82
2000	3130	115637	40
2001	3423	190824	65
2002	3456	49890	17
2003	3823	249790	83

## **I-2 : Caractéristiques morphologiques et phénologiques :**

L'abricotier est un arbre de grande vigueur, à l'état naturel il peut atteindre 06 à 07m de hauteur. Ses dimensions varient selon les variétés et conditions de cultures (**Audubert et Lichou, 1989**).

Nous retrouvons chez l'abricotier les mêmes organes que chez les autres Rosacées fruitières à noyaux, mais leur évolution présente quelques particularités.

### **I-2-1 : Croissance et développement :**

Par rapport aux autres Prunus, l'abricotier présente une particularité assez remarquable dans le mode de croissance de la pousse annuelle. En effet, le méristème apical, après avoir mis en place un certains nombres d'entre-nœuds meurt et le bourgeon terminal se nécrose et chute, laissant une cicatrice longtemps visible. Il marque ainsi la fin d'une unité de croissance (**Vidaud, 1980 ; Audubert et Lichou, 1989 ; Lichou, 1998**).

La mort du méristème apical peut être due à un accident climatique (froid, stress hydrique), à une concurrence importante entre croissance des fruits et celle végétative ou à une carence (**Lichou, 1998**).

Après trois semaines ou plus, de nombreux rameaux qui se sont arrêtés au début de l'été reprennent leur croissance à partir du bourgeon axillaire (le plus proche du sommet) qui prend le relais et forme une seconde unité de croissance. Ce relais forme un léger angle avec la première partie du rameau, témoignant ainsi de son origine latérale. La ramification est dite sympodiale (**Audubert et Lichou, 1989 ; Lichou, 1998**).

Cette seconde unité de croissance termine de la même façon sa croissance que la première et il peut y avoir, selon le climat, la variété et la charge de l'arbre (en particulier sur les pousses vigoureuses) l'apparition des pousses de troisième ou même de quatrième ordre achevant leur croissance toujours selon la même modalité : la pousse dite polycyclique (**Vidaud, 1980 ; Lichou, 1998**).

Chez l'abricotier, chaque nouvelle pousse est en fait un anticipé de la précédente, c'est à dire de l'évolution d'un bourgeon très récemment formé et n'ayant pas subi de dormance : les nouvelles portions de rameaux représentent ainsi des parties néoformées. (**Vidaud, 1980 ; Lichou, 1998**).

Il est important de signaler également que la proportion de rameaux à une seule unité de croissance (01u.c) est plus élevée en climat pré-continental qu'en climat méditerranéen ; de même, les jeunes arbres ont tendance à avoir un allongement prolongé de la première unité de croissance. L'époque et la vitesse d'allongement des rameaux sont également influencées par les porte-greffes (**Audubert et Lichou, 1989**).

Le développement de l'oeil à bois, compte tenu de sa position sur le rameau ou sur la branche et de la quantité de sève qu'il reçoit, donne naissance à des productions fruitières comme le gourmand, les rameaux mixtes, les rameaux à bois ou les bouquets de mai (Fig n° 01) (**Breteaudeau, 1979 ; Breteaudeau et Faury, 1992**).

- **Le gourmand** : C'est un rameau long à fort empatement constitué par des yeux à bois très espacés entre eux ; il est plus souvent porteur de nombreux anticipés et fructifie aisément à son extrémité. (**Lamonarca, 1979 ; Breteaudeau, 1979**). Le gourmand peut jouer un rôle très important dans le renouvellement de la Charpentière défectueuse.

- **Rameau mixte** : Appelé également brindille ramifiée. C'est l'organe le plus important pour la production d'abricots de qualité ; d'où l'intérêt de bien favoriser sa formation et son développement (**Gautier, 1982**). Il porte à la fois des yeux à bois et des boutons floraux qui sont surtout localisés dans sa partie médiane et supérieure ; le rameau mixte se termine par un œil à bois. Le nombre de boutons floraux portés par un rameau mixte dépend de la longueur de ce dernier et même du type de variétés.

- **Rameau à bois** : C'est un rameau plus court et grêle qui ne porte que des yeux à bois.

- **Bouquet de mai** : Production fructifère courte, portant à son extrémité un œil à bois et plusieurs yeux à bois et boutons floraux en position latérale (**Coutanceau, 1962**). Les variétés Nord africaines fructifient souvent sur les bouquets de mai (**Benaaziza, 1991**).

- **Rameau anticipé** : Il apparaît la même année que le rameau qui le porte. Il est mince et porte des yeux stipulaires à la base et les bourgeons floraux sont assez fréquents (**Bretau, 1979**). Les fruits qu'il porte sont de petit calibre par rapport à ceux des autres productions fructifères.

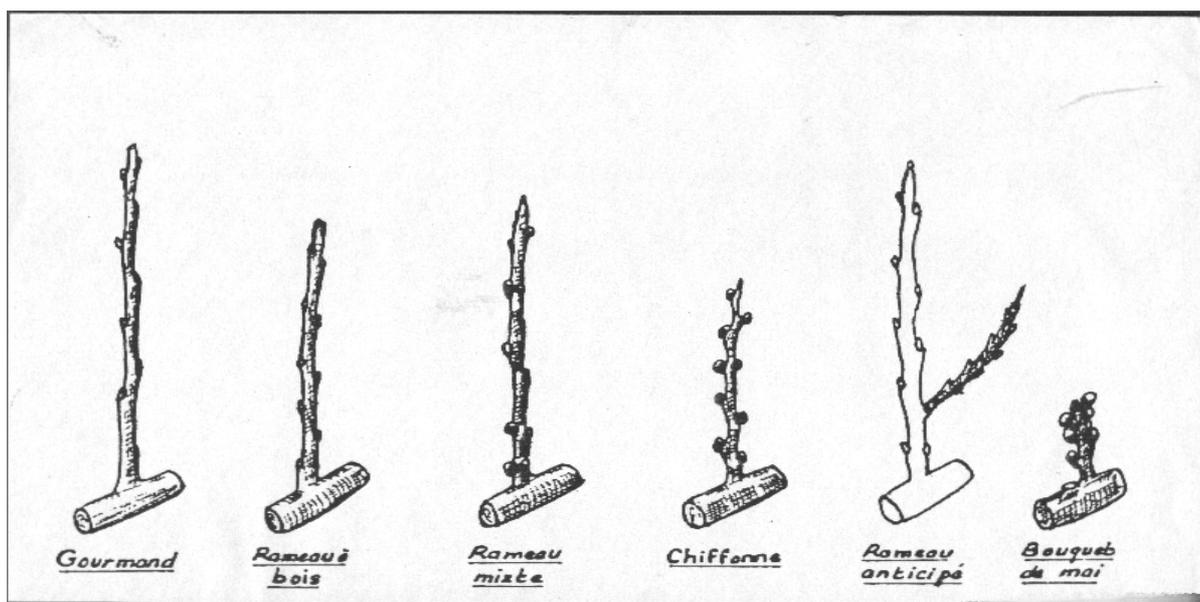


Fig n° 01 Productions fructifères de l'abricotier

## I-2-2 : Reproduction :

### 1-2-2-1 : Induction florale :

Elle se réalise l'année qui précède la floraison. Elle commence en juin et se poursuit jusqu'en fin d'été en période de ralentissement de la croissance (**Lichou, 1998**). La formation des bourgeons floraux nécessite de la part de l'arbre un état physique convenable qui dépend des conditions du milieu au cours de cette période, mais ces conditions sont également déterminantes pour l'élaboration des réserves par l'arbre. L'induction florale dépend très vraisemblablement des réserves glucidiques disponibles. **Audubert et Lichou, (1989)** ; **Lichou, (1998)** signalent l'importance de la surface

foliaire, de la photosynthèse, d'une croissance modérée et de l'absence des fruits (concurrence) dans le phénomène de l'induction florale. Après leur formation, les bourgeons floraux entrent progressivement en dormance au cours de l'été. Dès lors, ils devront passer par différentes phases de développement avant de s'épanouir.

- Une croissance très lente : Les bourgeons floraux ayant un aspect dormant (stade A). Cette période de croissance lente des bourgeons correspond au temps nécessaire à la levée de dormance par le froid ; elle débute en octobre et sa durée dépend du climat, mais aussi des exigences de la variété.

- Une réactivation qui se traduit par un gonflement des bourgeons (stade B) : la réactivation est d'autant plus précoce qu'un cultivar est moins exigeant en froid et/ou que les conditions régionales de températures satisfont plus précocement les besoins en froid.

- Une croissance rapide pendant laquelle les boutons floraux évoluent en fleurs (stades C, D, E, F) : Selon **Lichou, (1998)**, la croissance est d'autant plus rapide qu'un cultivar est moins exigeant en chaleur et/ou que les conditions de cultures satisfont plus rapidement les besoins en chaleur.

#### **1-2-2-2 : Floraison :**

Les fleurs sont portées par des portions de rameaux de 01 an y compris les bouquets de mai dont seul l'extrémité possède des fleurs. Ainsi, sur les rameaux courts âgés, seule la portion ayant poussé l'année précédente porte des fleurs. Les rameaux longs portent des fleurs latéralement de plus en plus nombreuses vers les extrémités des unités de croissance. La présence de fleurs est quasiment nulle dans la partie basale de la première unité de croissance ayant poussée rapidement au début du printemps. Par contre, la floribondité augmente avec les unités de croissances successives.

Il faut également signaler que la floraison de l'abricotier est échelonnée, elle commence sur les rameaux courts et à la base des rameaux longs, puis s'échelonne vers le sommet plus ou moins rapidement selon les conditions climatiques (**Lichou et Jay, 1996 ; Combe, 1996, in Lichou, 1998**).

#### **1-2-2-3 : Fructification :**

La fructification de l'abricotier s'établit principalement sur les bouquets de mai, les chiffonnes et les rameaux courts. Contrairement à ce qui se passe sur le pêcher, le bois de deux et quatre ans sont capables de fructifier (**Gautier, 1980b et 1988**).

### **I-3 : Exigences de l'abricotier**

#### **1-3-1 : Température**

L'abricotier présente une grande faculté d'adaptation. Cependant, malgré la diversité des climats où il est cultivé, les variétés possèdent chacune des exigences climatiques relativement étroites (**Lichou, 1998**).

L'abricotier est l'arbre fruitier typique du semi-aride, il résiste mieux que l'amandier aux gelées printanières ainsi qu'aux grandes chaleurs estivales particulièrement lorsqu'il est greffé sur franc (**Bentayeb, 1993**).

Il peut même résister à des températures très basses (-15°C). Par contre sa sensibilité au gel est accrue surtout au stade floraison, ce qui explique en grande partie l'irrégularité de sa production (**Couranjou, 1977 ; Vidaud, 1980 ; Gautier, 1984**).

Cette sensibilité de l'abricotier aux gelées printanières s'explique par la précocité de sa floraison (**Audubert et Lichou, 1989 ; Lichou, 1998**). En effet, l'abricotier a une tendance très nette à se mettre en sève dès que se produit un réchauffement en fin d'hiver (dès la fin

janvier) ; les organes floraux sont alors susceptibles d'être détruits par un retour subit du froid.

Cependant, cette sensibilité est variable selon les variétés et la résistance est meilleure si le froid est progressif et sec (**Gautier, 1984 ; Vidaud, 1980**). L'étalement de la floraison entre les rameaux longs et les rameaux courts de l'arbre atténue les risques de gels (**Lichou, 1998**).

Selon le climat des zones de productions et leurs différents reliefs, la sensibilité aux gels pour les différentes variétés peut différer puisqu'une même variété peut avoir une date de floraison précoce, moyenne ou tardive lorsque ses besoins en froid et en chaleur sont satisfaits soit pour débourrer ou pour croître (**Osaer et al, 1998**).

Notons que la précocité de floraison pose également des problèmes de pollinisation notamment pour certaines variétés introduites d'Amérique du nord. Ces variétés sont auto- stériles et nécessitent de ce fait une pollinisation croisée que seuls les abeilles réalisent efficacement, or celles ci ne sont pas actives à des températures inférieures à 12°C (**Lichou, 1998**).

La levée de dormance nécessite une période de basses températures qui généralement est assurée, mais qui est très variable selon les variétés (**Vidaud, 1980**). En effet et d'après **Audubert et Lichou, (1989)**, les températures basses pour la levée de dormance varient énormément selon les variétés :

- 900 à 1200 unités de froid.
- 75 à 100 actions froid.

Les besoins en chaleurs varient également en fonction des variétés. Ainsi, les températures élevées pour la croissance jusqu'à la fleur sont de l'ordre de :

- 4500 à 5500° heures de croissance.
- 250 à 340 action chaleur.

De la floraison au début de l'évolution colorimétrique du fruit sur l'arbre, l'abricotier nécessite 1700°C (**Vidaud, 1980**).

### **1-3-2 : Lumière :**

C'est également un facteur important. L'abricotier paraît particulièrement exigeant en lumière et ceci de puis son plus jeune âge (**Vidaud, 1980**). L'importance de la lumière se répercute sur la croissance des rameaux ; l'aoûtement, l'induction florale, la mise en réserve d'éléments nutritifs, la coloration des fruits, le repercement des bourgeons et la longévité des bouquets de mai (**Audubert et Lichou, 1989 ; Lichou,1998**).

### **1-3-3 : Eau**

Beaucoup de travaux ont montré que le saisonnement ou le phénomène d'alternance n'est pas dû uniquement à une récolte excessive l'année précédente (**Truet, 1961 ; Legave et al, 1984**), aux facteurs climatiques tel que le gel excessif (**Lichou, 1998**) ou aux attaques parasitaires (**Crossa Raynaud, 1961**), mais il peut être la cause d'un manque d'eau. En effet, **Brown in Crossa Raynaud, (1961)** avait constaté que les besoins en froid sont plus élevés en culture sèche qu'en culture irriguée et que plus l'été a été sec et chaud et plus le débourement et la floraison seront difficile l'année suivante.

**Audubert et Lichou, (1989)** confirment le rôle de l'irrigation en vergers d'abricotiers. Selon ces auteurs, si l'abricotier est mieux alimenté les phénomènes de concurrences sont moins intenses et l'alternance de production est moins marquée si l'on évite les excès de vigueur.

L'abricotier redoute également les excès d'eau aussi bien dans le sol que dans l'air. La racine de l'abricotier est en effet très sensible à l'asphyxie qui doit être de ce fait à prohiber pour le porte greffe franc. Ce dernier doit dans ce cas être remplacé par un autre porte greffe résistant (**Vidaud, 1980**).

Une forte humidité peut également favoriser l'installation des maladies cryptogamiques sur les fleurs et les fruits (Monilia). Des pluies abondantes à l'approche de la maturité abaissent la fermeté et le taux de sucres et favorisent l'éclatement du fruit (**Lichou, 1998**).

#### **1-3-4 : Exigences édaphiques**

L'abricotier a peu d'exigences quant au sol, il vient en fait sur presque tous les types de sols à condition qu'ils ne soient pas trop humides. Il montre, cependant, une nette prédilection pour les sols meubles et perméables même s'ils sont calcaires (**Lamonarca, 1985**).

L'abricotier redoute les sols lourds et humides souvent asphyxiants surtout pour les portes- greffes pêcher et franc abricotier (**Lichou, 1998**).

L'abricotier s'accommode certes des sols les moins favorisés, mais ce n'est pas par adaptation particulière aux sols pauvres. Il a été simplement chassé des bonnes terres par les espèces fruitières aux revenus moins aléatoires : pêcher, poirier, pommier (**Gautier, 2001**).

#### **I-4 : Les variétés cultivées en Algérie :**

Il est pratiquement difficile de dénombrer toutes les variétés cultivées en Algérie, mais il est important de signaler que la plus grande partie de la production nationale d'abricot est assurée par des variétés populations (**in Smati, 1999**), comme le « rosé » à Teniet el Abed, Bouzina et Ain touta ou le « louzi rouge » à N'gaous et à M'sila.

D'autres variétés introduites se rencontrent principalement en collection dans des vergers de comportement au niveau des stations de recherches (Boufarik, Aintouta et Hama Bouziane).

#### **I-5 : Caractéristiques des porte greffes utilisés en Algérie :**

La gamme des porte- greffes d'abricotier est relativement variée d'un pays à l'autre. Les travaux de recherches réalisés dans divers pays du monde permettent de sélectionner des clones de porte-greffes en fonction du cultivar retenu, du type de sol et de la présence éventuelle de certains parasites.

Les porte greffes utilisés en Algérie sont issus de semis de noyaux d'abricotier, de prunier Myrobolan, d'Amandier et de pêcher.

- **Abricotier franc** (ou Mech-Mech) : le plus répandu en Algérie, en raison de sa meilleure adaptation aux conditions édaphiques diversifiées et surtout difficiles (**Oudjehih, 1995**).

Ces porte-greffes confèrent une bonne vigueur au greffon et s'accommodent des sols très variés. Ils présentent une bonne compatibilité au greffage et une bonne résistance aux nématodes et à l'enroulement chlorotique, par contre ils sont sensibles à la verticilliose et aux pourridiés (**Gautier, 1991 et 2001**).

- **Pêcher franc** : Il présente un bon état sanitaire, une productivité aussi bonne que le franc d'abricotier, il s'adapte aux sols frais, sains et profonds. Les terrains lourds asphyxiants et calcaires ne lui conviennent pas.

Il confère aux arbres une faible vigueur et une grande sensibilité aux vents violents, une longévité courte. La mise à fruits est rapide et la maturité est précoce (**Gautier, 1978**).

- **Prunier** : Il présente une grande affinité avec les variétés d'abricotier. L'arbre croît donc très vite, se met à fruits rapidement, fait preuve d'une grande vigueur et d'une bonne longévité (**Lamonarca, 1985**). il existe plusieurs type de porte greffes Prunier (**Gautier, 2001**) :

➤ Prunier Reine Claude GF. 1380  
➤ Prunier Myrobolan : Peu sensible à l'enroulement chlorotique, assez bonne résistance à la verticilliose, sensible aux nématodes. Très sensible au pourridié (*armillaria mellea*).

➤ Myrobolan GF.31 : Les arbres greffés sur ce type s'avèrent sensibles à la bactériose quand ils croissent dans des sols ayant de faibles réserves en eau.

➤ Prunier Meriana gf. 81

- **Amandier** : Ce port-greffe est très peu utilisé, car il présente une mauvaise affinité avec la plupart des variétés d'abricotier, sauf pour canino et luizet.

Il est utilisé en cas extrême : sols très pauvres, caillouteux, secs et calcaires (**Gautier, 1978**).

## **II : RELATIONS EAU- PLANTE-ATMOSPHERE:**

### **2-1 : Rôle de l'eau dans la plante:**

L'eau est indispensable à toute vie, il est le constituant pondéralement le plus important des végétaux supérieurs puisqu'elle représente 60 à 80% de leur poids en matière fraîche (**Dysson, 1970**).

L'eau est impliquée aussi bien dans les structures que dans les processus de transports et de métabolisme des végétaux. Elle est le milieu dans lequel ont lieu la quasi-totalité des processus biologiques ; elle joue le rôle de transporteur, de solvant, d'agent de réactions chimiques ; elle donne aux plantes leur turgescence. La transpiration permet aussi de perdre une partie de l'énergie qu'elles reçoivent et d'éviter ainsi un réchauffement excessif.

### **2-2 : Etat énergétique de l'eau: Notion de potentiel hydrique:**

L'eau du sol est soumise à différentes forces qui la lient plus ou moins fortement aux particules du sol ou au contraire tendent à la chasser (**Ducroq, 1990**).

Selon **Brochet et Gerbier, (1978)**, l'eau circule dans un sol non saturé en fonction des variations spatiales de son potentiel capillaire (appelé aussi potentiel matriciel) lequel est défini comme l'énergie nécessaire pour extraire 01 gr d'eau et le transformer en 01 gr d'eau libre au même niveau, même température et même salinité ; le potentiel ainsi défini a une valeur négative, car il faut fournir de l'énergie pour extraire l'eau.

Le potentiel est représenté par une pression ou plutôt par une dépression qui est aussi appelée succion et qui peut être évaluée en atmosphère (atm) ou en hauteur d'ascension capillaire en cm (**Callot et al, 1996**). Les hauteurs d'ascensions capillaires pouvant être

élevées, le potentiel est donc exprimé par le Log décimal de h et est appelé pF. (  $pF = \text{Log}(h)$  ; h est exprimé en gr/cm ou en cm d'eau.

Le potentiel hydrique et la teneur en eau du sol sont étroitement liés : plus le sol est humide, plus le potentiel d'eau est faible, plus l'eau est « mobile » ; au fur et à mesure que le sol se dessèche, le potentiel matriciel augmente quelle que soit la quantité d'eau présente dans le sol, celle-ci devient de moins en moins disponible pour les plantes.

### **2-3 : L'eau dans le sol :**

Le sol est considéré comme un réservoir pour les plantes ; on définit ainsi des valeurs seuils de l'humidité auxquels est associé un degré de disponibilité de l'eau pour les plantes.

#### **2-3-1 : Teneur en eau à saturation :**

Correspond au moment où tous les pores du sol sont remplis d'eau (**Guyot, 1998**).

#### **2-3-2 : Capacité de rétention (Hr) :**

Selon **Brochet et Gerbier (1978)** la capacité de rétention correspond à la teneur en eau du sol après ressuyage, lorsque tout écoulement gravitaire a cessé. La capacité de rétention est étroitement liée à la constitution minéralogique et augmente avec la teneur en argile et en matière organique (**Morel, 1996**). Elle correspond à des potentiels hydriques compris entre - 0,005 et -0,01 MP (01 atm ou  $pF=2,7$ ) (**Brochet et Gerbier, 1978 ; Ducroq, 1990**). C'est la limite supérieure de l'eau utile pour les plantes.

La capacité de rétention appelée aussi capacité au champ est généralement notée Hcc. Dans la pratique, Hr ou Hcc est mesurée non pas au champ, mais au laboratoire sur des échantillons de sols. On obtient ainsi une mesure équivalente à la capacité au champ appelée pour cette raison humidité équivalente et notée He (**Morel, 1996**).

On évalue une teneur en eau du sol que l'on rapporte au poids de terre sèche (séchée à 105°C) ou volume de terre en place. On peut aussi l'exprimer en hauteur d'eau équivalente (en mm de précipitations).

$$\begin{aligned} - \text{ Humidité en p100 pondéral : } Hp100 &= \frac{\text{Poids frais} - \text{poids sec}}{\text{poids sec}} \\ - \text{ Humidité en p100 volumique : } Hv100 &= \frac{\text{poids frais} - \text{poids sec}}{\text{Volume de terre en place}} \end{aligned}$$

#### **2-3-3 : Capacité au point de flétrissement (Hf) :**

Le point de flétrissement permanent représente la limite inférieure de l'eau utilisable par la plante. Il correspond au potentiel hydrique à partir duquel les forces de succion des racines deviennent insuffisantes pour extraire l'eau du sol quelle que soit la demande de l'atmosphère (**Brochet et Gerbier, 1978 ; Ducroq, 1990 ; Guyot, 1998**).

Lorsqu'on atteint ce stade, le déséquilibre d'alimentation hydrique de la plante conduit le tissu végétal à des dégradations irréversibles et celui-ci ne peut que difficilement reprendre

sa turgescence normale après réhumectation du sol (**Brochet et Gerbier, 1978 ; Morel, 1996**).

La valeur du potentiel matriciel généralement admise pour définir le point de flétrissement permanent est, selon le mode d'expression :  $w=15\text{bars}=1,5\text{ MP}$   $pF=4,2$  (**Morel, 1996**).

Hf peut être établie au laboratoire avec une précision suffisante eu égard à sa faible valeur. Elle peut également être estimée à partir de Hcc en fonction de la texture du sol . En effet, Hf est estimée à 55% de Hcc ( $Hf=0,55Hcc$ ) (**Brochet et Gerbier, 1978**) ou est égale à  $Hf=Hcc/1,84$  (**Ducroq, 1990**).

Il est également intéressant de considérer le point de flétrissement temporaire (pFt) qui représente le taux d'humidité du sol au-dessus duquel le flétrissement commence mais n'est pas encore irréversible (**Morel, 1996**). Le pFt est défini par les valeurs ci-après de potentiel matriciel :  $w=10\text{ bars}=01\text{MP}$  ou  $pF=4,00$ .

#### **2-3-4 : Eau disponible pour la plante ou réserve utile:**

La réserve utile est définie comme étant la quantité d'eau maximale disponible dans le sol. Elle est égale à la différence entre la teneur en eau du sol à la capacité au champ et au point de flétrissement permanent pour la tranche de sol considérée (**Guyot, 1998**).

La réserve utile est déterminée :

- soit en p100 du volume du sol par la formule :  $RU_{max} = (He - Hf) \cdot da$ .

- soit, le plus souvent en  $m^3 / ha$  par la formule :

$$RU_{max} = (He - Hf) \cdot da \cdot Z \cdot S ; RU_{max} = (He - Hf/1,84) \cdot da \cdot Z \cdot S = 4500 \cdot He \cdot da \cdot Z$$

(formule:1)

Avec :

He : humidité équivalente (en%).

da : densité apparente.

Z : profondeur d'enracinement (en cm).

S : surface (en  $m^2$ ).

La capacité du végétal à utiliser avec la même facilité la totalité de la réserve utile n'est pas évidente et, trois possibilités peuvent être envisagées (Fig n° 02) (**Morel, 1996**):

➤ Une disponibilité égale pour la plante entre la capacité au champ et le point de flétrissement permanent (courbe a).

➤ Une disponibilité égale jusqu'à une certaine « humidité critique » au-delà de laquelle l'accessibilité à la plante décroît (courbe b).

➤ Une disponibilité qui diminue graduellement avec la diminution de la teneur en eau du sol (courbe c).

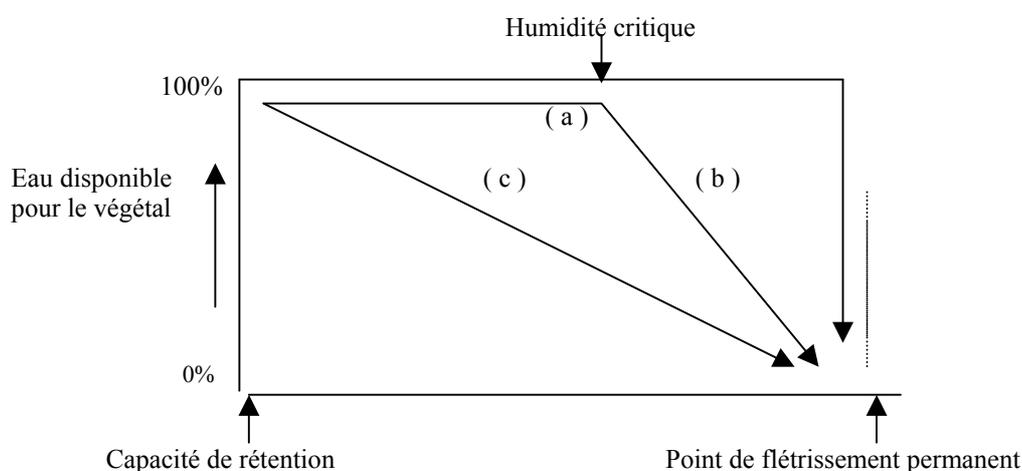


Fig n° 02 : Hypothèse relative à la disponibilité de l'eau du sol pour le végétal

Une décision entre ces trois options a incité à proposer une distinction entre une réserve facilement utilisable (R.F.U) et une fraction plus difficilement accessible à la plante.

Si l'on prend comme base 100p100 d'humidité équivalente et 55% le point de flétrissement permanent, la réserve utilisable (RU) sera de 45p100 ; mais en fait la plante éprouve de plus en plus de difficultés pour prélever l'eau au fur et à mesure que l'on se rapproche du point de flétrissement (**Boulaine, 1972**). On estime alors que la R.F.U n'est que de 1/2 ou 2/3 de la capacité de rétention. Ainsi, la formule (1) s'écrira selon le type de sol :

- RU pratique = 1/2.RUmax = 2250.He.da.Z (sol léger).
- RU pratique = 2/3. RUmax = 3000.He.da.Z (sol lourd).

Dans la pratique, on ne doit pas laisser le taux d'humidité tomber au-dessous de 70% de la capacité de rétention (**Boulaine, 1972**). **Ducroq, (1990)** préconise de ne pas laisser l'humidité du sol descendre au-dessous du seuil critique (Hc) :

- H critique = Hf + 2/3.(He-Hf) (pour un sol lourd).
- Hcritique = Hf +1/2. (He-Hf) (pour un sol léger).

#### 2- 4 : Etat hydrique dans la plante :

Pour caractériser l'état hydrique d'une plante, on peut mesurer sa teneur en eau relative exprimée en pourcentage de la teneur en eau maximale que peut contenir l'organe en question. D'où la notion de déficit de saturation hydrique (D.S.H) qui est égal au complément de 01 de la teneur en eau relative (**Castell, 1998 in Tiercelin, 1998**).

$$D.S.H = \frac{P_{sat} - PF}{P_{sat} - P_s} \cdot 100 \quad \text{Avec :}$$

P<sub>sat</sub> : Poids de l'échantillon saturé en eau.  
 PF : Poids de matière fraîche de l'échantillon.

PS : Poids de matière sèche de l'échantillon.

Cette mesure bien que séduisante n'informe en rien sur l'état énergétique de l'eau dans la plante et donc son mouvement à travers elle (**Guyot, 1998**). D'après **Richter, (1976) in Hinkley et al, (1978)**, c'est le potentiel hydrique qui permet essentiellement une telle approche mais n'en demeure pas moins insuffisant à lui seul. Une bonne approche de l'état hydrique d'un végétal nécessite l'étude de l'état du continuum sol-plante-atmosphère qui peut régir le potentiel hydrique du végétal.

### 2-5 : Etat du continuum sol-plante-atmosphère (CSPA) :

L'état de l'eau dans la plante dépend principalement de la demande atmosphérique et de la disponibilité en eau dans le sol. La circulation de l'eau dans le continuum sol-plante-atmosphère (CSPA) s'effectue selon un gradient de potentiel (**Guyot, 1998**). Ce gradient de potentiel entre le sol et les feuilles est étudié depuis longtemps notamment par **Gardner, (1960) ; Halaire, (1964) et Kramer, (1969)**. De ses études, il ressort que la différence de potentiel hydrique entre le sol et les feuilles et la transpiration T sont reliés par la formule suivante :

$$T = \frac{P_s - P_f}{R_{sp}} \quad (\text{formule n}^\circ 2)$$

Avec: T: Transpiration

Ps: Potentiel hydrique dans le sol

Pf : Potentiel hydrique dans les feuilles

Rsp : Résistance au passage de l'eau du sol à la plante

Des études plus récentes explicitent mieux la circulation de l'eau dans ce continuum. En effet et selon **Guyot, (1998)** les quantités d'eau transpirées quotidiennement sont voisines de celles qui sont absorbées par les racines. Le mouvement de l'eau à travers le CSPA comprend le transfert de l'eau vers les racines, l'absorption par les racines, le transfert vers les parties aériennes dans le xylème et la diffusion à travers la couche aérodynamique entourant la feuille. Le flux d'eau à travers le végétal peut être considéré en première approximation, comme conservatif. La formule n° 2 pourra donc s'écrire plus en détail :

$$\text{Absorption} = \frac{w_s - w_r}{r_{sr}} = \frac{w_r - w_f}{r_p} = \frac{w_f - w_a}{r_s + r_a}$$

Avec : ra : résistance atmosphérique.

rp : résistance interne de la plante

rs : résistance stomatique.

rs, r : résistance au passage de l'eau du sol aux racines.

wa : potentiel hydrique de la vapeur d'eau de l'air.

wf : potentiel hydrique des feuilles.

wr : potentiel hydrique des racines.

ws : potentiel hydrique du sol.

En fait d'après cette formule, c'est la transpiration au niveau des feuilles qui crée une différence de potentiel entre les cellules de la feuille et celles de la racine et qui par conséquent entraîne le flux d'eau dans le CSPA.

Selon **Guyot, (1998)**, la force motrice de circulation de l'eau est la transpiration foliaire qui est fonction de l'énergie reçue par les feuilles et de l'état des stomates. La transpiration permet ainsi de tirer l'eau extraite du sol à travers toute la plante, contre les forces de gravitation et les résistances qui s'opposent à sa circulation.

Les caractéristiques du CSPA sont en perpétuelle évolution à l'échelle de l'heure, de la journée et de la saison (**Robelin, 1983**). Elle se déplacent en permanence selon les positions instantanées de la transpiration (T) et de l'absorption (A) ; leur variation tend à chaque instant à équilibrer les deux termes A et T ( $A=T$ ).

Lorsque le sol est à la capacité de rétention (conditions d'alimentation hydrique favorables) et que les autres facteurs ne sont pas contraignants, les stomates restent largement ouverts et les résistances stomatiques de la couche aérodynamique (couche limite) sont constantes, ce qui permet d'assurer l'essentiel des échanges gazeux des feuilles avec le milieu extérieur (l'entrée du CO<sub>2</sub> nécessaire à la photosynthèse et le départ de l'O<sub>2</sub> et de la vapeur d'eau).

Il est cependant établi qu'une plante présente des réserves internes susceptible de fournir de l'eau au flux transpiratoire. Ces réserves utilisables sont qualitativement importantes puisqu'elles modulent en partie la réponse du végétal au déficit hydrique.

**Klepper, (1990), cité par Guyot, (1998)** note un déphasage entre la perte d'eau par les feuilles et l'absorption par les racines, ce déphasage entraîne l'intervention du réservoir (plante) qui agit forcément sur tous les phénomènes liés au potentiel foliaire (dessèchement, régulation stomatique ; photosynthèse). C'est ce schéma avec des flux non conservatifs qui est beaucoup plus proche de la réalité (**Guyot, 1998**). La contribution des réserves hydriques d'un organe au flux de transpiration, dépend de sa capacité hydrique (elle-même liée au volume d'eau qu'il contient) et de la résistance qui le lie aux vaisseaux conducteurs du bois.

Dans le cas des plantes herbacées, les racines peuvent constituer des réserves en eau supérieures à celles des feuilles lorsque le rapport partie aérienne/partie souterraine est faible. Cependant leur autonomie hydrique est relativement faible devant le flux qu'elles perdent par transpiration. Elles ne peuvent donc pas « tenir seuls » durant de longues périodes, si elles ne peuvent pas extraire du sol à chaque instant, des quantités d'eau voisines de celles qu'elles perdent par transpiration. En revanche, pour les arbres, c'est le tronc qui représente le réservoir principal d'eau. La réserve d'eau des Feuillus, par exemple, permet d'alimenter leur transpiration durant environ 27 heures, soit environ quatre fois plus de temps que pour les plantes herbacées (**Hinkley et al, 1978**).

C'est à partir de cette autonomie hydrique très connue chez les arbres, que **Huguet et al, 1987 ; Huguet, 1992** ; ont développé une méthode micromorphométrique de pilotage de l'irrigation des arbres fruitiers en se basant sur les microvariations du diamètre des tiges ou des fruits.

### III : BESOINS EN EAU DES CULTURES :

L'eau disponible pour l'agriculture devient de plus en plus rare et coûteuse dans la plupart des pays méditerranéens, aussi convient-il d'en connaître les besoins précis pour chaque espèce cultivée de façon à tirer la meilleure partie des ressources en eau. La

conduite de l'irrigation des cultures est importante, une mauvaise alimentation en eau conduit à de graves dégâts sur le comportement des cultures et enfin sur les rendements en fruits (**Waquante, 1974 ; Ducroq, 1990**) La détermination des besoins en eau des cultures dépend du climat, du sol, du type de culture (espèces et variétés) et des pratiques culturales (**Doorenbos, 1976**). En arboriculture fruitière, il faut ajouter le type de porte-greffes utilisé, l'âge des arbres et le mode de conduite des vergers dans la détermination de ces besoins.

### **3-1 : Evaluation des besoins en eau des cultures ;**

On évalue les besoins en eau des cultures sous le terme d'évapotranspiration qui est une perte d'eau, sous forme de vapeur et qui comprend l'évaporation du sol et la transpiration de la culture (**Mouhouche, 1983**).

Les quantités d'eau transpirées quotidiennement sont voisines de celles qui sont absorbées par les racines ; une faible partie est stockée dans la plante et une très faible partie est utilisée pour la croissance, la formation des fruits et des graines (**Guyot, 1998**). (**Ducroq, 1990**), estime que 1/100ème seulement du volume d'eau absorbé par les racines pendant la journée est utilisé pour la photosynthèse.

#### **3-1-1 : L'évapotranspiration potentielle E.T.P :**

Lorsqu'un couvert végétal étendu, exempt de maladies et couvrant bien le sol est abondamment pourvu en eau, c'est à dire lorsque les végétaux qui le composent peuvent puiser sans restriction dans la réserve du sol (ce dernier étant à la capacité au champ) pour répondre au mieux à la demande d'évaporation ou au pouvoir évaporant de l'air, l'évapotranspiration croît et tend vers une limite maximale appelée E.T.P (**Doorenbos, 1976 ; Brochet et Gerbier, 1978 ; Ducroq, 1990**).

#### **3-1-2 : L'évapotranspiration maximale (E.T. M ou E.T.R.M) :**

L'E.T.R.M représente l'évaporation réelle maximale d'une parcelle cultivée dans les meilleures conditions possibles et bien alimentée en eau : Le niveau d'E.T.R.M correspond au rendement maximal.

L'E.T.R.M ou l'E.T.M représente une valeur particulière de l'E.T.R (voir plus loin) d'un couvert végétal lorsque sa résistance stomatique est minimale (**Guyot, 1998**). Cela suppose donc que l'alimentation hydrique de la culture soit optimale. Cependant, l'E.T.R.M ne peut jamais atteindre l'E.T.P car, même lorsque les stomates sont largement ouverts, le couvert lui-même offre de par sa structure géométrique, une certaine résistance au transfert d'eau (**Brochet et Gerbier, 1978 ; Guyot, 1998**).

#### **3-1-3 : Evapotranspiration réelle (E.T.R):**

Elle représente la quantité d'eau qui est réellement évapotranspirée au niveau d'une culture (**Guyot, 1998**).

Selon **Ducroq, (1990) et Guyot, (1998)**, cette grandeur est très variable car elle dépend :

- des conditions climatiques et en particulier du bilan radiatif et du vent.
- de la plus ou moins grande disponibilité de l'eau à la surface, c'est à dire des résistances opposées au transfert de l'eau de la végétation vers l'atmosphère (résistance stomatique en particulier).
- des caractéristiques de la partie aérienne des couverts végétaux étendu, hauteur et disposition des surfaces évaporantes (feuilles en particulier) dans l'espace.

### **3-2 : Méthodes d'évaluation de l'E.T.P ; l'E.T.R.M et de l'E.T.R :**

Plusieurs méthodes sont utilisées pour la détermination de ces paramètres :

#### **3-2-1 : Méthodes directes :**

Reposent sur l'utilisation de dispositifs spéciaux :

- **Bacs évaporants : (Bacs Colorado ; bacs classe A)** : permettent de mesurer directement l'E.T.P d'une nappe d'eau libre (**Guyot 1998**).

- **Les lysimètres** : Fournissent des données précieuses concernant le bilan hydrique et la consommation en eau des couvertures végétales (**Perrier et al, 1974**). Ces dispositifs consistent en la mesure de l'E.T.R.M d'une culture par établissement des bilans hydriques obtenus par différence entre la somme des apports et celles des percolations de la même période (**Mussard et Duput, 1972**). Le principe de cette méthode consiste à apprécier la quantité d'eau nécessaire au maintien des réserves hydriques au voisinage de la capacité de rétention (**Mermier et al, 1970**).

- **Le bilan hydrique** : s'établit comme suit :

$$E.T.M = P + I - D$$

Avec : P : Apport d'eau par les précipitations.

I : Irrigation.

D : Perte d'eau par drainage.

Ces dispositifs permettent de provoquer des stress d'intensité et/ou de durée variable et d'en comparer les effets à un traitement alimenté à l'E.T.M. ils permettent également d'obtenir des informations sur les phases critiques des cultures (**Ducroq, 1990 ; Guyot, 1998**).

Connaissant l'E.T.P d'une région, on peut également déterminer expérimentalement, les Kc (coefficients culturaux) à partir de celle de l'E.T.M.

#### **3-2-2 : Méthodes indirectes :**

Plusieurs formules sont proposées pour le calcul de l'E.T.P d'une région :

- Les plus anciennes (Thornthwaite ; Turc.....), très empiriques, ils sont des ajustements statistiques entre une évapotranspiration mesurée et quelques variables climatologiques simples.

- Les plus courantes (Penmann ; Brochet et Gerbier.....) sont des modélisations de phénomènes énergétiques et climatologiques complexes ayant pour origines essentielles :

- Le rayonnement solaire net.

- La température de l'air.

- Le déficit de saturation de l'air en vapeur d'eau.

- Les mouvements de masses d'air verticaux et horizontaux.

En Algérie, la formule la plus adaptée aux régions semi-arides et celle de Penmann modifiée.

### **3-3 : Facteurs qui régissent la consommation de l'eau par les cultures :**

- Le Climat : Selon **Puech, Marty et Maertens, (1976)**, la consommation d'eau des végétaux est sous l'étroite dépendance des conditions climatique.
- Le Sol : Intervient par sa réserve hydrique qui présente de grandes variations saisonnières. Durant les périodes estivales, le sol connaît une phase de dessèchement. Durant l'automne et l'hiver la réserve se reconstitue à partir des précipitations (**Vilain, 1987**).
- L'espèce végétale : **Perrier et Abdulbari , (1987)** a montré que les mécanismes de transferts, de régulation de l'utilisation de l'eau par la plante sont en fonction de sa physiologie, de sa morphologie et de sa dynamique de croissance. Les caractères propres aux cultures (espèces, stades phénologiques, degré de couverture du sol) jouent un rôle très important dans les modalités de consommation de l'eau (**Puech, Marty et Maertens, 1976**).
- Facteurs nutritionnels : Le potassium joue un rôle important dans la réduction des pertes en eau par transpiration et augmente l'efficacité de son utilisation (**Maura et Gupta, 1984**). Si la plante est pauvre en potassium, la fermeture des stomates et « paresseuse » et il ya perte d'eau au moment où la plante en a besoin (**Edward, 1981**). Les carences azotées se traduisent par une augmentation des résistances à l'absorption de l'eau (**Morizet et Mingeau, 1976 cité par Yaker, 1983**).

### **3-4 : Intérêt de l'irrigation et Besoins en eau de l'abricotier (Prunus armeniaca) :**

L'abricotier est traditionnellement cultivé en terre non irriguée. En Algérie, les vergers conduits en sec sont encore nombreux. En matière de rendement, les résultats obtenus par cette espèce sous des climats arides ont longtemps été considérés comme honorables dans ces conditions difficiles. Mais aujourd'hui, la conception du verger en sec est de plus en plus dépassée par les impératifs de l'arboriculture moderne qui refusent l'alternance, la sensibilité aux maladies et les petits calibres et qui imposent une optimisation de tous les facteurs de production (**Pratex in Gautier, 1984**).

Plusieurs travaux sur vergers français, témoignent de la réponse remarquable de l'abricotier à l'apport d'eau ( **Serel in Audubert et Lichou, (1989)**).

#### **3-4-1 : Intérêt de l'irrigation :**

Une meilleure alimentation en eau de l'abricotier se répercute favorablement sur :

- Le rendement : En sec, les rendements moyens sont de l'ordre de 05 à 10 T/ha, alors qu'en irrigué ces rendements augmentent et atteignent 12 à 18T/ha et parfois plus (**Audubert et Lichou, 1989**).
- La régulation de la production, si l'on évite les excès de charges des fruits.
- L'accroissement du calibre des fruits : l'abricotier exprime bien son potentiel de calibre s'il est bien alimenté en eau. Cet accroissement participe également à l'augmentation des rendements. Cependant, l'irrigation risque parfois de provoquer des charges de fruits excessives qui peuvent se traduire par une chute de calibre et une entrée dans un cycle d'alternance.
- Le maintien de la qualité des fruits : Selon **Audubert et Lichou, (1989)**, une irrigation excessive à l'approche de la maturité conduit à une production de fruits moins sucrés malgré qu'ils synthétisent autant de sucres. Ce fait peut s'expliquer par la dilution des sucres synthétisés dans un volume de fruit plus grand. Cependant **Roque, (1988), in**

**Audubert et Lichou, (1989)** estime qu'une irrigation raisonnée au cours de la croissance des fruits contribue à maintenir une bonne activité photosynthétique qui garantit la fabrication et l'accumulation des sucres. La fermeté des fruits sera également peu affectée.

### **3-4-2 : Besoins en eau du verger :**

#### **A : Consommation maximale des arbres :**

En Afrique du nord, l'abricotier consomme d'une manière générale 200 à 300mm/an d'eau ; Tandis qu'en culture intensive, les besoins s'élèvent à 300 à 400mm/an (**Huguet, 1961 in Merabet, 1992**).

La consommation maximale des arbres varie de 500 à 550mm/an (**Audubert et Lichou, 1989**). Avec l'âge des arbres, ses quantités sont susceptibles d'augmenter sensiblement et la consommation maximale des arbres peut atteindre 700mm/an (**Rugiero, in Audubert et Lichou, 1989**).

Cette consommation ne correspond pas à la quantité d'eau à apporter par l'irrigation car les besoins sont fortement influencés par les caractères du climat, notamment l'intensité de l'E.T.P, de la pluviométrie, des réserves du sol qui sont capables de fournir une bonne partie de l'eau, surtout en début de saison (**Audubert et Lichou, 1989**).

Ces besoins sont également influencés par le système de culture appliqué au verger, par les techniques d'entretien du sol et la fertilisation et par le porte-greffe utilisé (**Vidaud, 1980**).

Il est à noter également que les besoins changent en fonction des stades végétatifs et qu'ils sont importants pendant certaines phases dites « phases critiques » :

#### **B : Conséquences d'une consommation limitée pendant les stades critiques :**

➤ **en début de saison** : Une sécheresse en début de saison peut provoquer de nombreux problèmes (arrêt de croissance, chute de fruits..... ). Toute fois, le sol est généralement suffisamment pourvu à cette époque pour alimenter l'arbre correctement.

➤ **Du durcissement du noyau à la récolte** : Pendant cette période tout manque d'eau perturbera la croissance des fruits et se traduira par une perte de calibre. Il limitera également le développement actif de la végétation durant l'été et la qualité de renouvellement des rameaux en sera affectée.

➤ **Après la récolte** : Il semble que l'arbre puisse accepter une alimentation plus limitée sans conséquence particulière, bien que le potentiel de consommation maximal soit assez élevé pendant cette période. Mais ce rationnement doit rester modéré pour permettre à l'arbre d'effectuer correctement sa différenciation florale, et les mises en réserves d'éléments nutritifs en automne. \*

## **IV : EFFET DU DEFICIT HYDRIQUE SUR LES VEGETAUX :**

### **4-1 : Définition du déficit hydrique :**

**Levitt, (1972)**, définit le terme de déficit hydrique ou stress hydrique comme étant une période d'insuffisance de l'activité de l'eau dans l'environnement de la plante.

En terme agronomique, on parle de sécheresse lorsqu'il ya manque d'eau (pluies tardives ; absence d'irrigation), ce qui se traduit sous un climat donné par des pertes d'eau supérieures aux disponibilités (**Nemmar, 1983**).

**Henin, (1976) cité par Nemmar, (1983)**, donne deux définitions du stress hydrique :

- Il ya sécheresse dès qu'il se produit dans la masse des tissus un déficit en eau amenant à une baisse de rendements.
- Il ya sécheresse chaque fois que le déficit en eau provoque des réactions de défense de la plante, se traduisant par des modifications de l'état du feuillage qui caractérisent le flétrissement.

**Leclerc, (1999)** considère que la notion de stress implique, d'une part, une déviation plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales (moyennes) de la plante, et d'autre part une réaction sensible de la plante dans les différents aspects de sa physiologie laquelle change sensiblement, avec soit adaptation à la nouvelle situation, soit à la limite, dégradation menant à une issue fatale.

Selon ce même auteur, le stress de sécheresse intervient dans une zone où la disponibilité de l'eau va être comprise entre des valeurs des potentiels hydriques qui sont entre la perte de turgescence amenant à un flétrissement visible mais récupérable, et le point de flétrissement permanent.

**Mouhouche et Boulassel, (1997)**, ajoutent que toute restriction hydrique se traduisant par une baisse de potentiel de production de la plante, suite à une perturbation de son activité physiologique provoquée par un déficit de consommation en eau, est communément appelée stress hydrique.

**Belhassen et al, (1995) ; Morel, (1996) ; Leclerc, (1999)**, décomposent le stress hydrique en deux contraintes opposées : le déficit hydrique et l'excès d'eau qui entraînent l'asphyxie.

#### **4-2 : Causes du déficit hydrique :**

L'absorption de l'eau par les plantes peut être ralentie dans certaines circonstances avec pour conséquences une évapotranspiration réduite et une production diminuée.

D'après **Lefebvre, (1974)**, l'absorption de l'eau est réduite si :

- la tension d'humidité du sol est forte (la tension de l'eau s'élève lorsque le sol est de plus en plus sec).
- la concentration saline de la solution du sol est trop élevée : la pression osmotique de la solution du sol s'élève lorsque la teneur en sels solubles augmente.

Le déficit hydrique chez les plantes est causé soit par la perte excessive d'eau, soit par une absorption inadéquate, ou par une combinaison des deux (**Elhassani et Perssons, 1994**). La transpiration excessive est responsable du déficit hydrique temporaire des plantes aux heures de midi. Cependant, une diminution de l'absorption racinaire causée par une indisponibilité en eau dans le sol est responsable des longues et sévères périodes de déficit hydrique dans la plante qui causent des réductions importantes de la croissance des cultures (**Badjy et Feyn in Elhassani et Perssons, 1994**).

#### **4-3 : Actions du déficit hydrique :**

La croissance et le développement des plantes sont directement contrôlés par le stress ou déficit hydrique dans le végétal. Il se caractérise par une chute de la teneur en eau, du potentiel osmotique et du potentiel hydrique total, accompagné par une perte de turgescence, une fermeture de stomates et une chute de la croissance. Un déficit hydrique sévère conduit à une réduction de la photosynthèse et une perturbation de nombreux autres processus physiologiques.

Il faut noter également que le stress hydrique agit sur ces différents paramètres par son intensité et sa durée, et il cause plus de dégâts aux plantes à certaines phases de développement, dites phases critiques. L'action du déficit hydrique des cultures s'observe à différents niveaux :

#### **4-3-1 : Action sur la morphologie :**

Le grandissement et l'expansion générale cellulaire dépend de l'interaction de plusieurs facteurs, entre autre, de la turgescence. **Leclerc, (1999)**, définit un potentiel de turgescence limite  $W_{plim}$ . à partir duquel se produit une extension mécanique de la paroi cellulaire. Selon cet auteur, la pression de turgescence  $W_p$  doit être supérieure à la pression de turgescence limite par une bonne alimentation hydrique et donc une bonne photosynthèse qui assure l'apport de nouveaux matériaux pariétaux et l'apport de solutés organiques qui conduisent à l'abaissement du potentiel et par conséquent à l'étirement ou au grandissement cellulaire.

Un déficit hydrique conduit à l'élévation du potentiel hydrique général de la plante conduisant au blocage de l'étirement cellulaire. Les travaux de **Wenkert et al, (1978)**, témoignent de la réponse immédiate de l'allongement cellulaire par rapport à d'autres processus tels que la photosynthèse, la régulation stomatique ou la transpiration. L'interruption de l'allongement cellulaire se répercute sur l'arrêt ou la diminution de la croissance en longueur des tiges, des feuilles et des racines.

**Hsiao, (1973)**, rapporte que la division cellulaire apparaît être moins sensible au stress hydrique que l'expansion cellulaire, mais lorsque le stress se maintient, les mitoses méristématiques s'arrêtent également.

**Mcgree et Davis, (1974)**, indiquent que chez le soja et le sorgho la division et l'élongation cellulaire sont équitablement sensibles au stress. **Leclerc, (1999)**, a montré que l'action du stress peut porter à la fois sur la division cellulaire et sur l'arrêt de l'élongation cellulaire par absence ou faiblesse de turgescence, ou faible plasticité de la paroi.

L'une des plus importantes conséquences de la sensibilité de l'expansion cellulaire au stress hydrique est la réduction de la surface foliaire. **Selon Leclerc, (1999)**, le nombre de cellules semble globalement être déterminé pour une feuille, à partir de celui du primordium, mais en présence d'une contrainte hydrique, le nombre de division cellulaire va diminuer et donc le nombre de cellules ; la feuille va être plus petite essentiellement parce que les cellules sont moins nombreuses, mais pas plus petites.

La diminution de la surface foliaire peut également se faire par l'abscission précoce des feuilles (défoliation), par leur enroulement ou par le changement de leurs orientations.

Ces mécanismes constituent un moyen efficace pour limiter les pertes en eau en réduisant les radiations absorbées empêchant une augmentation de la température foliaire (**Petersen, 1985**).

Le déficit hydrique intervient également dans la réduction du taux de croissance de la plante en réduisant la taille des organes. L'altération de la réponse de la croissance au déficit hydrique a été signalée par plusieurs auteurs. Une contrainte hydrique influence la croissance des jeunes pousses par suite de la diminution de la paroi cellulaire et des protéines (**Hsiao, 1973**). Une sécheresse réduit la hauteur, le diamètre des tiges et la longueur des entre nœuds de plusieurs plantes cultivées (**Nemmar, 1983**).

Chez le Tournesol, un déficit hydrique réduit d'une manière significative la hauteur de la tige et freine le rythme de synthèse de la matière sèche.

Sur arbres forestiers plusieurs travaux ont mis en évidence l'effet négatif d'une contrainte hydrique sur l'élongation des pousses et la hauteur terminale. Par exemple, **Finkelstein, (1981)** travaillant sur jeunes plants de cèdre a constaté que cette essence réduis fortement la vitesse de croissance et la longueur finale de la pousse annuelle.

En arboriculture fruitière, une contrainte hydrique sévère affecte fortement la grosseur du tronc et des pousses, diminue l'élongation et le nombre de pousses annuelles (**Catzeflis et Udry, 1978 ; Li et al, 1990 ; Cemagref, 1990**).

Le dessèchement que peuvent subir les racines lorsqu'un végétal subit un stress hydrique peut avoir plusieurs conséquences :

- Il s'accompagne d'une réduction du diamètre racinaire qui peut atteindre 30 à 40%, cela entraîne une diminution de la surface de contact entre le sol et les racines et par conséquent une diminution des transferts d'eau et des éléments nutritifs vers les racines (**Guyot, 1998**).

- Il peut rendre très difficile la réhydratation du végétal. En effet, des mesures ont montré que la conduction des vaisseaux du xylème des racines est sensiblement réduite lorsque le déficit s'accroît (**Guyot, 1998**).

Il faut également considérer un autre fait. **Bhan et al, (1973)**, indiquent que durant le stress la proportion des photosynthétates détournée à la croissance des racines augmente ; ceci résulte d'une plus grande diminution de la croissance relative de la partie aérienne au profit de la croissance racinaire. **Petersen, (1985)**, estime que l'augmentation du poids sec des racines et de sa plus grande profondeur durant le stress, peuvent conduire à un plus grand degré d'extraction de l'eau du sol et maintenir par conséquent un plus grand potentiel de la plante.

Le même fait a été observé par **Chartzoulakis et al, (1993)** sur *Actinidias* où un stress sévère multiplie par 3.5 le rapport racines sur pousses (matière sèche) par rapport au témoin, ce qui prouve que la répartition des photosynthétates est modifiée par le stress.

Il faut souligner également que la variation dans la croissance racinaire peut être retenue comme un caractère morphologique déterminant les différences dans la résistance à la sécheresse entre les espèces et les variétés.

#### **4-3-2 : Action sur la régulation stomatique :**

la transpiration des plantes se fait par plusieurs voies :

- une transpiration cuticulaire, due au passage de vapeurs d'eau à travers la cuticule, c'est souvent une transpiration très faible, car la conductance cuticulaire est souvent très basse.

- une transpiration corticale, assez faible aussi, car les tissus subérisés de la tige et des branches sont assez épais.

- une transpiration stomatique, qui peut être régulée. Selon **Guyot, (1998)**, la transpiration stomatique représente environ 90% de la transpiration totale à l'échelle de 24 heures. L'ouverture et la fermeture des stomates sont contrôlées par la turgescence de leurs cellules de gardes. Cette dernière dépend de l'humidité du sol, de la température de la feuille, de l'humidité de l'air, du rayonnement incident, du vent et de la concentration en CO<sub>2</sub> de l'air et de la chambre sous stomatique (**Teare et Kanemasu, 1972**).

Les stomates jouent un rôle primordial dans la régulation des pertes d'eau des plantes par transpiration et les échanges gazeux de la photosynthèse. La diminution du potentiel hydrique de la plante augmente la résistance stomatique et conduit à la fermeture stomatique ; cela conduit à une diminution du CO<sub>2</sub> échangé et par conséquent à une

diminution dans le taux photosynthétique. Tout frein à ces échanges provoquera donc un fléchissement de la production végétal et par conséquent une diminution de rentabilité de la culture envisagée (**Guyot, 1998**). A chaque fois que le végétal met en œuvre des processus de réduction de l'évapotranspiration par la fermeture des stomates, il en résulte un effet dépressif sur la production de matières sèche (**Brochet et Gerbier, 1978**).

La régulation des pertes d'eau par les stomates est aussi primordiale. En situation de stress c'est à dire lorsque le potentiel hydrique du sol devient insuffisant, les racines vont réagir en émettant un signal sous forme de libération d'acide abscissique (A.B.A) qui est un messenger interne, vraisemblablement véhiculé par le xylème jusqu'aux feuilles, ces dernières ayant encore une grande réserve d'eau et sont menacées par le fait que la transpiration ne sera plus compensée par l'absorption d'eau racinaire, vont alors fermer leurs stomates (**Guyot, 1998 ; Leclerc, 1999**). La plante va donc ainsi maintenir plus ou moins bien son état hydrique. L'A.B.A induit une diminution de la croissance foliaire qui s'ajoute à l'effet rapide, classique, sur la fermeture des stomates (**Leclerc, 1999**).

La régulation stomatique a fait l'objet de plusieurs études ; **Li et al, (1990a)**, travaillant sur jeunes pêcher, ont mis en évidence l'effet d'une contrainte hydrique sur la régulation stomatique. Ils ont démontré que la résistance stomatique est fortement corrélée avec la valeur absolue du potentiel hydrique de base des feuilles théoriquement représentatif du potentiel hydrique du sol en fin de nuit.

L'effet d'une contrainte hydrique sur la résistance stomatique a également été mis en évidence sur plusieurs autres espèces cultivées et essences forestières. Nous citons en particulier les travaux de **Shamsun et al (1990)** sur trèfle blanc, les travaux de **Eze et al (1988) ; Granier et al, (1992) ; Lu et al (1995)** sur certaines essences forestières.

#### **4-3-3 : Action sur la photosynthèse :**

Le déficit hydrique est toujours très lié à la photosynthèse. D'après certains auteurs, la réduction de la photosynthèse due à une sécheresse ne serait qu'une conséquence de la fermeture stomatique. **Leclerc, (1999)**, indique que lorsqu'on établie des stress contrôlés et étudie les réactions conséquentes, on constate d'abord généralement une corrélation entre la conductance stomatique et la photosynthèse. En effet, **Charfaoui, (1984)**, avait déjà mis en évidence cette importante corrélation entre la conductance stomatique et la photosynthèse. En présence d'une contrainte hydrique sévère, il avait remarqué une nette diminution de la photosynthèse suite à une augmentation de la résistance stomatique. Après réhydratation, il avait constaté la reprise de la photosynthèse et son évolution en parallèle avec la reprise et l'évolution de la conductance stomatique.

Sur pêcher, **Li et al (1990a)**, avaient démontré que la transpiration et la photosynthèse nette des feuilles étaient fortement liées aux conditions d'alimentation hydrique : une limitation de la photosynthèse apparaît particulièrement en fin de cycle de dessèchement et en conditions de rayonnement fort sur des arbres soumis à une contrainte sévère par rapport à celle des arbres arrosés tous les jours. **Mogensen et al (1994)**, ont rapporté que le pourcentage de la photosynthèse nette diminue avec le temps, ceci est dû à la sénescence. Par contre, lorsqu'une sécheresse est en voie d'installation **Li et al (1990a)**, avaient remarqué une stimulation de l'assimilation de CO<sub>2</sub> lorsque le rayonnement se trouve faible ou moyennement fort, cela se traduirait par un report relatif d'une partie de l'activité photosynthétique

Sur vigne, la photosynthèse commence à diminuer lorsque la valeur du potentiel hydrique devient inférieur à  $-1,1$  ou  $-1,2$  MPa ; cette limitation est de plus en plus marquée

au cours de la journée de mesure et elle s'accompagne d'une diminution de la conductance stomatique (**Katerdji et Daudet, 1986**).

Selon **Plaut et Federman, (1991)**, (**in Sarda et al,1992**), il y aurait des effets non stomatiques de la diminution de la photosynthèse. En effet, l'effet dépressif d'une contrainte hydrique sur la photosynthèse des végétaux résulte non seulement d'une baisse de la conductance stomatique, mais également d'une altération de l'appareil photosynthétique et/ou d'une diminution de la surface foliaire. En effet, la capacité photosynthétique d'une feuille diminue rapidement quand la teneur en eau relative (t.e.r) de cet organe s'abaisse au-delà d'une valeur de 75% (**Kaiser,1987**).

Selon **Sarda et al (1992)**, une baisse de la photosynthèse sous contrainte hydrique peut s'expliquer comme suit : Le statut hydrique des feuilles (site de transpiration) d'un végétal soumis à un déficit hydrique est progressivement abaissé ; en conséquence, la photosynthèse est altérée dans un premier temps en raison de la fermeture des stomates (effets stomatiques), puis du fait d'une altération de l'appareil photosynthétique (effets non stomatiques).

Il est à noter également que la diminution de la photosynthèse peut avoir des répercussions sur le développement des organes. **Aussenac et Finkelstein, (1982)**, en mesurant la croissance en hauteur de beaucoup d'espèces forestières soumises à des contraintes hydriques, notent une diminution de la croissance en hauteur due à une chute importante de l'activité photosynthétique.

De même **Blond et al, (1980)**, travaillant sur Mais notent une baisse notable de la production de la matière sèche qu'ils avaient attribué à la diminution de la photosynthèse, mais aussi à la transpiration et aux réactions métaboliques.

#### **4-3-4 : Action sur la transpiration :**

La transpiration dépend étroitement de la conductance stomatique. **Sarda et al, (1992)**, signalent que ce processus est très important en termes de flux de molécules. En effet, pour une mole de CO<sub>2</sub> assimilée, des centaines de moles d'H<sub>2</sub>O quittent la feuille via les stomates. Selon **Robelin, (1983)**, 98% de l'eau absorbée ne fait que transiter au travers du végétal pour répondre à la demande climatique, les 02% restant participent à la croissance volumique des tissus et entrent dans le métabolisme.

Dans le cas d'un déficit hydrique, la plante réagit en réduisant son évapotranspiration par régulation stomatique, ce qui se traduit par une augmentation de la température de la surface du couvert végétal, qui devient supérieur à la température de l'air ambiant (**Rieul, 1988**).

Lorsque la quantité d'eau absorbée par les racines, pendant la phase de demande climatique croissante d'une journée est inférieure au flux de transpiration, la plante utilise la capacité tampon d'une partie de l'eau de ses tissus (ses réserves propres), pour assurer une transpiration intense et échapper au flétrissement. Les tissus concernés, généralement tiges et fruits chez les arbres fruitiers, perdent de l'eau, leur volume diminue, leur diamètre également. Ces contractions s'amplifient lorsque le stress hydrique est plus sévère et franchit un seuil dit « critique », qui marque une déshydratation tissulaire au-delà de laquelle la plante déclenche son mécanisme de survie, la régulation stomatique (**Koslowski, 1982**).

L'effet d'une contrainte hydrique sur la transpiration est connu chez diverses espèces et a fait l'objet de plusieurs études. **Li et al (1990a)**, mettent bien en évidence la chute de la transpiration à la suite d'un déficit hydrique sur pêcher, ils remarquent

l'accentuation de la contraction des organes, tiges et fruits, au fur et à mesure que le substrat se dessèche. En mesurant le flux de sève de plusieurs arbres forestiers, **Becker, (1970) ; Granier, (1987) et Breda et al, (1993)**, notent une chute appréciable de la transpiration.

En évaluant l'effet d'une contrainte hydrique sur la transpiration de deux plantes cultivées, Soja et Tournesol, les résultats ont conduit à proposer de déclencher l'irrigation lorsque les seuils suivants étaient atteints :

- Pour le Soja :  $S(T_s - T_a) = 15^\circ$ .
- Pour le tournesol :  $S(T_s - T_a) = 20^\circ$ .

#### **4-4 : Adaptation des végétaux au déficit hydrique :**

Pour essayer de comprendre les mécanismes de réponse et d'adaptation des plantes au déficit hydrique, **Seyle in Leclerc, (1999)**, a suggéré la notion de « syndrome de stress » qui recouvre l'équilibre entre, d'une part, les processus de destruction (distress) qui sont l'effet direct des contraintes hydriques sur les cellules et les processus d'adaptation (eustress) d'autre part, qui tendent à éviter l'issue létale et à retrouver soit l'état d'origine (homéostasie), soit un état qui en est proche.

Si l'on se place dans la perspective dynamique de Seyle, on peut observer la succession des phases caractéristiques dépendant des forces de l'eustress et du distress (Fig n° 03)

- Lorsqu'une contrainte arrive au niveau cellulaire, commence immédiatement la phase d'alarme qui débute par la déstabilisation d'un certain nombre de structures, en particulier les membranes et les protéines et d'un certain nombre de fonctions, le catabolisme l'emporte sur l'anabolisme : c'est la réaction fondamentale du stress.

- Réaction de récupération : la résistance s'organise, il apparaît très rapidement des processus de réparation, de restauration de l'état initiale, de synthèse de molécules de protection ; globalement l'anabolisme devient supérieur au catabolisme, on arrive alors à l'état initial.

- Si le facteur de stress continue ou/ et s'intensifie, la plante accentue ses processus de protection : on passe alors à la phase suivante, dite «phase de résistance», qui se manifeste en particulier par l'endurcissement : il s'est produit une adaptation.

- L'endurcissement peut être suivi soit :

➤ d'une phase d'épuisement avec apparition de gros dégâts dus au facteur lui-même, ou bien à l'attaque de prédateurs ou parasites de faiblesses qui conduisent à une issue fatale.

➤ d'une phase d'ajustement ou retour à une situation d'activité normale plus ou moins proche de celle de départ.

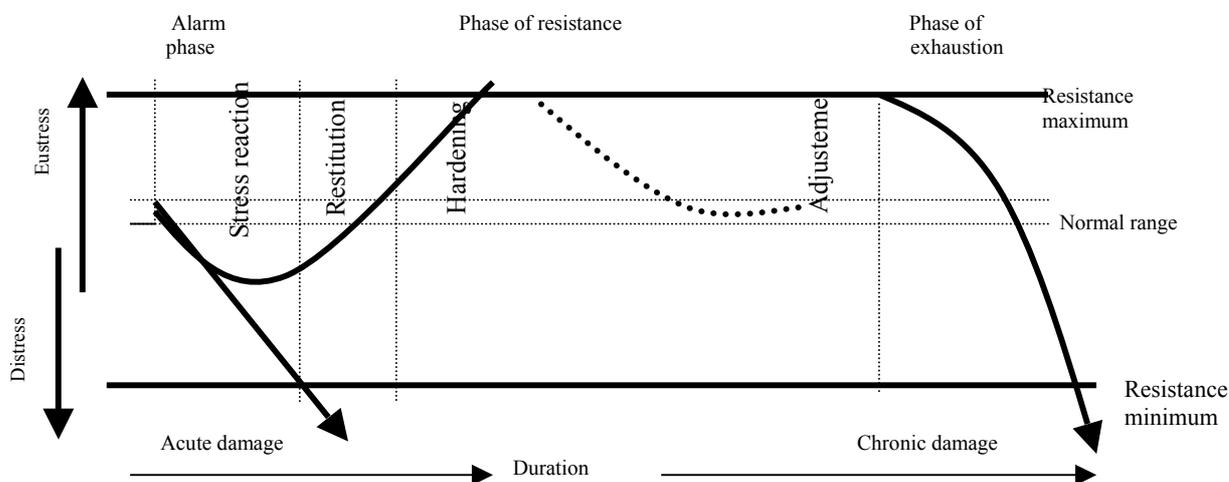


Fig n°03 Les phases successives d'un stress (d'après Selye, 1936 in Leclerc, 1999)

#### 4- 5 : Mécanismes de réponse et d'adaptation au stress hydrique :

Que la plante soit continuellement en situation de stress, ou saisonnièrement, ou ponctuellement, elle a besoin de survivre. Pour résister au dessèchement, la plante peut utiliser différentes stratégies, soit individualisées ou combinées.

##### 4-5-1 : L'évitement :

Selon **Elhassani et Persoons, (1994)**, dans le cas de l'évitement, la plante effectue son cycle végétatif en dehors des périodes de sécheresse qui pourraient interférer de façon significative avec le rendement.

##### 4-5-2 : L'esquive (ou le maintien des tissus à un potentiel hydrique élevé) :

Consiste à maintenir un état hydrique interne satisfaisant en présence d'une contrainte hydrique. Ce potentiel hydrique élevé peut être obtenu par :

- l'augmentation de l'absorption racinaire de l'eau : Cette augmentation peut être obtenue par un système racinaire dense, profond et à rapport pondéral racines sur tiges élevé. Les plantes à enracinement superficiel et peu dense vont souffrir plus d'un déficit hydrique que les plantes à enracinement profond (**Elhassani et Petersoons, 1994**).

En arboriculture fruitière, l'utilisation de porte-greffes résistants au manque d'eau constitue également un moyen efficace pour esquiver une sécheresse.

- Réduction des pertes en eau : Selon **Levitt, (1972)**, la régulation stomatique constitue le principal mécanisme de contrôle instantané des pertes en eau. La résistance cuticulaire, la réduction de la surface foliaire et des radiations interceptées (présence de cire ou changement de position de la feuille) constituent autant de mécanismes de réduction des pertes en eau de la plante (**Elhassani et Persoons, 1994**).

Selon **Guyot, (1998)**, il existe des espèces dites isohydriques (poikilohydriques) capables de supporter des variations importantes de potentiel hydrique, et des espèces anisohydriques (sténohydriques) qui ne supportent que des variations de potentiels limités et dont le potentiel suit l'évolution de celui du sol. La plupart des espèces sont classées dans cette deuxième catégorie. Pour ces deux types de plantes, le mécanisme de commande de la régulation stomatique sont différents. Pour les plantes isohydriques, les stomates sont commandées par l'A.B.A émis par les racines ; alors que pour les espèces anisohydriques, le mécanisme de fermeture des stomates semble dépendre en premier lieu du potentiel foliaire et éventuellement en second lieu de l'A.B.A émis par les racines, mais en quantités moindre que pour les plantes isohydriques.

La densité stomatique paraît également un autre moyen pour esquiver une sécheresse. En effet, **Miskin et al (1972)**, en étudiant l'effet de la densité stomatique sur la transpiration, la photosynthèse et la résistance stomatique de 05 variétés d'orge, ont conclu que la sélection des plantes à faible densité stomatique serait un moyen efficace et logique pour trouver des cultivars résistants au stress hydrique.

#### **4-5-3 : La résistance ou tolérance au stress hydrique :**

Selon **Leclerc, (1999)**, si l'évitement ou l'esquive ne sont pas possibles, il faut faire face et résister, ce qui n'est possible que dans certaines limites.

Une plante résistante au stress hydrique possède des caractères morphologiques et métaboliques lui permettant de maintenir une teneur en eau de ses tissus élevés (**Levitt, 1972**). Ces caractères sont conditionnés par la nature de leur métabolisme et par les propriétés chimiques de leurs protoplasmes.

**Elhassani et Persoons, (1994)** considèrent qu'une plante est résistante au déficit hydrique, quand elle est capable de maintenir son activité métabolique sous de faibles potentiels d'eau jusqu'à un point donné. Ces auteurs ont observé que La tolérance au déficit hydrique est liée à des adaptations de nature physiologiques et son degré varie selon les espèces et le stade de croissance.

En matière d'adaptation et de résistance au stress hydrique, **Leclerc, (1999)**, rapporte qu'il apparaît dans la plante des caractères d'adaptation des structures ou des molécules. Adaptation de structures membranaire, stabilisation cytoplasmique par la synthèse des protéines spéciales ; changement d'activité peroxydase, accumulation d'antioxydants (acide ascorbique) des substances osmotiquement actives (polyols, proline, bétaine) ou des métabolites secondaires intervenant dans de nombreux processus de défense (Anthocyanes, flavonoides variées), des hormones dits de détresse (A.B.A, acide jasmonique).

Parmi les mécanismes de résistance à la sécheresse, nous citons

➤ **L'ajustement osmotique (ou l'osmorégulation ou modification du potentiel foliaire) :**

L'ajustement osmotique se réalise par le maintien d'une turgescence partielle qui implique la préservation de l'assimilation chlorophyllienne et la réduction plus ou moins marquée de la croissance.

Pour **Korichi, (1997)**, en cas de déficit hydrique, l'ajustement osmotique est le maintien d'un potentiel hydrique relativement élevé associé à une accumulation de sucres solubles.

Selon **Guyot, (1998)**, pour maintenir la croissance cellulaire, il faut que l'eau puisse pénétrer dans les cellules malgré la baisse du potentiel de turgescence, cela n'est

possible que si le potentiel osmotique diminue pour assurer un gradient suffisant entre l'extérieur et l'intérieur de la cellule : c'est l'ajustement osmotique qui permet à la plante de différer les effets du stress. Ce phénomène est particulièrement efficace quand la contrainte hydrique est progressive, et il semble que les molécules impliquées dans ce phénomène sont la proline et la bétaine.

➤ **Tolérance à la dessiccation :**

Elle correspond à une capacité de la membrane cytoplasmique de retenir les électrolytes, donc de conserver son intégrité, en cas de dessiccation (**Elhassani et Persoons, 1994**).

➤ **Maintien de la translocation :**

Il constitue un autre mécanisme de tolérance au déficit hydrique.

Il faut signaler que le stress n'est pas seulement une contrainte, mais aussi un stimulant qui va en définitive promouvoir l'apparition de génotypes mieux adaptés à un milieu donné et à un type de sol donné. En effet, le stress hydrique contribue à étendre les processus de sélection et les capacités de variation phénotypiques des plantes, donc à favoriser l'adéquation des différentes espèces et variétés à leur milieu.



## Annexe n° : 01

**Annexe n° 1-1** : Données pluviométriques (en mm) (Années 1997-1998)

Mois Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1997	23	12	15	47	06	28	11	08	60	13.4	83.5	59.5
1998	12	21.5	21.5	62	40.5	07	00.1	\	\	\	\	\

(Source: Ain Skhouna : 1997-1998)

**Annexe n° 1-2** : Moyenne mensuelle de la température (en °c) (Années : 1997-1998)

Mois Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1997	7,60	8,30	8,40	12,20	19,70	25,80	25,60	25,50	20,60	16,10	11,30	15,80
1998	4,08	5,72	7,47	10,27	14,98	23,60	26,80	25,70	/	/	/	/
Nombre de jours de gelées												
1997	5	6	8*	3	/	/	/	/	/	/	/	/
1998	16	15	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(Source : Ain- Skhouna : 1997-1998)

\* : La température avais descendu jusqu'à  $-4^{\circ}\text{c}$  le 10/03/1997.

**Annexe n° 1-3** : Moyenne mensuelle de l'ETP Penmann (en mm) (1980- 1995)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	39.00	51.00	79.00	107.00	151.00	195.00	224.00	204.00	137.00	90.00	53.00	37.00

(Source : Ain skhouna : 1997)

**Annexe n° 1-4** : Moyenne de l'ETP Penmann (en mm) (Années : 1997-1998)

Mois Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1997	42.50	72.00	75.42	96.66	110.00	101.00	197.00	210.23	138.10	86.50	83.45	28.96
1998	39.75	46.91	95.13	110.86	150.26	153.30	184.84	149.50	\	\	\	\

(Source : Ain –Skhouna : 1997-1998)

**Annexe n° 2-1 : Calcul de la RFU et du tour d'eau :**

- **RFU = 2/3 (He- Hf). da. R. S**

Nous avons assimilé le volume du pot à un cône tronqué

$$V = \pi H/3 (R^2 + r^2 + Rr)$$

Avec : H : Hauteur du pot = 49.25cm

R : Rayon du diamètre supérieur = 18,75cm

r : Rayon du diamètre inférieur = 16.50cm

$$V = 48103.87 \text{ cm}^3$$

$$\text{RFU} = 38.45 \text{ mm}$$

- **Tour d'eau**

$$\text{Tour d'eau} = \frac{\text{RFU}}{\text{ETPj du mois de pointe}}$$

$$\text{Tour d'eau} = \frac{38.45}{07} = 05$$

$$\text{Tour d'eau} = 05$$

**Annexe n° 2-2 : Exemple de calcul de la dose d'irrigation**

**Mois de Mai 1997 :**

- Nous avons assimilé la surface extérieur du pot à un cercle de surface :

$$S = \pi \cdot R^2$$

$$S = 1103 \text{ cm}^2$$

$$= 0,11 \text{ m}^2$$

➤ **Traitement humide (100%) :**

- ETP du mois de Mai = 110,1 mm

- ETP journalière = 3,67 mm

- \* Calcul de la dose d'irrigation pour 01 ha :

$$5 \times 3,67 = 18,35 \text{ mm} = 183,5 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

\* Calcul de la dose d'irrigation pour 01 pot :

$$183,5 \times 0,11 \times 10^{-4} = 20,18 \times 10^{-4} / \text{pot} = 0,2 \text{ l} / \text{pot}$$

La dose pour le traitement humide est donc égale à 0,2 l / pot

➤ **Traitement intermédiaire ( 60% de l'ETP) :**

- ETP du mois de Mai  $110,1 \cdot 60 / 100 = 66,06 \text{ mm}$

- ETP journalière = 2,2 mm

\* Calcul de la dose d'irrigation pour 01 ha :

$$5 \times 2,2 = 11 \text{ mm} = 110 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

\* Calcul de la dose d'irrigation pour 01 pot :

$$110 \times 0,11 \times 10^{-4} = 12,1 \times 10^{-4} \text{ m} / \text{pot} = 1,2 \text{ l} / \text{pot}$$

La dose pour le traitement intermédiaire est donc égale à 1,2 l / pot

➤ **Traitement sec ( 30 % de l'ETP)**

- ETP du mois de Mai  $110,1 \times 30 / 100 = 33,03 \text{ mm}$

- ETP journalière = 1,01 mm

\* Calcul de la dose d'irrigation pour 01 ha

$$5 \times 1,01 = 5,05 \text{ mm} = 50,5 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

\* Calcul de la dose d'irrigation pour 01 pot

$$50,5 \times 0,11 \times 10^{-4} = 5,55 \times 10^{-4} / \text{pot} = 0,55 \text{ l} / \text{pot} = 0,60 \text{ l} / \text{pot}$$

La dose pour le traitement sec est donc égale à 0,60 l / pot

**NB :** Nous n'avons donné qu'un exemple de calcul de la dose d'irrigation pour chacun des trois traitements. Cette méthode a été adoptée durant toute la période de l'essai. Notons également que les irrigations sont évitées chaque fois que la pluviométrie est suffisante pour humidifier le sol.

## Annexe n° 03

**Annexe n° 3-1** : Durée de la défeuillaison (en jours) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1997)

Traitements	Provenances				
	23	02	26	22	03
100%	12.25	12.25	15.00	04.75	13.25
60%	12.25	12.25	08.00	13.75	06.00
30%	03.25	12.25	07.00	07.00	03.25

**Annexe n° 3-2** : Durée de la dormance (en jours) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1997)

Traitements	Provenances				
		02	26	22	03
100%	110.00	110.00	109.25	113.75	109.25
60%	109.25	109.25	110.25	110.00	109.25
30%	109.75	109.00	109.25	109.25	108.75

**Annexe n° 3-3** : Durée de débourrement (en jours) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Année	Traitements	Provenances				
		23	02	26	22	03
1997	100%	05.25	05.75	04.75	05.35	05.25
	60%	05.45	06.00	05.20	04.78	06.10
	30%	04.75	05.75	05.20	05.81	05.10
1998	100%	08.25	10.75	11.00	07.00	08.50
	60%	06.75	05.50	05.25	06.75	07.25
	30%	06.25	04.50	05.00	04.25	07.00

**Annexe n° 3-4** : Durée de floraison (en jours) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

Traitements	Provenances				
	23	02	26	22	03
100%	12.75	11.50	11.25	13.50	13.50
60%	14.00	15.50	18.00	16.75	13.50
30%	17.00	17.00	15.00	16.50	15.75

**Annexe n° 3-5** : Nombre de fleurs par plant des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

Traitements	Provenances				
	23	02	26	22	03
100%	185.00	247.33	179.33	217.67	234.3
60%	147.00	113.00	77.33	120.00	177.33
30%	64.00	51.33	63.00	42.00	122.00

**Annexe n° 3-6** : Nombre de fruits par plant des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

Traitements	Provenances				
	23	02	26	22	03
100%	01.00	02.75	01.00	01.25	01.50
60%	03.00	01.25	03.00	01.25	02.25
30%	01.50	01.00	07.00	01.50	02.00

**Annexe n° 3-7** : Diamètre du tronc (en cm) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Année	Traitements	Provenances				
		23	02	26	22	03
1997	100%	1.40	1.44	1.49	1.42	1.42
	60%	1.24	1.33	1.38	1.34	1.36
	30%	1.30	1.30	1.31	1.32	1.35
1998	100%	1.56	1.62	1.59	1.57	1.65
	60%	1.42	1.42	1.42	1.42	1.46
	30%	1.40	1.46	1.40	1.34	1.36

**Annexe n° 3-8** : Diamètre des rameaux de base (en cm) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997- 1998)

Année	Traitements	Provenances				
		23	02	26	22	03
1997	100%	0.68	0.72	0.74	0.67	0.72
	60%	0.58	0.61	0.59	0.52	0.53
	30%	0.53	0.53	0.59	0.43	0.49
1998	100%	0.77	0.85	0.84	0.71	0.83
	60%	0.69	0.63	0.64	0.55	0.62
	30%	0.57	0.58	0.62	0.48	0.49

**Annexe n° 3-9** : Diamètre des rameaux terminaux (en cm) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Année	Traitements	Provenances				
		23	02	26	22	03
1997	100%	0.58	0.59	0.66	0.57	0.60
	60%	0.49	0.47	0.52	0.44	0.55
	30%	0.47	0.42	0.50	0.36	0.39
1998	100%	0.67	0.76	0.77	0.73	0.75
	60%	0.55	0.59	0.54	0.56	0.58
	30%	0.56	0.54	0.54	0.43	0.44

**Annexe n° 3-10** : Croissance totale des pousses de l'année (en cm) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Année	Traitements	Provenances				
		23	02	26	22	03
1997	100%	56.81	53.49	49.72	55.05	48.25
	60%	49.85	52.20	45.97	42.54	41.65
	30%	45.00	39.80	40.09	37.53	34.56
1998	100%	38.57	37.68	38.68	37.11	36.14
	60%	36.84	34.80	35.70	34.00	33.04
	30%	34.54	33.64	32.58	31.23	30.26

**Annexe n° 3- 11** : Nombre de pousses par plant des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

Traitements	Provenances				
	23	02	26	22	03
100%	14.25	13.50	14.25	13.00	13.75
60%	13.50	12.75	13.25	12.00	11.75
30%	12.50	11.00	12.50	10.67	09.50

**Annexe n° 3-12: Croissance cumulée des pousses de l'année des différentes provenances  
en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)**

<b>1997</b>																	
Régime	Prov.	30/3	6/4	13/4	20/4	27/4	4/5	11/5	18/5	25/5	1/6	8/6	15/6	22/6	26/6	long totale (cm)	Durée de la croissance (j)
100%	23	0	5,82	8,2	16,3	25,1	32,6	39,6	46,2	55,6	58,2	60,4	62,81	62,81	62,81	56,99	70
	2	0	6,3	7,8	15,85	24,6	33,6	39,8	47,2	51	54,2	57,3	59,8	59,8	59,8	53,50	70
	26	0	5,35	8,2	16,3	23,6	32,4	38	43,7	47,1	52,3	54,2	55,07	55,07	55,07	49,72	70
	22	0	6,25	7,8	15,4	24,7	32,4	39,2	46,2	53,3	58,7	60,6	61,3	61,3	61,3	55,05	70
	3	0	6,5	6,9	14,8	25,1	28,7	35,2	39,1	46,2	50,6	53,6	54,75	54,75	54,75	48,25	70
<b>Moyenne</b>																<b>52,70</b>	<b>70</b>
60%	23	0	6,65	8,32	15,5	26,7	32,5	40,2	48,4	52,4	55,8	56,3	56,5	56,50	56,50	49,85	70
	2	0	5,26		14,3	25,8	31,4	40,8	48,6	53,3	56,1	56,9	57,45	57,45	57,45	52,19	70
	26	0	5,93	7,6	13,6	24,1	29,2	32,4	36,1	40	45,2	49,9	51,9	51,90	51,90	45,97	70
	22	0	6,46	9,2	14,1	21,2	25,3	29,5	36	39	46	48,5	49	49,00	49,00	42,54	70
	3	0	6,35	7,9	13,6	22	26,6	30,35	35,6	40,3	44	47,8	48	48,00	48,00	41,65	70
<b>Moyenne</b>																<b>46,44</b>	<b>70</b>
30%	23	0	5,6	6,4	15,3	24,6	29,1	34,6	38,32	45,6	49,8	50,6	50,6	50,6	50,6	45	63
	2	0	6,3	7,1	15,83	25,3	27,3	34,3	39,2	44,7	45,6	46,1	46,1	46,1	46,1	39,8	63
	26	0	5,56	6,78	14,63	23,8	27	32,6	37,36	42,56	44,2	45,65	45,65	45,65	45,65	40,09	63
	22	0	6,03	7,36	13,34	22,5	26	30,27	36,39	41,8	42,55	43,56	43,56	43,56	43,56	37,53	63
	3	0	5,66	6,8	14,2	17,2	24,6	29,6	33,83	38,2	39,6	40,22	40,22	40,22	40,22	34,56	63
<b>Moyenne</b>																<b>39,4</b>	<b>63</b>
<b>1998</b>																	
100%	23	0	0	0	0	4,53	11,10	19,82	27,75	35,10	39,45	41,36	42,40	42,80	42,80	38,27	56,00
	2	0	0	0	0	4,80	10,69	20,09	28,37	33,99	37,98	40,65	42,51	42,78	42,78	37,98	56,00
	26	0	0	0	0	5,30	13,23	19,75	26,69	32,57	37,34	40,76	43,39	43,78	43,78	38,48	56,00
	22	0	0	0	0	5,61	15,58	21,88	28,05	32,49	36,36	38,87	41,13	41,31	41,31	35,70	56,00
	3	0	0	0	0	5,46	14,25	20,95	26,78	30,82	35,07	38,14	40,27	40,74	40,74	35,28	56,00
<b>Moyenne</b>																<b>37,14</b>	<b>56,00</b>
60%	23	0	0	4,76	6,14	11,64	23,37	24,13	31,46	34,47	38,41	39,70	41,60	41,6	41,6	36,84	54,00
	2	0	0	4,10	5,47	11,15	23,26	23,79	30,77	31,23	35,05	38,02	38,90	38,9	38,9	34,80	54,00
	26	0	0	3,80	5,13	10,33	21,29	21,21	30,01	31,51	36,57	38,30	39,50	39,5	39,5	35,70	54,00
	22	0	0	3,90	4,71	9,19	19,57	20,66	27,61	31,50	35,78	36,47	37,90	37,9	37,9	34,00	54,00
	3	0	0	4,20	4,93	8,99	18,71	20,24	26,50	26,58	32,09	34,20	37,24	37,24	37,24	33,04	54,00
<b>Moyenne</b>																<b>34,88</b>	<b>54,00</b>
30%	23	0	0	4,52	5,82	11,43	19,13	23,61	25,91	28,37	32,81	37,48	39,06	39,06	39,06	34,54	54,00
	2	0	0	4,60	5,77	11,29	18,51	22,69	26,00	29,40	33,27	36,88	38,24	38,24	38,24	33,64	54,00
	26	0	0	4,20	5,21	9,42	16,28	21,95	25,64	28,81	31,11	35,14	36,78	36,78	36,78	32,58	54,00
	22	0	0	3,87	4,46	8,61	15,93	21,37	26,17	30,46	32,84	36,45	35,10	35,10	35,10	31,23	54,00
	3	0	0	3,80	4,45	8,57	15,34	21,13	26,26	29,89	32,29	35,71	34,06	34,06	34,06	30,26	54,00
<b>Moyenne</b>																<b>32,45</b>	<b>54,00</b>

**Annexe n° 3- 13 :** Nombre d'anticipés par plant des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

Traitements	Provenances				
	23	02	26	22	03
100%	08.50	08.25	05.50	06.25	07.67
60%	07.33	07.00	05.00	04.25	05.00
30%	05.75	05.25	04.25	02.50	04.75

**Annexe n° 3-14 :** Poids de la matière sèche totale, de l'ancien bois et du nouveau bois (en gr) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

Type de bois	Traitements	Provenances				
		23	02	26	22	03
Biomasse totale	100%	114.99	113.41	102.28	100.18	121.81
	60%	86.66	71.61	78.70	73.41	72.91
	30%	76.00	64.90	53.15	50.70	49.00
Biomasse ancienne	100%	48.13	44.86	41.12	38.72	51.54
	60%	40.65	37.82	36.68	30.70	32.85
	30%	34.56	32.40	27.56	24.61	28.44
Biomasse nouvelle	100%	66.86	68.55	61.16	61.46	70.26
	60%	46.00	33.79	42.01	41.71	40.06
	30%	41.44	32.50	25.59	26.09	21.46

**Annexe n° 3-15:** Surface foliaire (en cm<sup>2</sup>) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Année	Traitements	Provenances				
		23	02	26	22	03
1997	100%	32.60	33.60	32.40	31.80	30.20
	60%	26.80	27.80	25.40	23.60	22.45
	30%	23.10	23.40	22.60	18.85	19.20
1998	100%	38.24	38.04	38.42	37.83	36.51
	60%	29.36	31.18	29.04	25.03	23.84
	30%	25.31	24.70	22.97	20.18	20.29

**Annexe n° 3-16** : Turgescence relative des feuilles (en %) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

Traitements	Provenances				
	23	02	26	22	03
100%	80.72	78.36	81.94	80.91	85.56
60%	79.61	78.34	73.35	79.00	79.20
30%	70.32	71.85	68.73	69.18	71.29

**Annexe n° 3-17** : Teneur en matière sèche des feuilles (en %) des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Année	Traitements	Provenances				
		23	02	26	22	03
1997	100%	30.69	33.42	33.36	29.80	29.95
	60%	30.97	33.60	33.50	30.10	30.40
	30%	31.20	33.80	33.90	30.60	30.90
1998	100%	33.29	36.37	35.99	30.08	31.04
	60%	33.68	37.53	36.04	31.19	31.09
	30%	42.36	46.68	36.68	32.68	32.59

**2-7- CARACTERISATION DES 3 REGIMES HYDRIQUES ET DES PROVENANCES DE PORTE-GREFFES PAR L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES**

**2-7-1- Caractéristiques des plants des différents régimes hydriques**

**- Caractérisation des axes I et II**

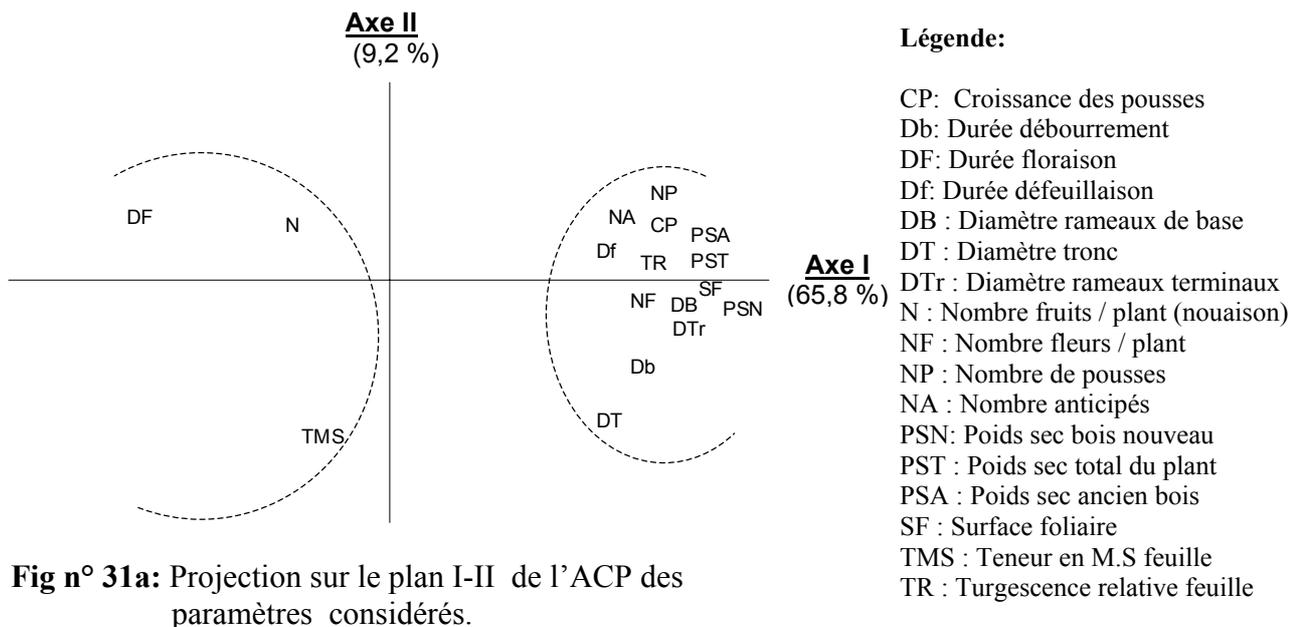
La Fig n° 31a représente la projection des 2 principaux axes I-II qui expliquent 75 % de la variation totale

*L'axe I (65,8 %) représente :*

- A droite, les paramètres phénologiques (Durée de débourrement et de défeuillaison), de vigueur (diamètre, longueur, nombre et biomasse sèche des différents types de pousses) et du feuillage (surface foliaire et turgescence relative des feuilles),
- A gauche, la durée de floraison et la charge en fruits (nouaison).

*L'axe II (9,2 %) représente en bas, la teneur en matière sèche des feuilles.*

La nouaison est mal représentée sur le plan I-II.



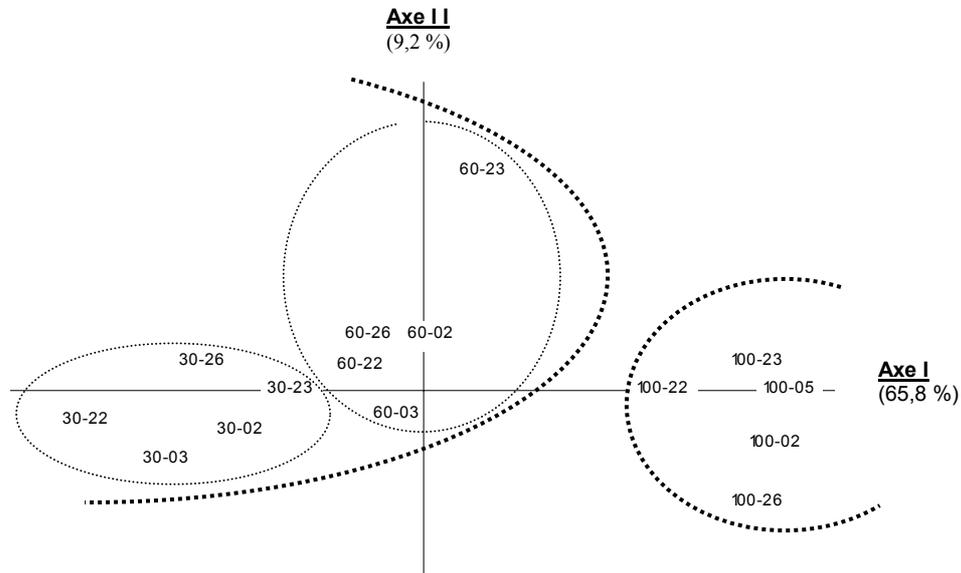
**Fig n° 31a:** Projection sur le plan I-II de l'ACP des paramètres considérés.

**- caractéristiques des régimes hydriques**

La projection sur le plan I-II (Fig n° 31b) des cinq provenances de porte-greffes conduites sous chacun des 3 régimes hydriques indique que les modalités stressantes se détachent largement de celle humide. A l'inverse du régime non limitant les plants de ceux restrictifs sont moins vigoureux, à feuilles réduites, moins turgescents, relativement plus riches en matière sèche et leur chute est moins échelonnée. Leur débourrement est retardé, mais accéléré. Par ailleurs, les régimes déficitaires induisent une floraison moins abondante et étalée sur une plus grande période. Ils augmentent relativement la production de fruits/ plant.

Le stress hydrique exerce une action d'autant plus déprimante qu'il est prononcé. Il affecte plus ou moins les différents organes et perturbe sensiblement la durée des différents stades phénologiques.

Il est à remarquer que les plants de la modalité modérée (60 % ETP) ont des caractéristiques intermédiaires, mais plus proches de celles du stress sévère (30 %).



**Fig n° 31b:** Projection des provenances de p.g. des différents régimes hydriques sur le plan I-II de l'ACP

## 2-7-2 : Principales caractéristiques des provenances de porte-greffes

### 2-7-2-1 : Sous le régime humide (100 ETP)

#### - Caractérisation des axes I et II

Les deux axes I et II projetés sur la Fig n° 32a expliquent 65,3 % de la variation totale.

*L'axe I (35,7%) représente :*

- A droite, la durée de la floraison, nombre d'anticipés, la biomasse des différents rameaux et la turgescence relative des feuilles.
- A gauche, la durée du débourrement, le diamètre des différentes tiges, la surface foliaire et le taux de matière sèche des feuilles.

*L'axe II (29,6 %) représente :*

- En haut, la production en fleurs et en fruits.
- En bas, la durée de défeuillaison.

La croissance et le nombre des pousses sont mal représentés sur le plan I-II

#### - Principales caractéristiques des provenances de porte-greffes.

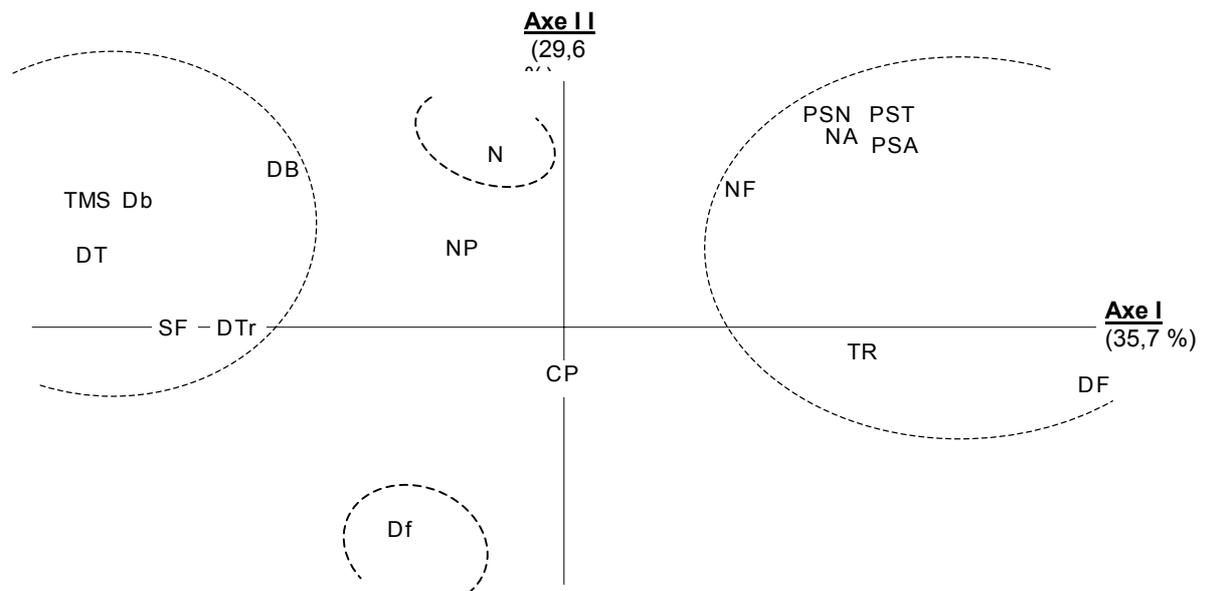
En absence d'un déficit hydrique, le matériel végétal étudié se répartie en 4 lots (Fig n° 32b) présentant les caractéristiques principales suivantes :

- Les provenances (03) et (23) produisent :
  - Des tiges plus fines
  - Un nombre élevé d'anticipés
  - Une importante biomasse bois
  - Des feuilles réduites, pauvres en matière sèche et plus turgescentes
  - Une floraison plus échelonnée
  - Une courte période de débourrement

- La provenance (26), se distingue par ses paramètres phénologiques et de croissance très opposés à ceux des provenances (03) et (23).

- La provenance (22) : Ses principales particularités résident dans sa défeuillaison moins groupée et sa production de fleurs et de fruits par plant, plus limitée que le reste.

- La provenance (02) : s'identifie par les valeurs de ses paramètres opposés à ceux de la provenance (22). Sa défeuillaison est massive. Sa floraison et sa fructification sont plus abondantes.



**Fig n° 32a:** Projection sur le plan I-II de l'ACP des paramètres considérés (100% de l'ETP)

**Légende:**

CP: Croissance des pousses	DT : Diamètre tronc	PSN: Poids sec bois nouveau
DB: Durée débourrement	DTr : Diamètre rameaux terminaux	PST : Poids sec total du plant
DF: Durée floraison	N : Nombre fruits / plant (nouaison)	PSA : Poids sec ancien bois
Df: Durée défeuillaison	NF : Nombre fleurs / plant	SF : Surface foliaire
DB : Diamètre rameaux de base	NP : Nombre de pousses	TMS : Teneur en M.S feuille
	NA : Nombre d'anticipés	TR : Turgescence relative feuille

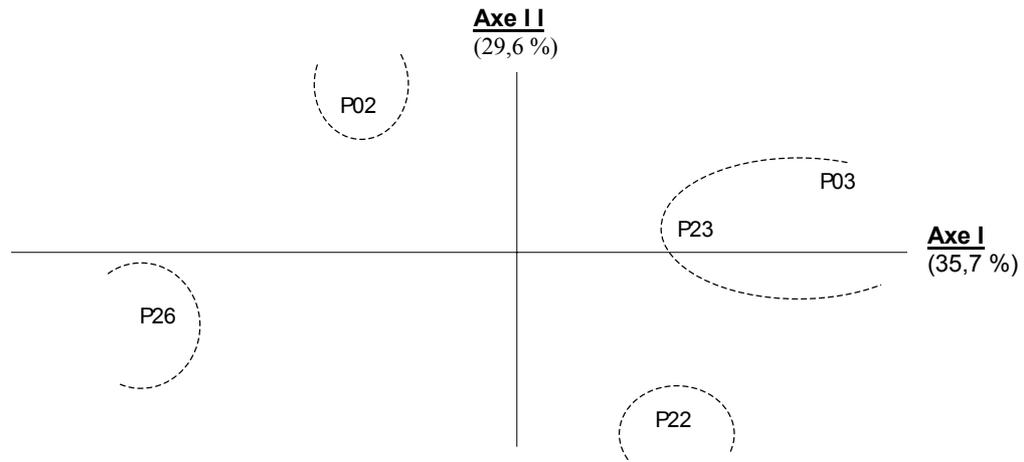


Fig n° 32b: Projection des provenances de p.g. sous le régime humide sur le plan I-II de l'ACP

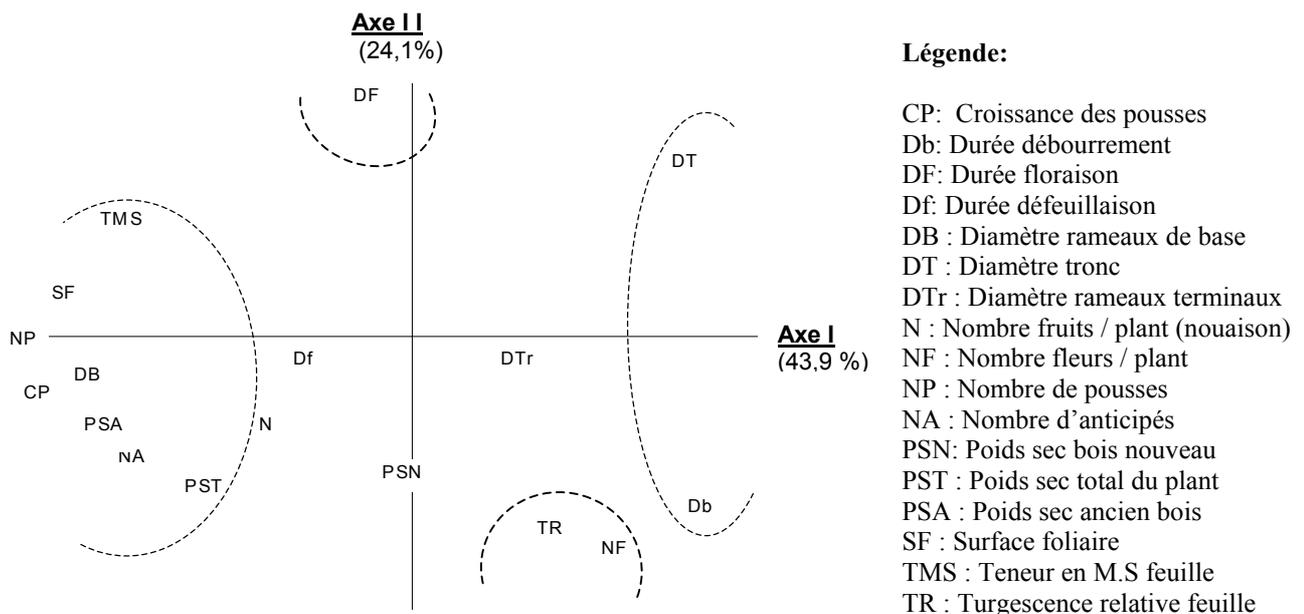
2-7-2-2 : Sous le régime moyen (60 % ETP)

- Caractérisation des axes I et II

L'axe I (43,9 %) indique les paramètres phénologiques (durée du débourrement) et ceux de croissance (longueur des pousses et leur nombre, le diamètre du tronc et des rameaux de base, nombre d'anticipés, poids sec des différents rameaux, surface du limbe et sa teneur en matière sèche).

L'axe II (24,1 %) traduit la durée de floraison, le nombre de fleurs et la turgescence relative (Fig n° 33a)

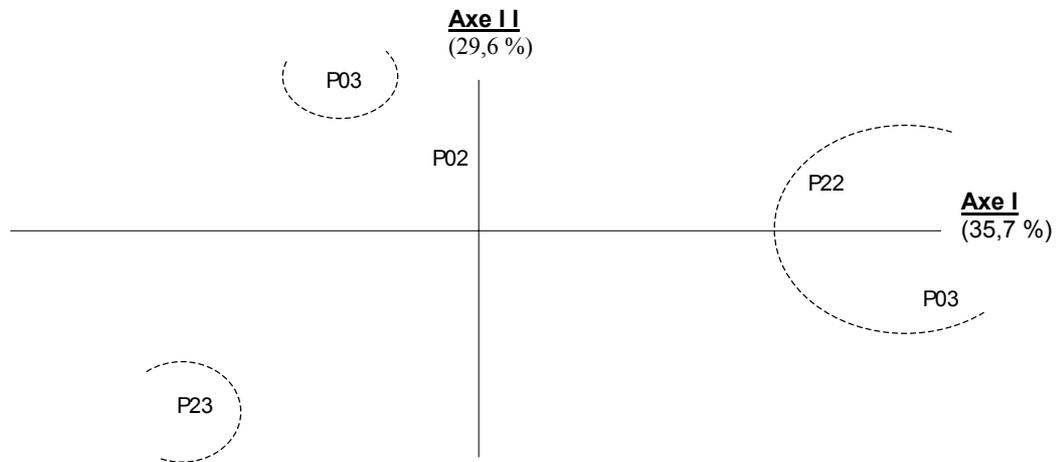
La durée de défeuillaison, la production de fruits, le diamètre des rameaux terminaux le poids sec des nouveaux rameaux sont mal représentés sur le plant I-II.



Légende:

- CP: Croissance des pousses
- Db: Durée débourrement
- DF: Durée floraison
- Df: Durée défeuillaison
- DB : Diamètre rameaux de base
- DT : Diamètre tronc
- DTr : Diamètre rameaux terminaux
- N : Nombre fruits / plant (nouaison)
- NF : Nombre fleurs / plant
- NP : Nombre de pousses
- NA : Nombre d'anticipés
- PSN: Poids sec bois nouveau
- PST : Poids sec total du plant
- PSA : Poids sec ancien bois
- SF : Surface foliaire
- TMS : Teneur en M.S feuille
- TR : Turgescence relative feuille

Fig n° 33a: Projection sur le plan I-II de l'ACP des paramètres considérés.



**Fig n° 33b:** Projection des provenances de porte-greffes sous le régime 60 % ETP sur le plan I-II de l'ACP

**- Principales caractéristiques des provenances de porte-greffes .**

Sous régime hydrique réduit à 40 %, le matériel végétal étudié se répartie en 3 catégories (Fig n° 33b) présentant les caractéristiques principales suivantes:

- Les provenances (03) et (22) se distinguent du reste par :
  - Un tronc plus épais notamment celui de la (03)
  - Un débourrement plus échelonné, surtout chez la (03)
  - Une faible vigueur (faible croissance, peu ramifiées, feuilles petites et pauvres en MS)
  - Des feuilles réduites, pauvres en matière sèche et plus turgescents
  - Une production de fleurs élevée.
- La provenance (23), présente des caractéristiques très opposées à celles du de la (22) et (03) (plus vigoureuses, donc plus tolérante).
- La provenance (26) : Sa principale particularité sous le régime moyen est sa période de floraison beaucoup plus étendue.
- La provenance (02) étant peu représentée par le plant I –II.

**2-7-2-3 : Sous le régime sec (30 % ETP)**

**- Caractérisation des axes I et II**

*L'axe I (48,5 %)* rapporte surtout les paramètres de vigueur (Poids sec, longueur, diamètre et nombre des différents bois, surface foliaire) et la richesse des feuilles en matière sèche (Fig n° 34a).

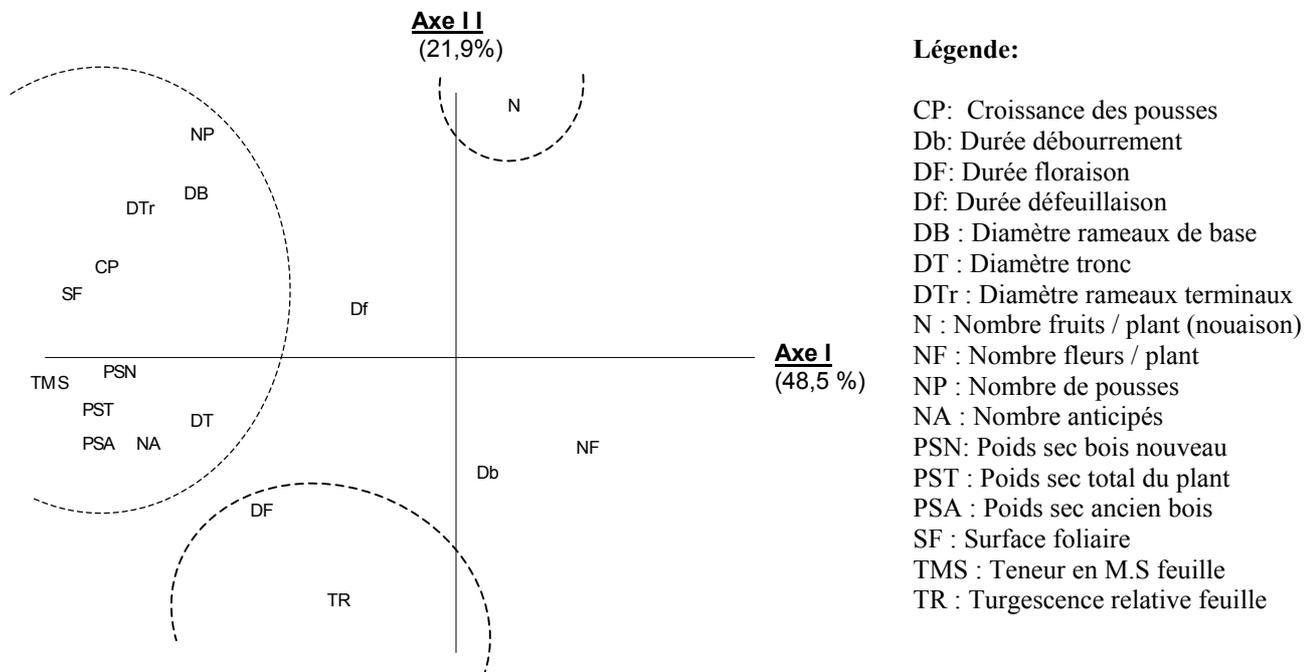
*L'axe II (21,9 %)* représente principalement la durée de floraison, la nouaison et la turgescence relative des feuilles (Fig n° 34a)

La durée de défeuillaison et de débourrement ainsi que le nombre de fleurs par plant sont peu représentés sur le plan I-II.

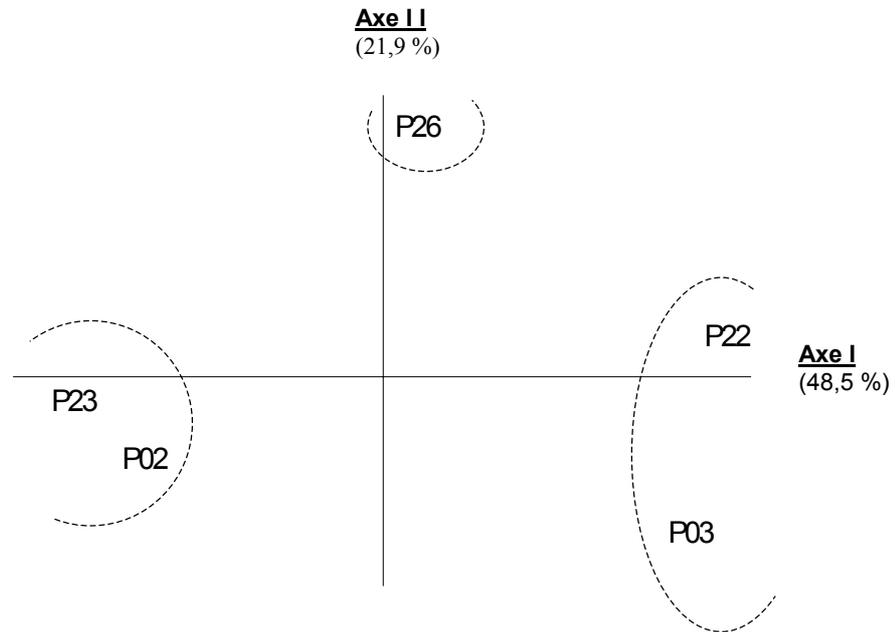
**- Principales caractéristiques des provenances de porte-greffes**

Il est à remarquer que ce déficit sévère induisant une plus forte discrimination entre les cinq provenances basée essentiellement sur les paramètres de croissance (fig34b). Elles se répartissent en trois catégories plus distantes que celles engendrées par les modalités humide et moyenne. Leurs principales caractéristiques sont :

- Le premier groupe composé de la provenance (03) et (22) produits des plants remarquables par leur faible vigueur. Plus précisément, la croissance en longueur, le diamètre, le nombre de pousses et le poids des différents bois produits sont réduits. Les feuilles sont petites et renferment peu de matière sèche. Ce groupe est nettement sensible à un déficit hydrique prononcé.
- Le second groupe représenté par les provenances (02) et (23), s'identifie par des caractéristiques complètement opposées à celles du groupe 1. Les provenances de ce groupe produisent des plants vigoureux, ayant des paramètres de croissance moins affectés. Ce groupe de provenances est plus tolérant à une forte sécheresse.
- Le troisième représenté par la provenance (26), se remarque par une production élevée de fruits par plant, une floraison groupée et une turgescence relative limitée.



**Fig n° 34a:** Projection sur le plan I-II de l'ACP des paramètres considérés.



**Fig n° 34b** : Projection des provenances de porte-greffe sous le régime 30 % ETP sur le plan I-II de l'ACP

### 2-7-3 : Conclusion

Les régimes stressants engendrent une perturbation de la plupart des paramètres phénologiques et de croissance. Leurs plants sont en particulier moins vigoureux avec un feuillage réduit et accumulant plus de matière sèche.

Les effets du stress sont d'autant plus dépressifs que son intensité est forte.

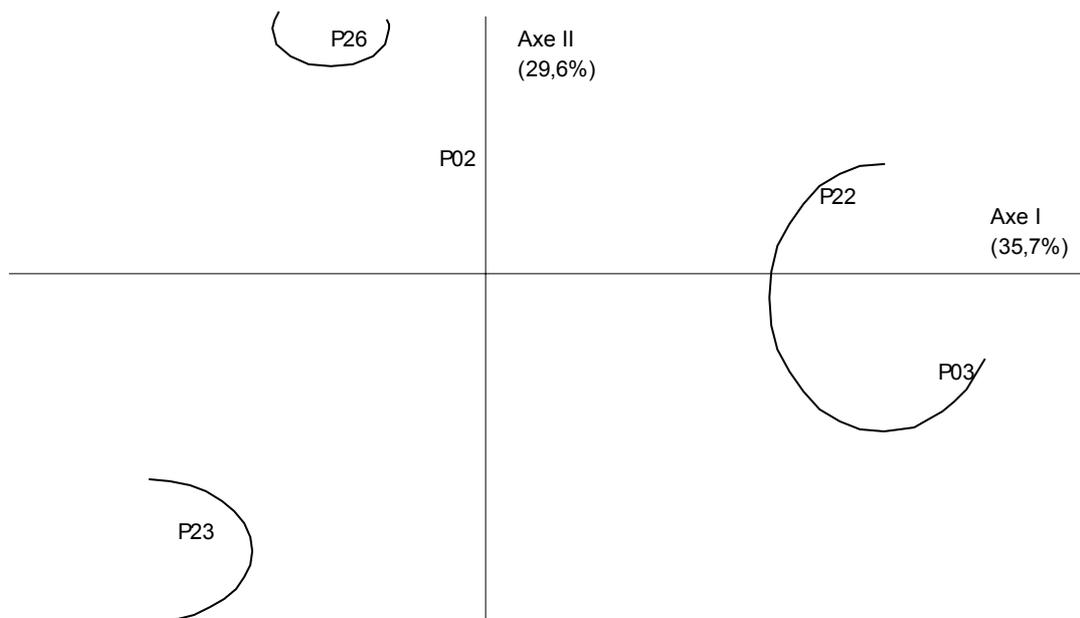
Une hétérogénéité entre les plants des différentes provenances est remarquable sous les trois modalités d'irrigation. Les cinq provenances testées se répartissent en 3 (régimes stressant) à 4 groupes (régime humide) identifiables par certains paramètres phénologiques et de croissance. Cependant, la composition en provenances des différents groupes diffère avec le régime hydrique considéré.

Par ailleurs, la spécificité des groupes s'affirme de plus en plus avec l'accentuation de la sécheresse. Le régime sec est plus discriminant que ceux humide et moyen. En condition très sèche, les paramètres de croissance sont pratiquement les seuls à caractériser les groupes établis.

Globalement, les provenances (22) et surtout (03) produisant des plants relativement plus vigoureux en régime non restrictif, mais perdent cet avantage lorsque leurs besoins en eau sont moins couverts (plants à ramifications peu nombreuses, de faible longueur et diamètre).

Dans les mêmes conditions restrictives, la (02) et la (23) sont au contraire plus productives, donc plus tolérantes. La vigueur et la croissance de la (23) étant plus stable sous les trois régimes.

La provenance (26) vigoureuse sous le régime non limitant, produit plus de fruits par plant, notamment en condition plus sèche.



## II : RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 2-1 : PARAMETRES DES STADES PHENOLOGIQUES ET DE PRODUCTION:

#### 2-1-1 Variation de la durée de défeuillaison :

Le début de défeuillaison se produit à des dates variables selon les traitements et les provenances testées. Les provenances diffèrent par quelques jours d'intervalle seulement (1 à 2 jours pour la plupart) ; alors que les régimes hydriques divergent plus nettement (Tableau n° 05).

En effet, sous le régime humide, toutes les provenances testées présentent une défeuillaison précoce, vers fin octobre. Pour les régimes intermédiaire et sec, les feuilles tombent plus tardivement (Fig n° 07A, 07B, 07C). Pour la plupart des provenances la chute des feuilles débute le 05/11 (tableau n° 05).

Le stress hydrique retarde donc le commencement de la chute des feuilles indépendamment des provenances de porte-greffes.

Tableau n° 05 : Dates de début et de fin de chute des feuilles en fonction des régimes hydriques et des provenances (Année : 1997)

Régime hydrique	Provenances	Date de défeuillaison			
		Début	Fin	Durée (j)	Durée moy.( j)
100 % de l'ETP	23	27/10	08/11	12,25	13.50
	02	28/10	09/11	12,25	
	26	28/10	12/11	15,00	
	22	29/10	13/11	14,75	
	03	29/10	11/11	13,25	
60 % de l'ETP	23	05/11	17/11	12,25	10.45
	02	05/11	17/11	12,25	
	26	03/11	11/11	<b>08,00</b>	
	22	29/10	12/11	13,75	
	03	05/11	11/11	<b>06,00</b>	
30 % de l'ETP	23	05/11	08/11	03,25	06.55
	02	05/11	17/11	12,25	
	26	06/11	13/11	<b>07,00</b>	
	22	06/11	13/11	07,00	
	03	05/11	08/11	<b>03,25</b>	

La durée de défeuillaison est également influencée par le régime hydrique et les provenances testées. Les différences sont très hautement significatives aussi bien entre les différents stress appliqués qu'entre les provenances de porte-greffes (Tableau n° 06 et Fig n°08 ).

Sous régime humide, les plants, toutes provenances confondues, mettent en moyenne 13,50 jours pour perdre leurs feuilles ; alors qu'en présence d'un régime hydrique moyen et sec, ils nécessitent 10,45 et 6,55 jours en moyenne respectivement pour entrer totalement en dormance. En comparaison au témoin (régime humide), nous observons alors que les restrictions hydriques induisent une perturbation de la défeuillaison dont la durée se raccourcit de 22,59 % environ sous le traitement intermédiaire et de 51,49 % pour le régime sec (Tableau n° 07 ).

Tableau n° 06 : Analyse de variance de la durée de défeuillaison, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1997)

Sources de variation	F calculé (signification)	Type stress, n° prov.	Durée Moyenne (j)	Groupe statistique
Régime hydrique	66.82 ***	100 %	13,50	A
		60 %	10,45	
		30 %	06,55	C
Provenance	12.48***	02	12,25	A
		22	11,83	B
		26	10,00	
		23	09,25	C
		03	07,50	

\*\*\* : Significatif à 1 pour 1000

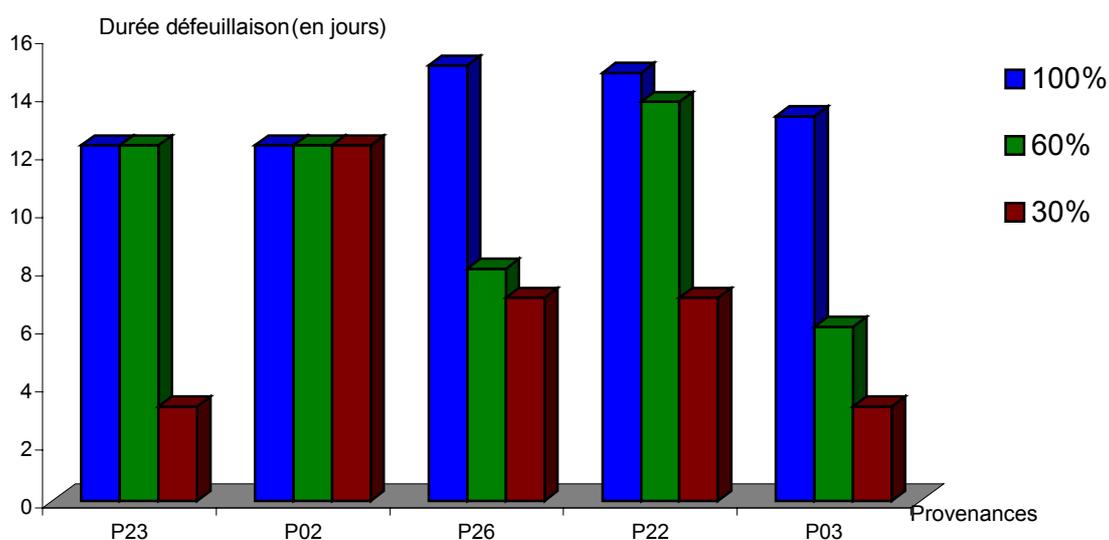


Fig n° 08 : Durée de la défeuillaison des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1997)

Tableau n° 07 : Réduction moyenne par rapport au témoin de la durée de défeuillaison des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1997)

Régime hydrique (% ETP)	Réduction durée défeuillaison / provenance (% du témoin)					
	23	02	26	22	03	Moyenne.
Moyen (60 % l'ETP)	00,00	00,00	46,67	06,78	54,72	22,59
Sec (30 % l'ETP)	73,47	00,00	53,34	52,54	75,47	51,49
Moyenne	36,73	00,00	<b>50,00</b>	29,66	<b>65,09</b>	37,04
Classe de sensibilité Au stress hydrique	Sensibilité moyenne.	Très résistante	Très sensible	Sensibilité moyenne.	Très sensible	-

Le raccourcissement de la durée de défeuillaison sous contraintes hydriques, est considéré par plusieurs auteurs (**Tiercelin, 1998 ; Leclerc, 1999**) comme étant une accélération de la sénescence foliaire. C'est un moyen adopté par la plupart des plantes cultivées placées sous restriction hydrique, pour limiter les pertes en eau par transpiration, en réduisant les surfaces évaporantes.

Les provenances n'ont pas réagi de la même intensité au déficit hydrique. En effet, la provenance (02) est peu sensible au déficit hydrique. Sa durée de défeuillaison reste invariable sous les trois régimes (Tableau n°06 et 07). Les provenances 22 et 23 ont montré un raccourcissement de leur durée de défeuillaison proche de la moyenne, de l'ordre de 29,7 à 36,7 % par rapport au régime humide.

Les provenances 26 et 03 perdent leurs feuilles en 3 à 8 jours seulement (tableau n° 06), montrant ainsi des taux de réductions plus élevés, de l'ordre de 50 à 65 % en moyenne sous les 2 intensités du stress (Tableau n° 07).

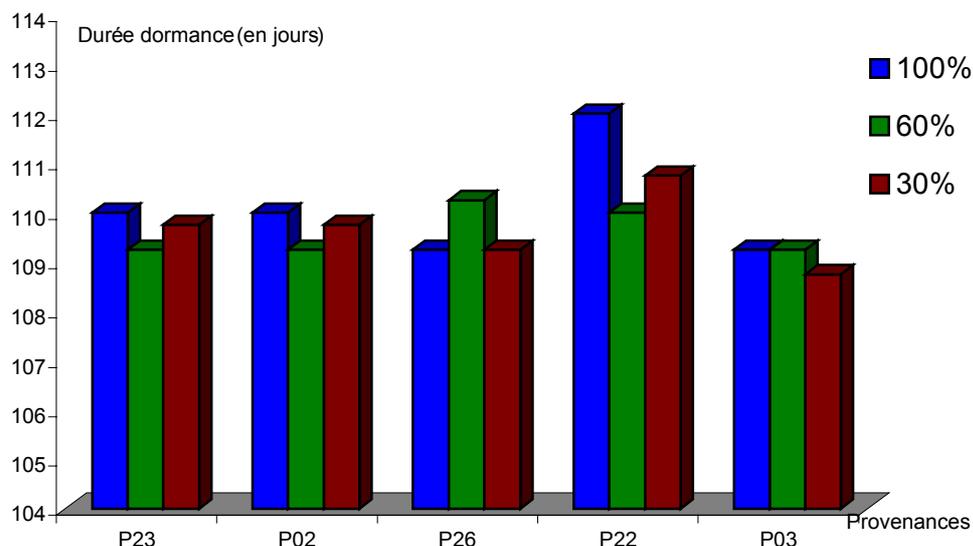
Dans cette analyse, il n'a pas été tenu compte de la défeuillaison de l'année 1998, car les plants du régime humide ont subi de grandes perturbations à la fin de la saison ayant conduit à un jaunissement et une défoliation très précoce des plants. Cela est dû probablement à un fort engorgement en eau des pots. Les plants ont été sacrifiés avant le repos végétatif en vue de la détermination de la matière sèche totale.

### **2-1-2 : Variation de la durée de la dormance :**

Aucune différence significative n'a été mise en évidence (Tableau n°08 et 09, Fig n° 09 ). Ce paramètre ne semble pas être perturbé par le stress hydrique. Il paraît plutôt plus lié aux conditions thermiques. On sait en effet, que le débourrement d'une espèce donnée nécessite pour son avènement la satisfaction de ses besoins en froid qui représentent une constante pour l'espèce considérée (**Gautier, 1971a et 2001**).

Dans nos résultats, nous observons que sous le régime humide, les plants entrent tôt en dormance et présentent un débournement plus précoce (§1.1.3). Par contre, sous contrainte hydrique, ils entrent tardivement en dormance et débourent plus tardivement ; ce qui signifie que la réactivation, sous les trois traitements hydriques ne se fait que lorsque les plants ont satisfait totalement leurs besoins en froid, c'est ce qui explique probablement la constance de la durée de la dormance sous les trois niveaux d'apport d'eau.

Fig n° 09 : Durée de la dormance des plants des différentes



provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1997)

Tableau n°08 : Analyse de variance de la durée de dormance, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1997)

Source de Variation	F calculé et signification	Type stress, Provenance n°	Durée moyenne Dormance (jours)	Groupe statistique
Régime hydrique	2.15 <sup>NS</sup>	100%	110,10	Même groupe
		60%	109,60	
		30%	109,65	
Provenance	1.71 <sup>NS</sup>	23	109,67	Même groupe
		02	109,42	
		26	109,58	
		22	110,91	
		03	109,08	

NS : Non significatif au seuil 5 pour 100

Tableau n° 09 : Réduction moyenne par rapport au témoin de la durée de dormance des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1997)

Régime hydrique (en % de l'ETP)	Réduction / provenance n° (% du témoin)					
	23	02	26	22	03	Moyenne
Moyen (60% ETP)	00.68	00.68	00.90	01.79	00.00	00.46
Sec (30% ETP)	00.23	00.23	00.00	01.12	00.46	00.41
Moyenne	00.45	00.45	00.45	01.45	00.23	00.43

**2-1-3 : Variation de la durée de débourrement :**

En 1997, le débourrement s’est produit sensiblement à la même date pour toutes les provenances. Il débute pour la plupart le 28/02 pour terminer le 06/3. Il se produit également à la même date sous les trois régimes hydriques, puisque les plants n’ont encore souffert d’aucune restriction hydrique (Tableau n° 10).

La durée du débourrement n’a également connu aucune différence significative pendant cette saison (Tableau n°11, Fig n°10 ). Cependant, il y a lieu de préciser qu’elle s’est trouvée fortement perturbée. Les bourgeons n’ont pas évolué vers une floraison normale à cause de l’âge très jeune des plants et de la destruction des bourgeons par les gelées survenues pendant cette période ; la température avait descendu jusqu’à – 4°c le 10/03/1997 (Annexe n°1-2).

Tableau n°10 : Date et durée de débourrement des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998).

Régime hydrique ( % de ETP)	Provenances	Année expérimentale				Durée (j)	
		1997		1998		1997	1998
		Début	Fin	Début	Fin		
100 %	23	28/02	05/03	23/02	03/03	05,25	08,25
	02	01/03	06/03	22/02	04/03	05,75	10,75
	26	28/02	05/03	21/02	04/03	04,75	11,00
	22	28/02	06/03	24/02	03/03	05,35	07,00
	03	28/02	05/03	23/02	03/03	05,25	08,50
60 %	23	28/02	05/03	26/02	04/03	05,45	06,75
	02	27/02	06/03	26/02	03/03	06,00	05,50
	26	28/02	06/03	26/02	03/03	05,20	05,25
	22	01/03	06/03	25/02	04/03	04,78	06,75
	03	01/03	07/03	26/02	05/03	06,10	07,25
30 %	23	28/02	05/03	24/02	02/03	04,75	06,25
	02	28/02	06/03	25/02	01/03	05,75	04,50
	26	01/03	06/03	25/02	02/03	05,20	05,00
	22	28/02	06/03	25/02	01/03	05,81	04,25
	03	28/02	05/03	24/02	03/03	05,10	07,00

En 1998, les différences entre traitements hydriques se sont nettement manifestées. En effet, les plants d’abricotiers et, selon les traitements appliqués, peuvent être classés en deux groupes en fonction de leurs dates de débourrement (Tableau n° 10 ) :

- Débourrement précoce : concerne les plants sous le régime humide .
- Débourrement un peu plus tardif : caractérise les provenances des régimes intermédiaire et sec.

Le début du débourrement s’est produit avec un intervalle de 2 à 3 jours entre les différents régimes. Notons que la défeuillaison précoce des plants du lot humide a conduit à un débourrement précoce et la défeuillaison tardive des lots intermédiaire et sec a conduit à un débourrement plus tardif.

La durée du débourrement a connu une différence entre les régimes appliqués. L’analyse de variance révèle des différences très hautement significatives pour le facteur eau, non significatives pour le facteur provenances (tableau n° 11, Fig n° 10 ).

La comparaison des moyennes permet de constater que sous régime humide le débourrement dure en moyenne 9,10 (groupe A), alors que lorsque les arrosages sont réduits de 40 et 70 %, la durée baisse pour atteindre respectivement 06,30 et 05,40 jours en

moyenne (groupe B, tableau n° 11). Ces baisses correspondent dans l'ordre à 30,77 % et 40,66 % par rapport au régime témoin (Tableau n° 12).

Il semble donc qu'un stress hydrique plus ou moins intense retarde le débourrement et raccourcit sa durée.

Tableau N°11 : Analyse de variance de la durée de débourrement, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Années : 1997-1998)

Source de variation	F calculé et signification		Type stress, provenance n°	Durée moyenne débourrement (jour)		Groupe statistique	
	1997	1998		1997	1998	1997	1998
Régime hydrique	1,21 <sup>NS</sup>	27,26 <sup>***</sup>	100 %	05,27	09,10	Même groupe	A
			60 %	05,55	06,30		B
			30 %	05,32	05,40		C
Provenance	1,18 <sup>NS</sup>	01,47 <sup>NS</sup>	23	05,15	07,08	Même groupe	Même groupe
			02	05,83	06,91		
			26	05,05	07,08		
			22	05,30	06,00		
			03	05,48	07,58		

NS : Non significatif à 5 %, \*\*\* : Significatif à 1 pour 1000

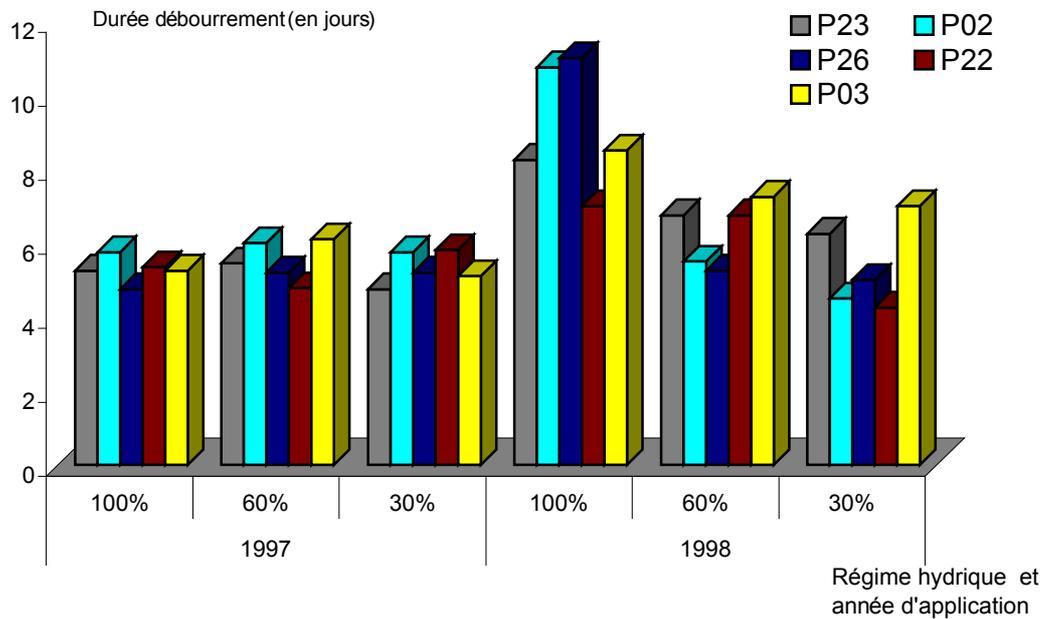


Fig n° 10 : Durée de débourrement des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Années : 1997-1998)

Tableau n° 12 : Réduction moyenne par rapport au témoin de la durée de débourrement des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année :1998).

Régime hydrique ( % de l'ETP)	Réduction / provenances n° (% du témoin)					
	23	02	26	22	03	moyenne
Moyen (60 % ETP)	18,18	48,84	52,28	03,57	14,71	30,77
Sec (30 % ETP)	24,24	58,14	54,55	39,29	17,65	40,66
Moyenne	<b>21,21</b>	<b>53,49</b>	<b>53,41</b>	<b>21,43</b>	<b>16,18</b>	<b>35,71</b>
Classe de résistance au stress	Résistante	Sensible		Résistante	Très résistante	-

Bien que l'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les moyennes générales pour le facteur provenances (Tableau n° 11), la comparaison des taux de réductions met en évidence des variations entre les porte- greffes testés (tableau n° 12). Les provenances (02) et (26) ont subi d'importants raccourcissements de leur durée de débourrement, équivalents dans l'ordre à 48,84 % et 52,28 % sous le régime moyen et à 58,14 % et 54,55 % sous le régime sec. Les provenances (22), (23) et (03) ont réduit faiblement leur durée de débourrement.

**2-1-4 : Variation de la durée de floraison :**

Il apparaît que la floraison se manifeste à des dates différentes selon les régimes d'irrigation appliqués et l'origine des porte-greffes utilisés. Sous le régime sec, la floraison est un peu plus précoce. Elle se produit le plus souvent entre le 01/03 et le 03/03 (tableau n° 13 Fig n°11C ). Sous le régime humide et intermédiaire, la floraison paraît quelque peu tardive (Fig n° 11A et 11B) . Elle débute pour la plupart des provenances le 03 ou le 04 /03. Remarquons que la provenance (03) est la plus tardive à fleurir (débute le 05 / 03 en régime hydrique moyen).

Tableau n° 13 : Date et durée de floraison des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998).

Régime hydrique (% de ETP)	Provenances n°	Dates de floraison		Durée (j)
		Début	Fin	
100 % (humide)	23	03/03	16/03	12,75
	02	04/03	15/03	11,50
	26	04/03	15/03	11,25
	22	03/03	16/03	13,50
	03	03/03	16/03	13,50
60 % (moyen)	23	04/03	18/03	14,00
	02	03/03	18/03	15,50
	26	03/03	21/03	18,00
	22	04/03	20/03	16,75
	03	05/03	18/03	13,50
30 % (sec)	23	02/03	19/03	17,00
	02	01/03	19/03	17,00
	26	02/03	17/03	15,00
	22	01/03	18/03	16,50
	03	03/03	18/03	15,75

La durée de la période de floraison varie également avec le régime hydrique et les provenances considérés. L'analyse de variance révèle des différences très hautement significatives pour les facteurs eau et provenances. (Tableau n°14 et Fig n°12).

La comparaison des moyennes permet de constater que, sous le régime sec les jeunes plants d'abricotier étalent leur floraison sur une durée de 16,25 jours en moyenne (groupe A, tableau n° 14). Avec un arrosage moyen, elle s'échelonne sur 15,55 jours en moyenne (groupe B). Par contre, lorsque la quantité d'eau apportée est non limitée, la durée de la floraison des plants est beaucoup plus courte, de l'ordre de 12,50 jours en moyenne (groupe C).

Tableau n° 14 : Analyse de variance de la durée de la floraison, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1998)

Source de variation	F calculé	Type de stress, n° provenance	Durée floraison moyenne ( j )		Groupe statistique
Régimes hydriques	170,39***	30%	16,25	15,90	A
		60%	15,55		B
		100%	12,50	C	
Provenances	06,29 ***	22	15,58		A
		26	14,75		B
		02	14,67		
		23	14,58		
		03	14,25		

\*\*\* : Significatif à 1 pour 1000

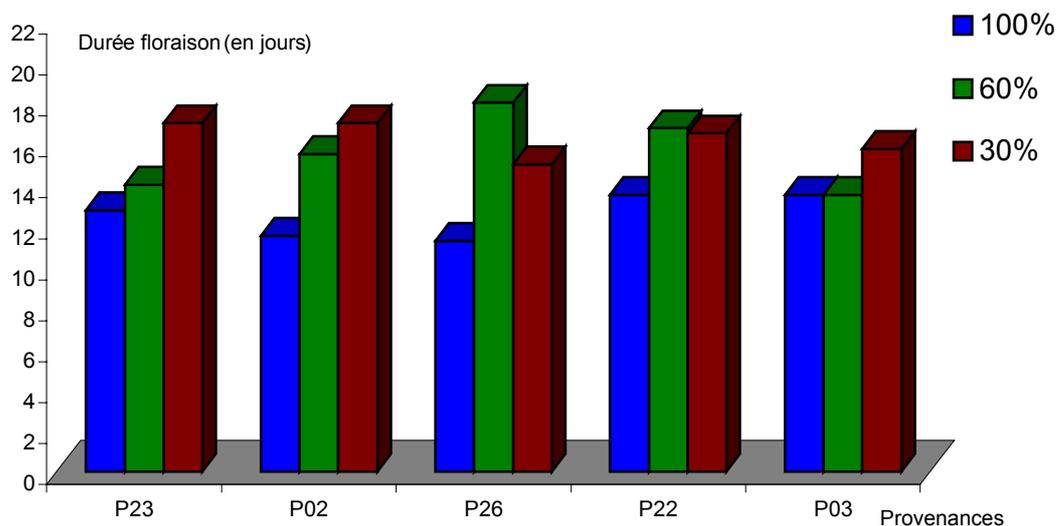


Fig n°12 : Durée de floraison des plants des différentes provenances en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

La détermination de l'accroissement de la durée de floraison en comparaison avec le témoin (Tableau n° 15) montre que la sécheresse induit une augmentation très

significative de la période de floraison, de l'ordre de 24,40 % (régime moyen) à 30,00 % (régime sec)

Tableau n° 15: Accroissement relatif de la durée de floraison des plants des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1998).

Régime hydrique (% de ETP)	Accroissement durée floraison / provenances n° (% du témoin)					
	23	02	26	22	03	moyenne
60 % (moyen)	09,80	34,78	60,00	24,07	00,00	24,40
30 % (sec)	33,33	47,82	33,33	22,22	16,66	30,00
Moyenne	21,57	<b>41,30</b>	<b>46,66</b>	23,15	08,33	27,20
Classe de sensibilité au stress	Résistante	Sensible		Résistante	Très résistante	-

La durée de floraison subit également un accroissement variable en fonction des provenances testées. La comparaison des moyennes et la détermination de l'accroissement relatif le confirme (Tableau n° 14 et 15, Fig n° 12).

Le déficit hydrique induit une perturbation de la date et de la durée de débourrement et de floraison. En effet :

- Sous régime humide, les plants qui ont débourré précocement et ont présenté une longue durée de débourrement, fleurissent dans ce cas les derniers et présentent une courte durée de floraison (Fig n° 13).

- Sous régime intermédiaire et sec, les plants qui ont débourré un peu plus tardivement et qui ont présenté une courte durée de débourrement, fleurissent les premiers et étalent dans ce cas leur floraison sur une longue période ( Fig n° 13 ). On peut supposer donc qu'il y a une compensation d'une phase par l'autre.

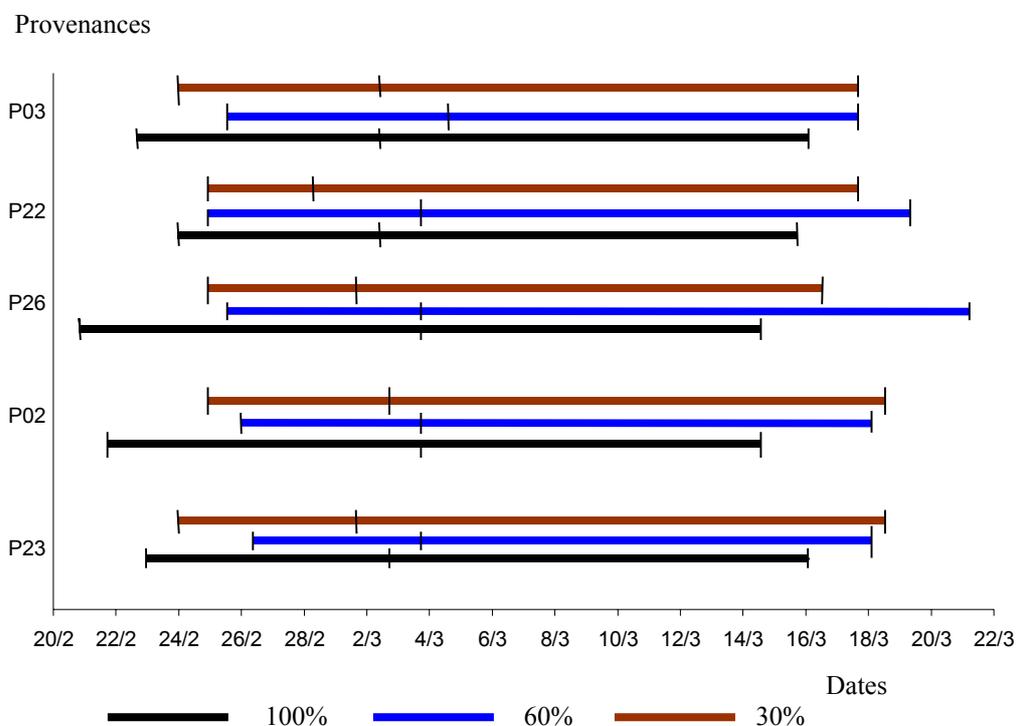


Fig n° 13 : Date et durée de débourrement et de floraison des plants des différentes provenances cultivées sous les trois régimes (Année : 1998)

**2-1-5 : Variation du nombre de fleurs par plant :**

L'analyse de variance met en évidence des différences très hautement significatives pour le facteur eau, ainsi que pour le facteur provenance. (Tableau n° 16 et Fig n° 14).

La comparaison des moyennes indique que, sous régime humide, un arbre produit en moyenne 212,73 fleurs (groupe A, tableau n° 16). Par contre, en conditions sèches le nombre de fleurs / plant n'est que de 126,93 en régime hydrique moyen et 68,47 en sec (groupes B et C) (Fig n° 15 A, 15B, 15C).

La prise en compte des taux de réduction révèle une influence très nette de la restriction hydrique sur le nombre de fleurs produits / plant (tableau n° 17). Cette influence est d'autant plus marquée que la restriction est intense. En effet, les plants diminuent leur production de fleurs de 40,33 % avec un apport moyen d'eau et de 67,82 % lorsque les conditions sont plus sèches (tableau n° 17).

Tableau n° 16 : Analyse de variance du nombre de fleurs par plant, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1998)

Source de variation	F calculé	Type de stress hydrique, n° prov	Moyenne ( fleurs /plant)	Groupe statistique	
Régime hydrique	99.95***	100%	212,73	A	
		60%	126,93	97,70	B
		30%	68,47		C
Provenance	08.75***	03	177,88	A	
		02	137,22	B	
		23	132,00		
		22	126,56		
		26	106,44		

\*\*\* = significatif au seuil de 1 pour 1000

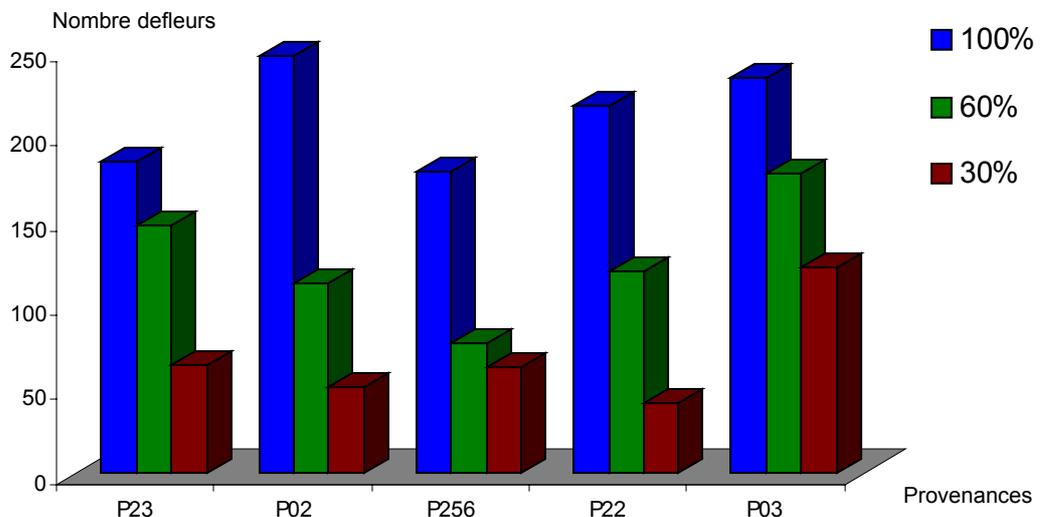


Fig n° 15 : Charge en fleurs des plants des différentes provenances conduits sous les trois régimes

Tableau n° 17 : Réduction moyenne du nombre de fleurs par plant des différentes provenances en fonction de l'intensité du déficit hydrique (Année :1998)

Régime hydrique (% de ETP)	Perte de la production de fleur / provenance n° (% du témoin)					
	23	02	26	22	03	moyenne
60 % (moyen)	20,54	54,31	56,88	44,87	24,33	40,33
30 % (sec)	65,41	79,25	64,87	80,71	47,94	67,82
Moyenne	42,97	<b>66,78</b>	<b>60,87</b>	62,79	36,13	54,08
Classe de sensibilité au stress	Résistante	Sensible			Résistante	-

Il est à noter que ces importantes réductions du nombre de fleurs / plant ont été mises en évidence malgré le nombre élevé de rameaux mixtes enregistrés sous les mêmes conditions (voir § 3-4-1).

Ses résultats peuvent paraître à première vue contradictoires, mais l'examen des conditions dans lesquelles s'est déroulée la floraison explique facilement ces divergences. En effet, nous avons montré que le déficit hydrique prolonge la durée de floraison de 24,4 % à 30,00 % (régime moyen et sec) par rapport au témoin. Cet échelonnement exposerait les plants aux gelées printanières, très fréquentes dans nos conditions de cultures (Annexe n° 1-2) et détruirait par conséquent une proportion élevée de fleurs produites (**Gautier, 1971a, 1978 et 2001**).

Aux gelées printanières pourrait s'ajouter une mauvaise induction florale également perturbée par le déficit hydrique (**Vaysse et al, 1990**).

La diminution du nombre de fleurs sous contrainte hydrique a été étudiée par plusieurs auteurs sur de nombreuses plantes cultivées. **Maillard (1975), Hartman et Panetos, 1961 (in Bentayeb ,1993)** rapportent qu'un déficit hydrique au cours de la période comprise entre l'apparition des premières fleurs et la pleine floraison entraîne la formation d'un très faible nombre de fleurs. Sur petit pois, **Abdella et al, (1978)** ont montré l'influence nette du manque d'eau sur le nombre de fleurs formées par noeud. Les mêmes constatations ont été faites par **Turc et al. (1995) et Oussalem, (1998)** qui ont mis en évidence des avortements de gousses et des limitations du nombre d'étages reproducteurs sur petit pois conduit sous contrainte hydrique sévère. Sur haricot stressé **Mouhouche, (1998) in Oussalem (1998)** relève peu de fleurs à cause de leur avortement.

Les provenances n'ont pas réagi de la même manière aux déficits hydriques. La comparaison des moyennes classe la provenance (03) en première position avec un nombre moyen de fleurs / plant égal à 177,88 (Tableau n° 16), viennent ensuite les provenances (02), (23), (22) et (26) avec respectivement 137,22 ; 132,00 ; 126,56 et 106,44 fleurs par plant.

La comparaison des taux de perte liés au stress hydrique fait ressortir la sensibilité des provenances (02), (26) et (22) dont le nombre de fleurs par plant chute de plus de 60 %, les deux intensités de restriction réunies (Tableau n° 17).

La provenance (03) suivie de la (23), enregistrent des pertes relativement moins importantes, inférieures à la moyenne de l'ensemble des plants sous les deux stress.

### 2-1-6 : Variation du nombre de fruits par plant :

L'analyse de variance révèle un écart significatif pour le facteur eau et très hautement significatif pour le facteur provenance (Tableau n° 18, Fig n°16).

La comparaison des moyennes par le test de NEWMANN et KEULS conduit au classement du régime sec en première position, avec en moyenne 02,60 fruits / plant (groupe A, tableau n°18), le déficit hydrique intermédiaire en seconde place (02,15 fruits / plant) et le traitement humide en dernier, avec seulement 01,50 fruits / plant en moyenne (groupe C).

Chez les jeunes plants d'abricotier, le déficit hydrique stimule significativement la production du nombre de fruits / plant. L'augmentation est de l'ordre de 43,33 % et 73,33 % pour respectivement le régime hydrique moyen et sec (tableau n° 19).

Le fait que ces résultats n'aillent pas dans le même sens que ceux enregistrés pour le nombre de fleurs / plant dans les mêmes conditions hydriques, signifie probablement que la réduction de la production de fleurs ne s'accompagne pas nécessairement de celle du nombre de fruits.

Tableau n° 18 Analyse de variance du nombre de fruits par plant, signification de F et groupes homogènes des moyennes (Année : 1998)

Source De variation	F calculé	Type de stress Hydrique, n° prov.	Moyenne (fruits/ plant)	Groupe statistique
Régime Hydrique	04,85*	30%	02,60	A
		60%	02,15	
		100%	01,50	C
Provenances	07,93***	26	03,67	A
		03	01,92	B
		23	01,83	
		02	01,67	
		22	01,33	

\* : Significatif au seuil de 5%, \*\*\* : Significatif à 1 pour 1000

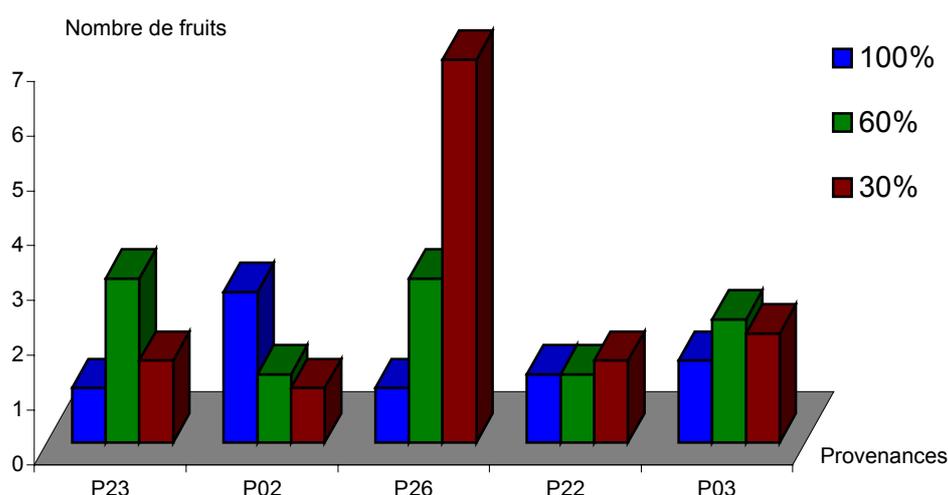


Fig n° 16 : Nombre de fruits par plant et par provenance en fonction du régime hydrique (Année : 1998)

Tableau n° 19 : Accroissement relatif du nombre de fruits par plant en fonction des provenances et de l'intensité du déficit hydrique (Année : 1998)

Régime hydrique (% de l'ETP)	Gain du nombre de fruits / provenances n° (% du témoin)					
	23	02	26	22	03	Moy.
60%	200,00	-54,56*	200,00	00,00	50,00	43,33
30%	50,00	-63,64 *	600,00	20,00	33,33	73,33
Moyenne	125,00	-59,10*	400,00	10,00	41,66	58,33

\* : Réduction par rapport au témoin

Ces résultats à première vue contradictoires, s'expliquent par plusieurs hypothèses établies pour diverses espèces fruitières :

➤ Le comportement de l'abricotier sous contrainte hydrique ressemblerait à celui du pêcher et du pommier conduits sous rationnement hydrique. Pour la première espèce, **Li et Huguet, (1989)** ; **Huguet et Genard, (1995)** ; **Huguet et Genard (1995a)** ont constaté qu'un certain niveau de manque d'eau améliore la production de fruits de point de vue quantité et qualité. Ce phénomène est expliqué par le fait que sous régime humide, les arbres produisent une quantité importante de fruits mais ne les retiennent pas, les chutes sont significatives. Par contre, sous rationnement hydrique les arbres produisent une quantité modérée de fruits mais les retiennent.

➤ On sait que chez les arbres fruitiers (**Li et Huguet, 1989 ; Li et al 1990b ; Huguet, 1992 ; Huguet et Genard, 1995**) l'arrosage sans restriction conduit à une production d'une masse végétative importante qui induit une limitation de la charge en fruits. Par contre, un certain niveau de restriction de l'eau limite leur poussée végétative au profit d'une production qualitative et quantitative de fruits. Ces résultats se confirment chez le pommier. Chez cette espèce fruitière **Catzeflis, (1988)** a observé qu'une réduction d'alimentation hydrique durant la période 40 à 50 jours après floraison, jusqu'à l'arrêt d'allongement des pousses, diminue la vigueur sans préjudice pour la récolte. Les arbres se trouvaient plus chargés, avaient des fruits plus petits mais sans que leur poids moyen ne soit affecté. Les mêmes constatations ont été faites par le **Cemagref, (1983)** sur pêcher, pommier et poirier.

Notons toutefois que ces observations divergent avec celles établies par **Catzeflis et Udry (1978)** chez le pommier et par **Vaysse et al, (1990)** chez le prunier d'Ente. Un rationnement en eau de printemps diminue le nombre de fruits récoltés par inflorescence chez le pommier. Une restriction d'eau en Avril-Mai a un effet néfaste sur la chute des fruits. La période d'application de la contrainte hydrique semble également jouer un rôle dans la fructification des arbres.

➤ L'absence de concordance entre la production de fleurs et celle de fruits peut s'expliquer aussi par une coulure des fleurs et donc une baisse de la charge en fruits des plants soumis au régime humide et moyen. En effet, en travaillant sur la vigne, **katerdji et al, (1986) in Katerdji et Daudet, (1986)** ont observé qu'une irrigation mal contrôlée conduit à une vigueur exacerbée qui peut provoquer un déséquilibre métabolique global, facteur de coulure et de baisse de production.

IL est à noter que ces hypothèses sont à prendre avec prudence, car, il s'agit d'extrapolation de conclusions résultant des expérimentations en plein champ sur des arbres adultes, alors que nos essais ont porté sur de jeunes plants en première année de fructification, élevés en pots.

Concernant les provenances, tout stress confondu, la (26) se distingue avec une production de 3,67 fruits / plant, contre 1,33 à 1.92 pour le reste (tableau n°18). Les plants de ce porte-greffes sont les plus productifs, en particulier lorsque le régime hydrique est sec (7 fruits / plant, contre 1 à 2 fruits pour le reste, dans les mêmes conditions, Fig n° 16). Son taux d'accroissement en nombre de fruit étant de 400 % (Tableau n° 19). Le reste des provenances ne se différencient pas par leur production en fruits quand on considère l'ensemble des doses d'arrosage (Tableau n° 18). Cependant, il apparaît clairement que leur réaction au stress hydrique est différente. Ainsi, la (22) est peu influencée par le manque d'eau (10 % de fruit en plus), alors que la (02) au contraire est très fortement pénalisée, avec environ 59 % de fruit en moins par rapport à son témoin non stressé (Tableau n° 19).

On retient donc que l'origine du noyau du porte-greffé franc est un facteur de variation de la charge en fruits chez les jeunes plants d'abricotier.



## Références bibliographiques

- Abdelguerfi. A., 1988.** Pourquoi un séminaire nationale sur les ressources phylogénétiques et leur valorisation. In Annale de l'institut nationale agronomique (El-Harrach).
- Abdella. M.M.F et Fischbech.G., 1978.** Growth and fertility of five stocks of field Beans grown under three temperature regimes, and the effect of natural water stress on seed Index of collection of *Vicia faba.L.* Agronomy and crop science, 147. PP : 81-91.
- Ackerson. R. C., 1981.** Osmoregulation in cotton in response to water stress : II- Leaf carbohydrate status in relation to osmotic adjustment. Plant physiology. 67, PP : 489-493.
- Audubert. A et Lichou. J., 1989.** L'abricotier. Ed CTIFL, Paris 386P.
- Aussenac.G, Finkelstein. D., 1982.** Influence de la sécheresse sur la croissance et la photosynthèse du Cèdre. Ann. Scie. For., 40(1). PP : 67-77.
- Aussenac.G et Granier. 1984.** Influence du dessèchement du sol sur le fonctionnement hydrique et la croissance du Douglas (*Pseudotsuga menziesii Mirbi Franco*). Acta oecologica. Vol. 5(19) n°3. PP : 241-253.
- Ayachi. N., 2002.** Contribution à l'étude de quelques caractères morphologiques et biochimiques de 08 cultivars de palmier dattier. Région Ouled Djellal (Biskra). Thèse Ing. Agr. Batna. 462P.
- Bahn.S.W, Singh.G et Singh.A., 1973.** Note on root development as an index of drought resistance in Sorgho (*Sorghum bicolor.L. Moench.*). Indian journal of agricultural science, 43. PP :828-830.
- Becker.M., 1970.** Transpiration et comportement vis à vis de la sécheresse de jeunes plants forestiers (*Abies alba Mill., Picea abiesL. Karsten., Pinus nigra Arn. Ssp., Laricio noir, Pinus strobus L.* Ann. Scie. For. 27(4), PP :401-420.
- Becker.M., 1974.** Etude expérimentale de la transpiration et du développement de jeunes Douglas en fonction de l'alimentation en eau. Ann. Scie. For. INRA ; 31(2), PP :97-109.
- Becker.M., 1977.** Contribution à l'étude de la transpiration et de l'adaptation à la sécheresse de jeunes plants résineux. Exemple de 03 Sapins du pourtour méditerranéen (*Abies alba, A. nordmanniana, A. humidica*). Ann. Scie. For. 34(2), PP : 137-158.
- Belhassen.E, This.D et Monneveux.P., 1995.** L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. Cahiers de l'agriculture . 4, PP : 251-261.
- Benaaziza. A., 1991.** Etude de quelques caractéristiques agrobiologiques de la variété population « Rosé » cultivée dans la région de Manaa (Tniet El Abed. Batna). Thèse Ing. Agr. Batna. 50P.
- Benslimane. L., 1997.** Effets des provenances du porte- greffes franc (Mech- Mech) sur le greffon chez l'abricotier (*Prunus armeniaca. L.*) Thèse Ing. Inst. Agr. Batna. 39P.
- Bentayeb. Z., 1993.** Biologie et écologie des arbres fruitiers. Collection : le cours d'agronomie. Ed : OPU. 96P.
- Blondon.F, Clabaut.G, Rainguez.M., 1980.** Action d'une température fraîche (10°) appliquée au stade jeune sur la croissance et l'activité photosynthétique de deux variétés de Mais. Ann. Amélio. Plantes. 30(4). PP :399- 410.
- Bonneau. M et Souchier. R., 1979.** Pédologie 2. Constituants et propriétés du sol. Ed Masson. 459P.
- Bouhidel. N., 1998.** Effet du chlorure de sodium sur le comportement d'une orge(variété *Tichedrett 9265*) et d'une triticales (variété *Juanillo 159*). Comparaison. Thèse Mag. Inst. Agr. Batna 82P.
- Boukaaboub. A., 1994.** Grains normaux et échaudés chez le tritical (*x – Triticosecale wittmack*). Variété Beagle : Etude agronomique et cytogénétique. Thèse Mag. Ins. Agr. Batna. 132P.

- Boulaine.J., 1972.** Hydropédologie. Ecole nationale du génie rurale des eaux et des forêts. Ed : PUF. France. 122P.
- Boutabet. S.,1990.** Etude de l'influence du stress hydrique sur les paramètres de production du haricot nain. Thèse Ing. Agr. INA. El harrach . 53P.
- Bretauudeau. J., 1979.** Atlas d'arboriculture fruitière Volume III. Ed : J.B. Baillièrè. Paris. 184P.
- Bretauudeau. J, Faury. Y., 1992.** Atlas d'arboriculture fruitière . Volume I. Ed : Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 289P.
- Breda. N, Cochard. D, Dreyer.E, Granier.A ; 1993.** Field comparison of transpiration, stomatal conductance and vulnerability to cavitation of *Quercus petraea* and *Quercus robur* under water stress. In Ann. Sci. For. 50. PP : 571-582.
- Brochet. P et Gerbier.N., 1978.** L'évapotranspiration. Aspect agrométéorologique. Evaluation pratique de l'évapotranspiration potentiel. Monographie n° 65de la météorologie nationale. S.M.M. Climatologie. Paris. 95P
- Brown.P.W, Tanner.C.B., 1983.** Alfalfa stem and leaf growth during water stress. Agronomie. J. Vol. 75(5). PP : 799-804.
- Calmes. J, Viala. G, Gelfi. N et Blanchet. R., 1985.** Influence d'un déficit hydrique sur trois variétés de Soja : Effet sur la protéogénèse des graines. Agronomie. 5 (2), PP : 169-176.
- Callot. G, Chamayou. H , Maertens. C, Salsac. L., 1996.** Mieux comprendre les interactions sol- racines . Incidence sur la nutrition minérale. INRA. Paris. 325P.
- Catzefflis. J, Udry. L., 1978.** La réaction du pommier au manque d'eau. In Revue Suisse Vit.Arboric. Hortic. Vol. 10(3). PP : 121- 123.
- Catzefflis. J., 1988.** Rationnement de l'arrosage des pommiers. In Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 20(6). PP : 383- 386.
- Cemagref ., 1983.** Influence de l'irrigation sur le développement végétatif des arbres et la qualité gustative des fruits. Etude du Cemagref. Techniques de l'irrigation n° 499. France 68P.
- Charfaoui. M. S., 1984.** Etude de l'influence d'une contrainte hydrique sur la croissance et la photosynthèse du Haricot (*Phaseolus vulgaris var. Kunjaly*). DES Ecophysiologie végétale. Université de Paris. 46P.
- Chartzoulakis. K, Nottzakis. B, Theiros. I., 1993.** Photosynthesis, plant growth and dry matter distribution in Kiwi fruit an influenced by water deficit. Irrig. Sci., 14. PP : 1-5.
- Chebouti.A., 1999.** Effet du stress hydrique sur le comportement et la production de semences chez 03 espèces de Luzernes annuelles : *Medicago aculeata*, *Medicago orbicularis* et *Medicago truneatula*. Thèse. Mag. INA. El Harrach. 125P.
- Clemend. R et Galand. A., 1979.** Irrigation par aspersion. Ed : EYROLLES. 182P.
- Couranjou.J., 1977.** Les variétés d'abricotier. Ed. INRA. Paris 46P.
- Coutanceau. M., 1962.** Techniques et économie des cultures de Rosacées fruitières ligneuses. Ed. J.B. Baillièrè . Paris. 544P.
- Crossa- Raynaud. M., 1961.** L'abricot et le climat. Journées nationale de l'abricotier. Ed. INRA. France. PP : 55-61.
- Davidson. D.J, Chevalier. P. M., 1989.** Influence of polyethylene glycol induced water deficit on tillers production. In spring. Wheat. Crop science. 27. PP : 1185- 1187.
- Djebbar. R., 1991.** L'effet d'un stress hydrique sur le développement et le métabolisme des semences de Soja (*Glycine max. L*). Thèse Mag. USTHB. Alger. 94P.
- Doorenbos.J, Fruit. W.O., 1976.** Les besoins en eau des cultures. Bulletins FAO d'irrigation et de drainage. n° 33. ONU. Rhomé. 198P.
- Dreyer. E et Mauget. J. C. , 1986.** Conséquences immédiates et différées des périodes de sécheresse estivale sur le développement de jeunes noyers (*Juglans regia L., cv « Pedro »*).

- Dynamique de croissance et dormance automno hivernal des bourgeons. *Agronomie*, 6(7). PP : 639-650. ed
- Ducroq. M., 1990.** Les bases de l'irrigation. Techniques agricoles méditerranéennes. Ed. Tec et Doc. Paris ; ESU. Liban.
- Durieux. F, Keilling. J et Marcelmaclin., 1984.** Encyclopédie. Techniques agricoles. Ed. J.B. Baillièrre. 246P.
- Dysson,G., 1970.** Physiologie et biologie des plantes vasculaires. Tome III. 1ère partie : Nutrition et métabolisme. ed. SEDES, Paris. 291P.
- Edwards. L. M., 1981.** Fertilisation potassique et amélioration de la tolérance au stress. *Revue de la Potasse*. Section 23. n° 5 et 7.
- Elhassani. T. A et Perssons. E., 1994 :** *Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale.* Ed. AUPELF- UREF. 544P.
- Eze. J.M.O, Dumbroff. E.B et Thompson. J.E., 1988.** Effects of moisture stress and senescence on the synthesis of abscisic acid in the primary leaves of bean (Kidney beans, ABA) . *Physiologia Plantarum*. 51(4). PP : 418-422.
- FAO.1987.** Guide des engrais et la nutrition des plantes. Bulletin FAO engrais nutrition des plantes. Rpme 1987.
- Finkelstein. D., 1981.** Influence des conditions d'alimentation hydrique sur le débourrement de jeunes plants de cèdre (*Cedrus atlantica. Manettii*) cultivé en serre. *Ann. Sci. For.* 38(4). PP : 513-530.
- Gardner.W.R., 1960.** Dynamic aspects of water availability to plants. *Soil. Sci.* n° 89. PP :63-73.
- Gardner. W.R., 1980.** Lower limit at availability to plants. *Science*. n° 143. PP : 1460-1462.
- Gautier. M., 1971a.** L'abricotier et sa culture. In *Arb. Fruit.* n° 20. PP : 46-55.
- Gautier. M., 1978.** Les espèces fruitières. Ed. Hachette. Paris. 223.
- Gautier. M., 1980 a.** L'abricotier et sa culture. 1ère partie. In *Arboriculture fruitière.* n° 313. PP : 29-48.
- Gautier. M., 1980 b.** L'abricotier et sa culture. 3ème partie. In *Arboriculture fruitière.* n° 315. PP :31- 39.
- Gautier. M., 1982.** L'abricotier et sa culture. *Arboriculture fruitière.* n° 336. PP : 37-41
- Gautier. M., 1984.** Comment réussir la création d'un verger. *Arboriculture fruitière.* n° 366. PP : 37-41.
- Gautier. M., 1988.** L'arbre fruitier. Ed : Baillièrre. PP : 275-289.
- Gautier. M., 1991.** La culture fruitière (volume I) : L'arbre fruitier (2<sup>ème</sup> édition). Ed Lavoisier. Paris. 594P.
- Gautier. M., 2001.** La culture fruitière. Les productions fruitières. Volume 2. Ed. Tec et Doc . Paris. 665P.
- Goss. G, Chartiet. M, Lemaire. G, Guy. P., 1982.** Influence des facteurs climatiques sur la production de Luzerne. *Fourrages.* 90. PP : 113-133.
- Granier. A., 1987.** Evaluation of transpiration in a Douglas fir stand by means of sap flow. *Measurements. Tree physiology.* 3. PP : 309-320.
- Granier. A, Huc. R et Colin. F., 1992.** Transpiration and stomatal conductance of two rain forest species growing in plantations (*Smarouba amara* and *Goupia glabra*) in French Guyana. *Ann. Sci. For.* 49 ; PP : 17-24.
- Grourou. M., 2001.** Contribution à l'étude morphologique de quelques cultivars d'olivier dans les zones de Seggana ; Sefiane ; Boumagueur et N'gaous. Thèse Ing. Agr. Batna 49P.
- Guerfi. I., 1998.** Etude du greffage de l'abricotier (*Prunus armeniaca. L.*) dans les conditions de la pépinière des Tamarins (région de Ain- Touta .W. Batna). Thèse Ing. Ins. Agr. Batna. 36P

- Guyot. G., 1998.** Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés. Ed. DUNOD. Paris. 525P.
- Hallaire. M., 1964.** Le potentiel efficace de l'eau dans le sol en régime de dessèchement. L'eau et la production végétale. Ed. INRA, Paris.108 P.
- Hinkley. T.M, Lassoie. J. P et Running. S. W., 1978.** Temporal and spatial variation in the water status of forest trees. Forest. Sci. Monographie n° 20.
- Hipps. C. T, Pages. L, Huguet. J. G, Serra. V., 1995.** Influence of controlled water supply on shoot and root development of young peach trees. Tree physiology. 15. PP : 95-103.
- Hsiao. C. T., 1973.** Plant response to water stress. Annal Rev. Plant physiology. 24. PP :519- 570.
- Huguet. J. G. 1985.** Appréciation de l'état hydrique d'une plante à partir des variations micrométriques de la dimension des fruits ou des tiges au cours de la journée. Agronomie 5, 733-741.
- Huguet. J. G, Benoît. V, Orinaldo. P., 1987.** Application de la micromorphométrie sur tige en pilotage de l'irrigation du Maïs. Colloque Alimentation hydrique.
- Huguet. J. G.,1992.** Specific micromorphometric reaction of fruit trees to water stress and irrigation scheduling automation. J. Hort. Sci., 67 (5) . PP : 631-640.
- Huguet. J. G et Genard. M., 1995 a.** Effet d'une contrainte hydrique sur le flux pédonculaire massique et la croissance de la pêche. Agronomie. 15, PP : 97-107.
- Huguet. J. G et Genard. M. 1995.** Modérer l'irrigation. Qualité des pêches. Arboriculture fruitière n° 480,(25).
- Iferoudjen. N., 1991.** Comportement de quelques variétés de l'abricotier (*Prunus armeniaca. L.*) dans les conditions climatiques de la station expérimentale de Ain-Touta Thèse Ing. Ins. Agr. Batna. 92P.
- Kaiser. W.M., 1987.** Effects of water deficit on photosynthesis capacity. Physiol. Plant 71. PP : 142-149.
- Katerdji. N et Daudet. F. A., 1986 :** Etude in situ du fonctionnement hydrique et photosynthétique d'une vigne conduite en lyre . Agronomie. 6 (8). PP : 709- 716.
- Kettani. R., 1991.** Contribution à l'étude du développement et du rendement en semences chez *Medicago regidula. L.* All. Soumise au déficit hydrique post floral. Mémoire du diplôme d'étude sup. d'université. DESU. Mont. II. 12P.
- Korrichi- Hammana. M. F., 1997.** Contribution à l'étude de la réponse protéique de 03 cultivars de blé dur (*Triticum durum*) au déficit hydrique. Recherche agronomique. INRA. 0. PP : 13- 17.
- Kozlowski. T. T., 1962.** Water deficit and plant growth development and measurement. Ed. Académie. Press. New-York. 347P.
- Kozlowski. T. T., 1982.** Water supply and tree growth. I- Water deficit. For abstr. 43, PP : 57-95.
- Kramer. P. J., 1969.** Plant and soil water. Relation-ships. A modern synthesis. Ed. CRAW HILL. New-York. 482P.
- Lamonarca. F., 1979.** Les arbres fruitiers : Comment les cultiver pour avoir de bons fruits. Ed. VECCHI. Paris . 213P.
- Lamonarca. F., 1985.,** La culture des arbres fruitiers. Ed. VECCHI. Paris. 221P.
- Leclerc. J. C., 1999.** Ecophysiologie végétale. Publication de l'université de Saint-Etienne. Paris. 283P.
- Lefebvre. J. M., 1974.** La qualité liée à la fertilité et à l'irrigation ; revue INVUFLEC, la tomate. Journée d'information . Nantes. Avignon. ChaapIII.
- Legave. J. M, Garcia. G, Marco. F., 1984.** Interférence des conditions et des besoins variétaux en froid et en chaleur sur la détermination de la fin de la dormance puis de la

floraison de diverses variétés d'abricotiers de l'aire de culture française. *Fruits*. Vol. 39. n° 6. PP : 399- 408.

**Levitt. J., 1972.** Responses of plants to environmental stresses. academic. Press. New York. 31. 47P.

**Li. S. H et Huguet. J. G., 1989.** Production , qualité des fruits et croissance des pêchers soumis à différents régimes d'alimentation hydrique. *Fruits*. Vol. 44. n° 4. PP : 225- 232.

**Li. S. H, Huguet. J. G, Schoch. P. G, Bussi. C., 1990 a.** Réponse de jeunes pêchers cultivés en pots à différents régimes d'alimentation hydrique.

I- Conséquence sur la transpiration, la résistance stomatique, le potentiel hydrique foliaire, la photosynthèse et les variations micromorphométriques des tiges. *Agronomie*. 10. PP : 263-272.

**Li .S.H, Huguet. J. G, Schoch. P.G et Bussi. C., 1990 b.** Réponses de jeunes pêchers cultivés en pots à différents régimes d'alimentation hydrique.

II- Effets sur la croissance et le développement. *Agronomie*. 10, PP : 353-360.

**Lichou. J et Jay. M. 1996.** Abricotier. Le renouvellement par réflexion. *Revue 96 Arboriculture fruitière*. n° 498. PP : 26- 31.

**Lichou. J., 1998.** Abricots : les variétés. Mode d'emploi. Ed. CTIFL. Paris. 254P.

**Lu. P, Biron. P, Breda. N et Granier. A., 1995.** Water relations of adult *Nouwayspruce (Picea abies (L) Karst)* under soil drought in the Vosges montains : water potential, stomatal conductance and transpiration. *Ann. Sci. For.*, 52, PP : 117-129.

**Maura. P. R et Cupta. U. S., 1984.** Relation entre la fertilisation potassique et le potentiel hydrique du blé. *Revue de la potasse*. Section 9. n° 11.

**Mc Gree. K. J et Davis. S. D., 1974.** Effect of water stress and temperature of leaf size and number of epidermal cells in grain Sorghum. *Crop ; science*. 14. PP : 751- 755.

**Merabet. D., 1992.** Comportement de quelques variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca*) dans les conditions de Ain touta . Thèse Ing. Agr. Batna. 98P.

**Mermier. M, Samec. ,Deville. O., 1970.** Première mesure d'évapotranspiration sous serre. *Pépiniéristes, horticulteurs, maraîchers*. 103. PP : 6253- 6260.

**Miskin. K. E, Rasmusson. O.C and Moss. D.N., 1972 .** inheritance and physiological effects of stomatal frequency in barley crop. *Science*. 12. PP : 780- 783.

**Mogensen. V. O, Mortensen. G et Junsen.C.R., 1994.** Photosynthesis of flag leaves and ears of field grown barley during drought. *European journal of Agronomy*. 3 (2). PP : 111- 116

**Monneveux. P et Nemmar. M., 1986.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum L*) et chez le blé dur (*Triticum durum Desf*) : Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomy*. 6, pp : 583-590.

**Morel. R., 1996.** Les sols cultivés. Ed. Tec et Doc. LAVOISIER. Paris. 389P.

**Mouhouche. B., 1983.** Essai de rationnement de l'eau sur tomate. Recherche de la production optimale et valorisation de l'eau. Thèse. Mag. INA. El Harrach. 171P.

**Mouhouche. B., 1996.** Effet de l'intensité du stress hydrique sur les composantes du rendement de la culture de fève (*Vicia faba. L*). In *Céréaliculture*. 29, PP : 27-30.

**Mouhouche. B et Boulassel. A., 1997.** Gestion rationnelle des irrigations de complément des cultures de légumineuses alimentaires et des céréales. Recherche agronomique. INRA.1 PP : 21- 31.

**Mussard. M et Duput. M., 1972.** Etude des besoins en eau de la tomate de printemps en serre à l'aide de cases lysimétriques. *PHA*. n° 103

**Nemmar. 1983.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum. L*) et le blé tendre (*Triticum aestivum*) sur l'évolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement . *Science. Agro. ENSAM. Montpellier*. 108P.

- Oudjehih. B., 1995.** Etude des ressources phytogénétiques d'intérêt agricole de la région des Aurès. Abricotier (*Prunus armeniaca. L*) et Noyer (*Juglans regia.L*). Bilan final de projet de recherche. F 0534/ 10/94. 74P.
- Osaer. A, Vaysse. P, Berthoumieu. J. F, Audubert. A et Trillot. M., 1998.** Gel de printemps. Protection des vergers. Ed.CTIFL. Paris. 151P.
- Oussalem. Z., 1998.** Effet du stress hydrique appliqué à différentes phases phénologiques sur la croissance, le développement et les composantes de rendement du Haricot nain (*Phaseolus vulgaris. L*). Thèse. Mag. INA. El Harrach. 128P.
- Perrier. A, Archer. P et blanco de Pablos. A., 1974.** Etude de l'évaporation réelle et maximale de diverses cultures : Dispositifs et mesures. Ann. Agro., 25 (5), PP : 697-731.
- Perrier. E.R ; Abdulbari. S., 1987.** Supplementary irrigation of spring wheat. Consultation on supplémenter irrigation. ICARDA, Rabat. Marocco. PP : 07-09.
- Petersen. A.C.Jr., 1985.** Effect of water stress on *Phaseolus vulgaris. L* and *Phaseolus acutipolius var Latifolius freeman*. Thèse Phd. University of Minnesota. 231P.
- Puech. J., Marty et Maertens. C.,1976.** : Efficience de l'eau consommée par divers végétaux et application a la valorisation de l'irrigation. Ed. INRA. Toulouse. Paris. PP : 41- 52.
- Rieul. L., 1988.** l'irrigation . Collection guide pratique du Cemagref. Ed CEMAGREF et CEP. France 319P ;
- Robelin. M., 1983.** Fonctionnement hydrique et adaptation à la sécheresse . Physiologie du Mais. PP : 445- 476.
- Sarda. X, Vansuyt. G, Tousch. D, Casse. F, Dedart et Lamaze.T., 1992.** Les signaux racinaires de la régulation stomatique . In Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Ed. INRA. Paris. Les colloques n° 64. PP : 75- 79.
- Scofield., 1988.** Factors influencing the role and duration of grain filling in wheat. Ed. Aust. L. Plant Physiol. n° 04. PP: 785-797.
- Semiani. M., 1997a.** Etude de l'effet du stress hydrique sur quelques processus de développement et de croissance de deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum. L*). Recherche agronomique. INRA. 501°. PP : 43- 52.
- Semiani. M., 1997b.,** Etude de l'effet du stress hydrique sur quelques processus physiologiques et de croissance de 02 variétés de blé tendre. (*Triticum aestivum. L*). Recherche agronomique. INRA. 0. PP : 23- 32.
- Shamsun-Noor. L, Robin. C, guckert. A., 1990.** Effet d'un déficit hydrique sur le trèfle blanc (*Trifolium repens. L*). Importance d'un apport de potassium. In Agronomie. 10. PP :09- 14.
- Siakhen. N. 1984.** Effet du stress hydrique sur quelques espèces de luzernes annuelles. Thèse Ing. Agr. El-Harrach. 142P
- Smail. D., 1997.** Etude ampélographique de quelques cépages de table dans le territoire Aurassien Thèse Ing. Agr. Batna. 54P.
- Smati. S., 1999.** Contribution à l'étude de quelques paramètres agrobiologiques de l'abricotier franc dans la région de N'gaous (Batna). Thèse Ing. Agr. Batna 92P.
- Tamen. S., 1995.** Contribution à l'étude de la variabilité morphologique de l'abricotier. Thèse. Ing. Agr. Batna. 82P.
- Teare. I. D, et Kanemasu E.T. 1972.** Stomatal diffusion resistance and potential as affected by preconditioning water stress in the field. Agronomy Journal. 68. PP : 707-708.
- Tiercelin. J. R., 1998.** Traité d'irrigation. ed : TEC et DOC, Paris. 1011P.
- Truet. H., 1961.** Arboriculture fruitière en Afrique du Nord. Ed. La maison des livres, Alger. PP :192-207.

- Turner. N. C et Kramer. P. J., 1980.** Turgor maintenance by osmotic adjustment : AREVIEW AND EVALUATION
- Turc. O, Lecoer. J, Combaud. S, Wery. J., 1995.** Déficit hydrique et architecture du pois. Perspectives agricoles. France. n° 203. PP :98- 104.
- Vaysse. P ; Soing. P ; et Peyremorte. P.,1990.** L'irrigation des arbres fruitiers. Ed CTIFL. Paris. 253P.
- Vidal. A., 1981.** Recherche des caractères liés à la résistance à la sécheresse chez le Soja. Informations techniques. CETIOM. n° 76 III. 81. PP :03- 11.
- Vidal. A, Arnaudo. D, Arnoux. M., 1981a.** La résistance à la sécheresse du Soja. I : Influence du déficit hydrique sur la croissance et la production. Agronomie. 1(04). PP :295- 302.
- Vidaud. J., 1980.** L'abricotier. Ed ; CTIFL. INVUFLEC. Paris. 219P.
- Vilain. M., 1987.** La production végétale. Tome I. Les composantes de production. Ed. Baillièrre et Fils. Paris. 416P.
- Waquante. J. P., 1974.** Les besoins en eau de la tomate de marché et la conduite de l'irrigation. Ed. INVUFLEC
- Wenkert. W, Lemoner et Sinclair.T. R., 1978.** Leaf elongation and turgor pressure in field growth
- Yaker.F., 1983.** Influence du rationnement en eau sur le comportement de quelques variétés de tomate industrielle. Thèse Ing. Agr. INA. El- Harrach. Alger. 48P.

# Sommaire

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

## Introduction

### ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I- PRESENTATION DE L'ESPECE ABRICOTIER ( <i>PRUNUS ARMENIACA</i> )	01
1-1 : Importance de la culture	01
1-2 : Caractéristiques morphologiques et phénologiques	02
1-3 : Exigences de l'abricotier	04
1-4 : Les variétés cultivées en Algérie	06
1-5 : Caractéristiques des porte-greffes utilisés en Algérie	06
II- RELATION EAU- PLANTE- ATMOSPHERE	07
2-1 : Rôle de l'eau dans la plante	07
2-2 : Etat énergétique de l'eau : Notion de potentiel hydrique	07
2-3 : L'eau dans le sol	08
2-4 : Etat hydrique dans la plante	10
2-5 : Etat du continuum sol- plante- atmosphère (CSPA)	11
III : BESOINS EN EAU DES CULTURES	12
3-1 : Evaluation des besoins	13
3-2 : Méthodes d'évaluation	14
3-3 : Facteurs qui régissent la consommation de l'eau	15
3-4 : Intérêt de l'irrigation et besoins en eau de l'abricotier	15
IV- EFFET DU DEFICIT HYDRIQUE SUR LES VEGETAUX	16
4-1 : Définition du déficit hydrique	16
4-2 : Causes du déficit hydrique	17
4-3 : Actions du déficit hydrique	17
4-4 : Adaptations des végétaux aux déficit hydrique	22
4-5 : Mécanismes de réponse et d'adaptation au déficit hydrique	23

### EXPERIMENTATION

I- MATERIEL ET METHODES	26
1-1: Matériel végétal	26
1-1-1 : Origine et caractéristiques des porte-greffes utilisés	26
1-1-2 : Greffon	26
2-2 : Méthodes	27
2-1-1 : Greffage	27
2-1-2 : Mise en place des plants greffés	27
2-1-3 : Protocole expérimental	28
2-1-4 : Modalités d'arrosages testées	28
2-1-5 : Estimation du volume d'eau nécessaire	30
2-1-6 : Détermination du tour d'eau	30

2-1-7 : Paramètres suivies	30
2-1-8 : Outils statistiques	33
<b>II : RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>34</b>
2-1 : PARAMETRES DES STADES PHENOLOGIQUES ET DE PRODUCTION	34
2-1-1 : Variation de la durée de défeuillaison	34
2-1-2 : Variation de la durée de dormance	37
2-1-3 : Variation de la durée du débourrement	39
2-1-3 : Variation de la durée de floraison	41
2-1-4 : Variation du nombre de fleurs par plant	45
2-1-5 : Variation du nombre de fruits par plant	47
2-2 : PARAMETRES DE LA CROISSANCE EN EPAISSEUR	51
2-2-1 : Variation du diamètre du tronc	51
2-2-2 : Variation du diamètre des rameaux de base	52
2-2-3 : Variation du diamètre des rameaux terminaux	54
2-2-4 : Discussion	56
2-3 : PARAMETRES DE LA CROISSANCE EN LONGUEUR	58
2-3-1 : Variation de la dynamique de croissance des pousses	58
2-3-2 : Variation de la croissance totale des pousses annuelles	60
2-3-3 : Discussion	64
2-4 : PARAMETRES DE RAMIFICATION	64
2-4-1 : Variation du nombre total des différents types de rameaux par plant	64
2-4-2 : Variation du nombre de rameaux anticipés par plant	67
2-4-3 : Discussion	69
2-5 : PARAMETRES DE LA BIOMASSE SECHE AERIENNE APRES DEFEUILLAISSON	70
2-5-1 : Variation du poids sec des plants après défeuillaison	70
2-5-2 : Discussion	73
2-6 : PARAMETRES DU FEUILLAGE	73
2-6-1 : Variation de la surface foliaire	73
2-6-2 : Variation de la teneur relative en eau (turgescence relative)	75
2-6-3 : Variation du taux de la matière sèche des feuilles	76
2-6-4 : Discussion	78
2-7 : CARACTERISYIQUES DES 3 REGIMES ET DES PROVENANCES DE PORTE-GREFFES PAR L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES	80
2-7-1 : Caractéristiques des plants des différents régimes	80
2-7-2 : Principales caractéristiques des provenances de porte-greffes	81
2-7-2-1 : Sous le régime humide (100% DE l'ETP)	81
2-7-2-2 : Sous le régime intermédiaire (60% de l'ETP)	83
2-7-2-3 : Sous le régime sec (30% de l'ETP)	84
2-7-3 : Conclusion	86

## **Conclusion générale**

## **Références bibliographiques**

## **Annexe**

## Résumé

L'insuffisance et l'irrégularité des précipitations sont l'une des principales contraintes limitant la culture fruitière dans les zones arides et semi-arides du pays.

Pour y remédier, les agriculteurs recourent souvent à l'irrigation qui ne semble pourtant pas couvrir les besoins des arbres, vue la rareté et la cherté de l'eau.

De telles situations créent un état de déficit hydrique saisonnier ou de longues durées responsable d'une importante baisse du potentiel de production des espèces fruitières.

La mise en évidence de « cultivars » ou de « variétés populations » tolérantes à la sécheresse devrait donc être un préalable à toutes recherches en sélection et / ou en amélioration.

Notre étude a pour objectif de déterminer l'impact du déficit hydrique et de quantifier les différences pouvant exister entre les plants du cultivar « Rosé » greffé sur cinq provenances de port – greffes franc d'abricotier, en vue de sélectionner un ou plusieurs port-greffe(s) tolérant(s) à la sécheresse.

Les plants cultivés sans abri dans des pots en plastique sont soumis à deux contraintes hydriques, moyenne (60% de l'ETP) et sévère (30% de l'ETP) et comparés à un témoin mené à 100% de l'ETP.

La répercussion de ses contraintes sur les stades phénologiques et les paramètres de production et du feuillage sont étudiés sur deux années successives.

Les résultats obtenus montrent que :

- Le déficit hydrique a un effet général sur les différents paramètres étudiés. Il induit une perturbation des stades phénologiques, une réduction de la croissance diamétrale et en longueur des pousses (croissance totale, nombre de pousses.....etc).

Les paramètres du feuillage sont également touchés : réduction de la surface foliaire, de la turgescence relative et accumulation de la matière sèche faisant preuve peut être d'une accumulation de solutés associés avec la tolérance à la sécheresse.

- Le déficit hydrique est plus contraignant lorsque la contrainte est sévère (30% de l'ETP).

Les provenances testées manifestent une importante variabilité générique dans leur réactions à ce type de contrainte. Cette variabilité devrait permettre une pratique agronomique plus efficace : les provenances (23) et (02) qui ont manifesté une bonne résistance à la sécheresse (faibles réductions, bonne accumulation de matière sèche au niveau des feuilles) devrait être multipliées et diffusées dans les zones déficitaires en eau, alors que les provenances (22) et (03) plus sensibles à la sécheresse réussissent bien dans les zones humides, tandis que la provenance (26) qui a montrée une tolérance moyenne pourrait être introduite dans les deux milieux (humide et sec) à condition d'être conduite en irrigué dans le deuxième milieu.