

MODELISATION DES POTENTIELS DE PRODUCTION D'UNE VARIETE DE TREFLE D'ALEXANDRIE (*Trifolium alexandrinum* L.) EN ZONE SUB-HUMIDE MEDITERRANEENNE

MERABET B.⁽¹⁾, BASSAID F.⁽¹⁾,
SEYBOU M.⁽¹⁾, et ABDELGERFI A.⁽²⁾

⁽¹⁾ Laboratoire de Maîtrise de l'eau en agriculture,
INA El-Harrach 16200, Algérie,

⁽²⁾ Laboratoire de Ressources Génétiques et
Biotechnologies, INA, El-Harrach 16200 Algérie

RESUME

Sur deux années de mesure (2000/02) en plein champ et en semis précoce, nous avons étudié l'expression de la production de la variété Miscawi de trèfle d'Alexandrie, selon le degré de régulation de la contrainte climatique par l'irrigation durant la campagne (2000/01) et la même contrainte avec la carence oligo-minérale liée au sol par l'irrigation et la fertilisation foliaire durant la campagne (2001/02).

Sans modification des paramètres du milieu, la vitesse de croissance du bersim est faible en hiver et ne dépasse guère les 70 kg m.s/ha /jour au printemps, période déficitaire en eau pour la culture. Selon le besoin d'irriguer en fonction du taux de tarissement de la RFU du sol, les arrosages nécessaires sont de l'ordre de 130 à 500 m³ à l'ha par coupe.

Le choix du cycle (semis précoce) et l'amélioration des pratiques culturales (fertilisation et irrigation) ont permis à cette variété d'exprimer les potentialités qui lui sont reconnues : la production globale est de 25 t m.s/ha soit plus de 200 t/ha en vert (après six coupes) et l'équilibre relatif de la production entre l'hiver et le printemps est nettement amélioré.

Les courbes de croissance obtenues sont des régressions de type polynomial et permettent de dégager les potentiels de cette variété. Le modèle de "croissance potentielle" découle de la courbe du régime à l'évapotranspiration maximale (ETM). Le potentiel climatique (fertilisation sans irrigation) coïncide avec la croissance potentielle durant la phase pluvieuse automne-hiver mais reste très éloigné durant la phase printanière.

Mots Clés : Trèfle d'Alexandrie, semis précoce, irrigation, fertilisation, croissance, potentiels.

SUMMARY

The production of Miscawi variety of Alexandria trefle was studied at the field with early sowing over two years (2000/2002); this was with high yield level depending in climatic water constraint during 00/01 campaign and the same constraint with the oligo-mineral lack and the foliar fertilization during 01 /02 campaign.

The obtained curves are polynomial regressions and allows to estimate the variety potentials.

The choice of the cycle (early sowing) and the improvement of the cultivation methods (fertilization and irrigation) allowed the full expression of this variety: total production is 25 t m.s//ha is more than 200 t/ha ingeen (after six cuts) and the relative balance of tho production is clearly improved fran winter to spring.

INTRODUCTION

Le trèfle d'Alexandrie (*Trifolium alexandrinum* L.), ou bersim, présente un comportement variétal spécifique. En effet, sur les diverses variétés introduites d'Egypte (Miscawi, Fahl, Saidi, Khedrawi), seule la variété Miscawi s'est maintenue en raison de sa parfaite acclimatation aux conditions locales, et en particulier dans le bassin laitier de la Mitidja (LAUMONT, 1951 ; GAILLARD *et al*, 1977). La production, sa répartition temporelle et sa qualité dépendent de plusieurs paramètres de nature pédoclimatique (sol, pluie, température) et agrotechnique (choix de la date de semis, fertilisation, irrigation, hauteur et rythme de coupe) (LAPEYRONIE, 1982).

Au niveau de la Mitidja, les deux principaux facteurs limitant la performance du bersim s'avèrent être le déficit hydrique (surtout printanier) dû à la variabilité saisonnière et inter annuelle du climat qui est du type méditerranéen et, les pratiques de gestion de la fertilité des sols qui peuvent engendrer des carences minérales en certains éléments minéraux. Le bersim est exigeant en éléments comme le potassium, le phosphore et le calcium mais également en soufre, bore, molybdène, sous risque de troubles physiologiques avec des conséquences sur la production (LAPEYRONIE, 1982; GRAVES *et al*, 1996).

Ces carences minérales sont difficilement détectables au niveau d'une exploitation et il est recommandé d'associer, selon la nature du sol, une fertilisation oligo-minérale adaptée. Cette fertilisation liquide par vaporisation foliaire permettra à la plante d'assimiler directement les éléments nutritifs de manière à stimuler la croissance et à corriger les carences (LOUE, 1987; BOCKMAN *et al*, 1990).

Pour une légumineuse destinée à un affouragement en vert ou plusieurs récoltes se succèdent, la production s'exprime sous forme de croissance en kilogramme de matière sèche par hectare et par jour. Cette vitesse de croissance sera fonction de la variété au sein de l'espèce mais également des paramètres du milieu qui peuvent être classés en trois catégories, non modifiables (climat et caractéristiques majeures du sol), non aisément modifiables (par exemple l'irrigation), aisément modifiables (alimentation minérale de la culture). L'établissement des courbes de croissances permet de différencier les potentiels (sol, climatique et croissance potentielle) de la culture. Ces courbes présentent l'intérêt de préciser les limites de bonne utilisation du fourrage selon le degré d'intensification envisager (HNATYSZYN, 1988).

Au niveau du bassin laitier algérois (Mitidja) où le climat est subhumide à hiver doux, sur une mise en place précoce couplée à un itinéraire technique (fertilisation et irrigation), quels seraient les potentiels de production (sol, climat et croissance potentielle) du bersim ?

Sur des essais en plein champ en semis précoce, nous avons étudié, durant deux années, l'expression de la production sur une variété Miscawi, à haut potentiel de rendement, selon le degré de régulation des contraintes du milieu par l'irrigation durant la campagne (2000/01) et, l'irrigation et la fertilisation foliaire durant la campagne (2001/02).

MATERIEL ET METHODES

1.- Localisation des essais

Durant les deux années, les essais ont été réalisés sur un site expérimental situé sur la plaine de la Mitidja (longitude Greenwich 30° 68' E, latitude N 36 ° 43', altitude 24m). Le dispositif utilisé, à chaque essai, est en bloc aléatoire complet avec 04 traitements hydriques et 04 répétitions. L'espacement entre les blocs est de 1 m, 30 cm séparent les parcelles élémentaires. La surface d'une parcelle élémentaire est de 6m², le nombre de ligne est de 6 avec une interligne de 20cm.

2.- Matériel d'étude

2.1. Le sol

La parcelle utilisée pour les essais est caractérisée par un sol argilo-limoneux (56% en argile, 31% en limon et 13% en sable) à pH neutre à faiblement alcalin (7.5). La conductivité électrique et la réserve hydrique utile (RU) sont respectivement de l'ordre de 1.4 dS/m (sol non salé) et 1.9 mm/cm. Pour un sol lourd et une culture à enracinement moyen, la réserve facilement utilisable (RFU) correspond à la moitié de la RU (FEYEN *et al*, 1982) soit l'équivalent de 100 mm/m pour ce sol.

2.2.- Matériel végétal

Les semences, de la variété Miscawi, proviennent d'une sélection réalisée par l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC). En hauteur, cette variété peut atteindre 70 cm (GRAVES *et al*, 1996). Le stade de réalisation de la coupe est atteint lorsque les repousses issues des bourgeons adventives de la tige principale atteignent 5 à 10 cm de hauteur (GAILLARD *et al*, 1977). La coupe se fait dès que la végétation atteint une hauteur de 40-50 cm (ABDELGUERFI et LAOUAR, 2002).

3.- Méthodes D'étude

3.1.- Préparation du sol, fertilisation et semis

Le travail du sol a consisté en un "déchaumage" à l'aide d'un trisoc (fin juillet) suivi par un labour profond avec une charrue à soc (fin septembre).

L'épandage d'engrais de fond phosphaté (45%), à raison de 2q/ha, a été suivi d'un pseudo labour.

La fertilisation oligo-minérale, par voie foliaire a été utilisée tous les 15 jours après chaque repousse, durant la deuxième campagne 2001/02. Elle porte sur un composé en poudre NPK (respectivement 20-8-14 %) avec 5% S, 2% MgO, 0.04% Br, 0.2 Cu, 0.02 % Fe, .26% Mn, 0.0006% Mo, 0.14% Zn. La dose est de 2.5 kg/ha mélangés dans 200 litres d'eau. Notons que l'apport d'azote à faible dose (20 unités) est recommandé pour favoriser la ramification (formation de nouvelles ramifications) qui joue un rôle important dans la fréquence d'exploitation (LAPEYRONIE, 1982).

Les semis du 18/10/2000 et du 9/10/2001 ont été réalisés à l'aide d'un semoir avec une densité de 30 kg/ha, un écartement entre les lignes de 20 cm, à une profondeur de 2 cm.

3.2.- Les traitements

- Campagne 2000/01 : 04 régimes hydriques

- T0 : traitement pluvial (conduit en sec).

- T1 : traitement en régime d'évapotranspiration maximale (ETM) par pilotage tensiométrique au seuil de -0,05 MPa, valeur référence de la tension d'humidité du sol au-dessus de laquelle une diminution de rendement est constatée chez les fourrages verts (TAYLOR et ASHROFT, 1972).

- T2 : traitement où l'irrigation s'effectue par pilotage bac d'évaporation classe A (DOORENBOS et PRUIT, 1975) avec pour seuil de déclenchement des irrigations une évaporation cumulée de 30 mm équivalente à un épuisement de 30% de la RFU sur un mètre de profondeur du sol.

- T3 : traitement où l'irrigation s'effectue par le même mode de pilotage que T2 mais au seuil d'épuisement de 50% de la RFU.

- Campagne 2001/02 :

Les mêmes régimes hydriques que la campagne précédente ont été reconduits ; mais accompagnés par une fertilisation oligo-minérale par voie foliaire utilisée tous les quinze (15) jours après chaque repousse.

3.3.- La conduite des irrigations

Le principe de notre irrigation est de ramener à la culture un appoint d'eau durant quelques jours en espérant l'arrivée de la pluie. La dose est variable est équivalente aux besoins hebdomadaires (ETM) de la période considérée (l'ETP journalière moyenne du mois considéré est estimée sur une séquence de près de 25 ans, 1958-1980). Les apports sont effectués

manuellement à l'aide d'un arrosoir relié par tuyau à une citerne (capacité 1000 litres). L'eau, provenant d'un forage, présente une conductivité électrique (C.E.) de 1.7 dS/m.

Les données climatiques journalières sont mesurées au niveau de la station climatique de la zone d'étude. La demande climatique en eau (ETP) est calculée par la méthode de Penman (FAO).

Une parcelle élémentaire Du traitement T1 a été équipée de tensiomètres installés respectivement aux profondeurs 20,40,60 et 80cm (deux par profondeur) pour assurer le pilotage des irrigations.

Sur chaque parcelle élémentaire, les dispositifs expérimentaux ont fait l'objet d'un suivi par coupe de la culture en rendements vert et en matière sèche (m.s).

RESULTATS ET DISCUSSION

1.- Bilan offre-demande en eau durant les deux campagnes

Durant les deux campagnes, mis à part les déficits pluviométriques décennaux (Dp) observés (figure 1), aucun autre paramètre climatique n'a présenté des conditions défavorables au bon développement végétatif (ni gelées, ni régime de fortes températures). Les phases de sécheresses aléatoires apparaissent durant la période printanière.

En 2000/01, Les précipitations sont très élevées d'octobre à février avec 364 mm, soit près de 78% par rapport au cumul jusqu'en juin (466 mm).

Le mois de mars n'a reçu aucun apport pluvieux, la période printanière est quasiment déficitaire et l'intervention de l'irrigation n'a été rendue nécessaire qu'à partir de la mi-mars (150 mm durant tout le cycle pour le traitement le plus irrigué T1).

La campagne 2001/02, plus sèche (292 mm), a nécessité la mise en œuvre des irrigations de complément en octobre après la levée (20 mm) et à partir de la deuxième décennie de février jusqu'à juin (257 mm pour le régime hydrique T1 à l'ETM).

La demande climatique en eau exprimée par l'ETP (moyenne journalière décennale) suit les variations saisonnières mais demeure plus stable d'une année à l'autre que le régime pluviométrique tel que décrit précédemment. Il s'ensuit donc que les besoins en eau de cette culture sont assez prévisibles.

Tenant compte de la limitation imposée par le régime pluviométrique et pour équilibrer le bilan offre –demande en eau durant tout le cycle de la culture, la gestion de cette contrainte nécessite la mobilisation des excédents d'eau

enregistrées durant l'hiver (les Dp en valeurs négatives enregistrées durant l'hiver).

2.- Durée d'exploitation et production

Sur les deux années, l'analyse de la variance effectuée sur la production de matière sèche obtenue par cycle (repousse) révèle (tableaux 1 et 2) qu'il n'existe un effet traitement (différence significative au seuil de 5%) que suite à l'intervention de l'irrigation au printemps.

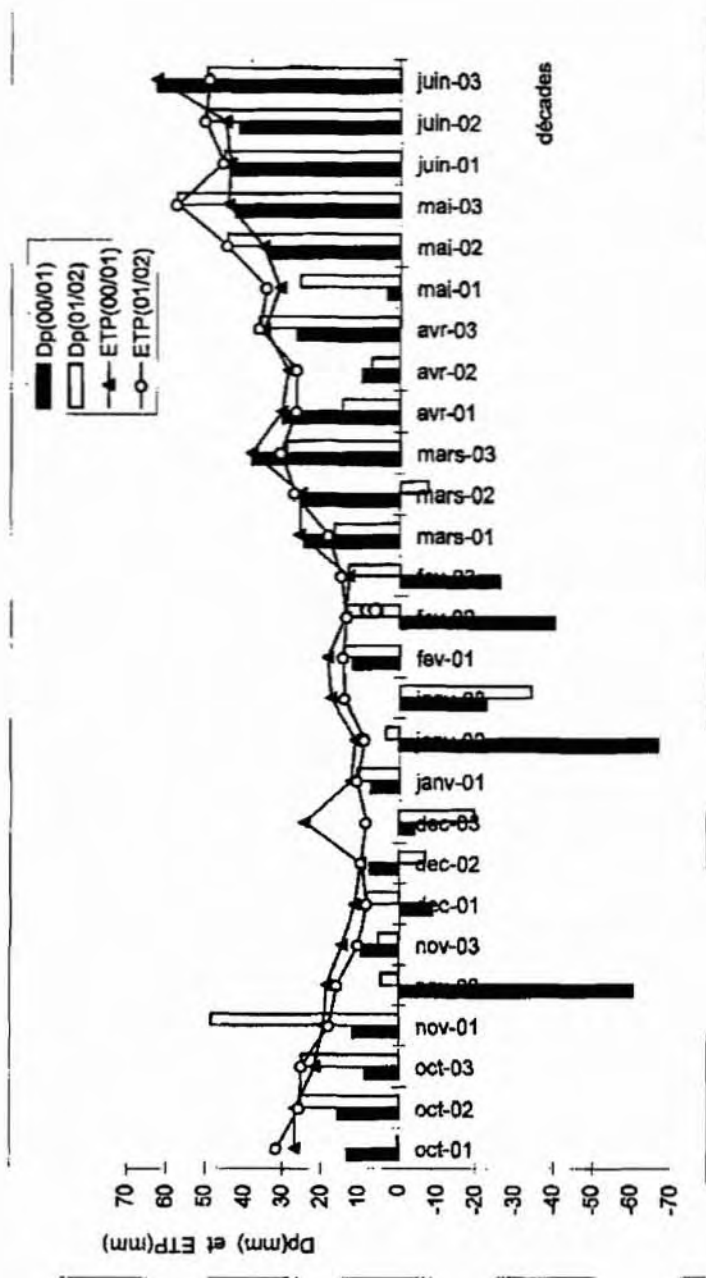


Tableau 1 : Effet des traitements appliqués sur la durée, la production en vert (rdt vert), la production en matière sèche (m.s)et la teneur en m.s (%) par coupe durant la campagne 2000/01

Coupes	1				2				3				4			5			
	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
Durée (jours)	111	111	111	111	35	35	35	35	33	33	33	33	24	24	24	24	28	28	28
Rdt vert (t/ha)	8,9	9,5	9	6,7	18,8	22,6	21,1	20,5	27,2	17,1	16,9	9,8	15,9	11,8	8,8	8	10,5	5,9	5,5
M.S. (t/ha)	1,5 a	1,9 a	1,5 a	1,3 a	3 a	3,6 a	3,3 a	3,1 a	5,5a	3,8b	3,4b	2,5c	3,6a	2,8b	2,1b	2,1b	1,9a	1,1b	0,9c
M.S. (%)	17,0	20,0	17,0	19,0	16,0	16,0	16,0	15,0	20,2	22,3	20,2	25,6	22,7	23,8	24,0	26,3	18,1	18,6	16,4

Tableau 2 : Effet de l'irrigation et de la fertilisation foliaire, appliqués par traitement sur la culture, sur la durée, la production en vert (rdt vert), la production en matière sèche (m.s) et la teneur en m.s (%) par coupe durant la campagne 2001/02

Coupes	1				2				3				4				5				6				7	
	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2
Durée (jours)	74	74	74	74	35	35	35	35	38	38	43	50	27	27	28	32	26	28	34	22	22	23	28	21		
Rdt vert (t/ha)	28	28	26	27	33	34	34	33,4	34	29	27	25	34	34	25	14	33,8	34	25,3	32,5	28	17	21	14		
M.S. (t/ha)	3,0a	2,9a	2,6a	3,0a	3,4a	3,4a	3,9a	3,7a	3,5a	3,2a	2,7b	2,8b	5,1a	4,3b	4,1c	2,3d	5,1a	4,6b	4,1b	5,0a	5,0a	3,4 b	2,8a	2,2b		
M.S. (%)	10,8	10,5	10,3	11,0	10,3	10,3	11,2	11,2	10,3	10,9	10,1	11,2	15,0	12,7	16,4	17	15,0	13,5	16,4	15,4	18,3	19,5	13,8	15,9		

NB : Par coupe, les valeurs d'une même ligne portant la même lettre ne sont pas significativement différentes à un seuil de 5%

En 2000/01, au vu des résultats de rendements obtenus (tableau 1), le traitement T1 avec pilotage tensiométrique et conduite de la culture en bon confort d'alimentation hydrique (ETM), semble le plus performant avec un taux d'accroissement de plus de 90% (15.5 t m.s/ha) par rapport au pluvial T0 (8.8 t m.s/ha). Ces résultats mettent en évidence la dépendance de la production du bersim de la pluviométrie enregistrée durant la phase critique printanière. Un déséquilibre de la production est observé entre l'hiver (coupe le 06 février soit 111 jours après semis et production de l'ordre de 1.5 t.m.s/ha) et le printemps (trois coupes pour le régime pluvial et quatre coupes pour les trois régimes irrigués). Ce déséquilibre relatif de la production, malgré l'irrigation, fait que la culture n'a pas répondu à certains critères qui lui sont demandés dans un système d'affouragement en vert continu et n'a donc pas exprimé les potentialités qui lui sont reconnues (LAUMONT, 1951 ; GAILLARD, 1977 ; LAPEYRONIE, 1982). Ces considérations nous laissent supposer qu'une autre contrainte d'ordre physique liée au sol, les états de carence ou subcarence oligo-minérale, difficilement détectable au niveau d'une exploitation, se sont exprimés et qu'il convient de corriger lors de la seconde campagne par une fertilisation foliaire.

En 2001/02, durant la période octobre-février, phase pluvieuse (205 mm) et non différenciée en traitements hydriques, l'effet fertilisation foliaire (tous les quinze jours après chaque repousse) s'exprime sur les phénomènes de croissance et sur la précocité de départ de la culture. La rentrée en exploitation intervient en fin décembre (85 jours après semis) suivie tous les cinq semaines d'une coupe. Ainsi, trois coupes sont prélevées en hiver (22 décembre, 26 janvier et le 05 mars) et 9 à 10 tonnes de matière sèche par hectare peuvent être disponibles.

Au printemps, période de très grande sensibilité à la sécheresse due à l'influence d'une faible pluviosité et d'une demande climatique en eau de plus en plus élevée, les irrigations et la fertilisation (traitements T1, T2 et T3) permettent une prolongation de la durée du cycle cultural par rapport à une conduite en pluviale (T0). La fréquence ou rythme de coupe est de trois à quatre semaines. Trois coupes sont envisageables avec une production globale de 15 t m.s/ha, si on interrompt prématurément le cycle végétatif en mai (substituer à ce fourrage une autre ressource fourragère), ou bien, quatre coupes avec 17 t m.s/ha dans le cas contraire (affouragement jusqu'en juin).

Selon le besoin d'irriguer en fonction du taux de tarissement de la RFU du sol, les arrosages nécessaires sont de l'ordre de 130 à 500 m³ à l'ha par coupe et de 1000 m³/ha lors de la septième coupe (juin). Lors de cette dernière coupe, la production est assurée exclusivement par l'irrigation. Généralement elle n'est pas nécessaire car l'affouragement en vert doit être assuré par la luzerne au niveau du bassin laitier intensif de la Mitidja (HAMADACHE *et al*, 1993). Elle peut servir cependant pour la production de la graine (10.8, 8.8 et 6.8 t/ha pour respectivement T1, T2 et T3).

Globalement l'équilibre relatif de la production entre l'hiver et le printemps est nettement amélioré. La production globale est de 25 t m.s/ha soit plus de 200 t/ha en vert (après six coupes).

3.- Courbes de croissance selon le degré de régulation des contraintes du milieu

L'expression de la croissance journalière (kg m.s/ha/jour), durant les deux campagnes, est représentée sur les figures 2 et 3.

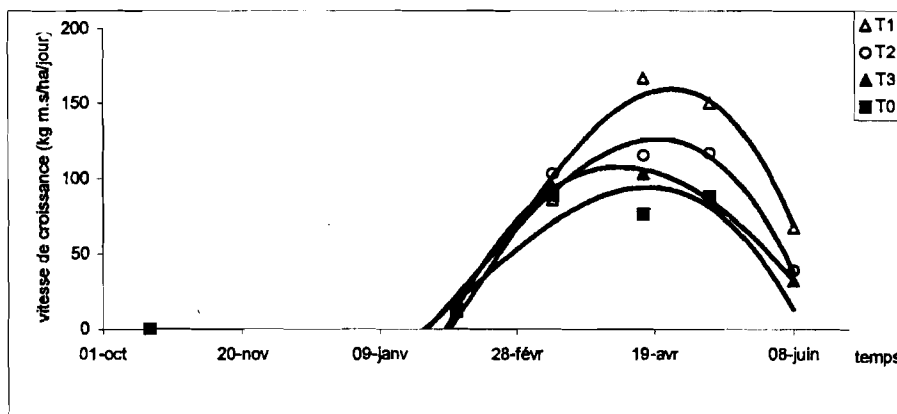


Figure 2 : Courbes de croissance obtenues par régression selon les traitements effectués durant la campagne culturale 2000/01

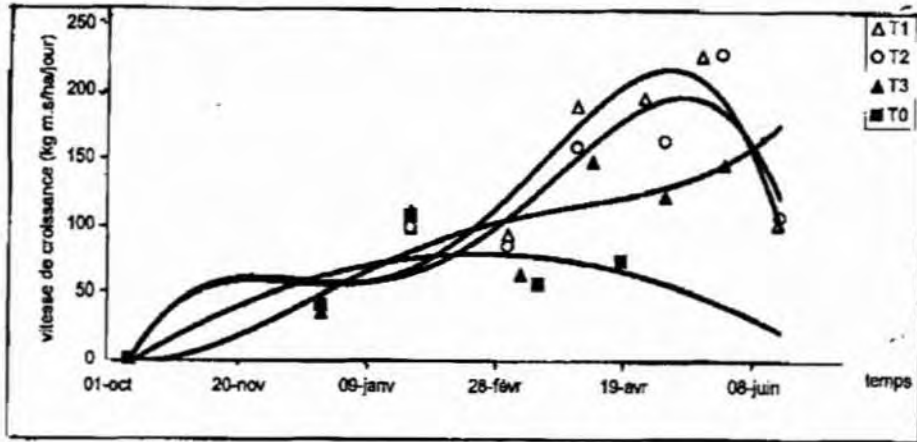


Figure 3 : Courbes de croissance obtenues par régression selon les traitements effectués durant la campagne culturale 2001/02

Elles donnent une illustration des différents niveaux de production et de productivité que cette variété Miscawi de bersim à haut potentiel de rendement peut atteindre selon la période de l'année et le niveau de régulation des contraintes du milieu (eau et fertilisation oligo-minérale). Les courbes représentées sont des régressions de type polynomial. Les équations des courbes obtenues sont regroupées sur le tableau 3.

La courbe de croissance obtenue à l'aide des résultats du traitement en pluvial (T0) de la première année (figure 2) exprime le reflet de ce qui est appelé " **potentiel sol** " du bersim c'est à dire sans modification des paramètres du milieu. Dans ce cas, la productivité est faible en hiver et ne dépasse pas les 70 kg m.s/ha/jour au printemps. La sécheresse printanière pénalise fortement la productivité. Selon le degré de satisfaction des besoins en eau de la culture par l'irrigation au printemps (traitements hydriques T1, T2 et T3), la vitesse de croissance s'améliore et atteint un maximum de 150 kg m.s/ha/jour pour le régime à l'ETM (traitement T1). Cependant, le rythme de coupe demeure le même que le traitement T0.

Tableau 3 : Equations des courbes de réponse obtenues par campagne et par traitement

Campagnes	Traitements	Equations	R ²
2000/01	T1	$-2.10^{-4} x^3 + 20,37 x^2 - 752358 x + 9. 10^9$	0,98
	T2	$-10^{-4} x^3 + 15,65 x^2 - 577818 x + 7. 10^9$	0,97
	T3	$6.10^{-5} x^3 - 6,67 x^2 + 247507 x - 3. 10^9$	0,99
	T0	$-10^{-4} x^3 + 12,6 x^2 - 465237 x + 6. 10^9$	0,90
2001/02	T1	$-10^{-6} x^4 + 0,16 x^3 - 9032,7 x^2 + 2. 10^8 x - 2.10^{12}$	0,98
	T2	$-9.10^{-7} x^4 + 0,139 x^3 - 7762,3 x^2 + 2. 10^8 x - 2.10^{12}$	0,97
	T3	$3.10^{-7} x^4 - 0,039 x^3 + 2198,4 x^2 - 5.10^7 x + 5.10^{11}$	0,80
	T0	$- 43. 10^{-4} x^2 + 321,7 x - 6. 10^8$	0,69

En 2001/02, la courbe obtenue en régime pluviale (T0, figure 3) traduit le "**potentiel climatique**" du bersim dans cette région lorsqu'on régle uniquement l'alimentation minérale de la plante. Elle permet une nette amélioration de la production en durée et fréquence durant la phase pluvieuse. Au printemps, l'effet fertilisation est nettement moindre car la culture est fortement pénalisée par le déficit en eau. Les performances de la culture restent similaires sinon moindres (sécheresse plus accentuée) à ceux de l'année 2000/01 en conduite pluviale.

La "**croissance potentielle**" découle de la courbe du régime à l'ETM obtenue lors de la campagne (2001/02) avec les deux paramètres modifiables du milieu (sol et eau) portés à un niveau non limitant (LEMAIRE, 1988). La productivité journalière atteint un maximum de 227 kg m.s/ha/jour en mai (sixième coupe, traitement T1).

Les trois niveaux de production sol, climat et croissance potentielle sont regroupés sur la figure 4.

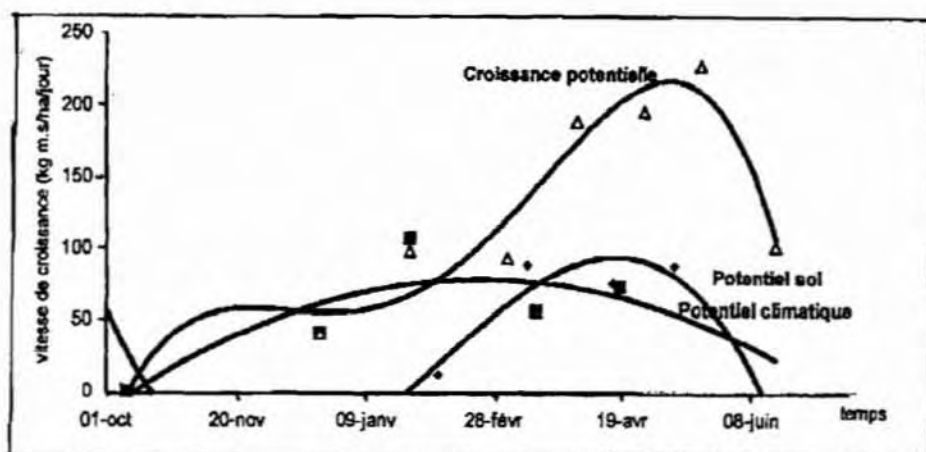


Figure 4 : représentation des potentiels sol, climatique et de la croissance potentielle de la variété de bersim Miscawi.

Signalons que le potentiel climatique coïncide avec la croissance potentielle durant la phase pluvieuse automne-hiver mais reste très éloigné durant la phase printanière.

CONCLUSION

Sur des essais en plein champ (semis précoce), nous avons étudié l'expression de la production de la variété Miscawi de bersim, à haut potentiel de rendement, selon le degré de régulation des contraintes du milieu par l'irrigation durant la campagne (2000/01) et l'irrigation et la fertilisation foliaire durant la campagne (2001/02). L'objectif étant de traduire les potentiels sol-climat et la croissance potentielle de cette variété la plus répandue au niveau du bassin laitier algérois (Mitidja) à climat sub-humide et hiver doux.

Durant les deux campagnes, les phases de sécheresses aléatoires ne sont apparues quasiment que durant la période printanière, phase critique, qui serait justement la plus favorable au bersim pour transformer à un meilleur taux l'énergie rayonnante en énergie assimilable.

En 2000/01, avec l'irrigation qui se fait entre une conduite potentielle (régime à l'ETM, T1) et un régime de déficit hydrique du sol jusqu'à concurrence d'un épuisement de 50% de la RFU (régime hydrique T3), les performances avérées de la culture ne sont pas atteintes et l'hypothèse d'une carence oligo-minérale du sol a été retenue et corrigée la campagne 2001/02 par une fertilisation foliaire effectuée tous les quinze jours après chaque repousse.

En 2001/02, l'amélioration des pratiques culturales (fertilisation et irrigation) a permis à cette variété de bersim d'exprimer de meilleurs résultats en conduite pluviale et surtout en irriguée : la production globale est de 25 t m.s/ha soit plus de 200 t/ha en vert (après six coupes) et l'équilibre relatif de la production entre l'hiver et le printemps est nettement amélioré.

Les courbes de croissance obtenues sont des régressions de type polynomial. La "**croissance potentielle**" découle de la courbe du régime à l'évapotranspiration maximale (ETM) obtenue en 2001/02 avec suppression de tout facteur agronomique limitant (fertilisation et eau).

Le potentiel climatique (fertilisation sans irrigation) coïncide avec la croissance potentielle durant la phase pluvieuse automne-hiver mais reste très éloigné durant la phase printanière.

Sur le plan pratique ces courbes permettent d'étudier ou de définir les limites d'utilisation du bersim selon le degré d'intensification envisagé et le niveau des besoins en fourrage vert du troupeau.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- LAUMONT P., 1951.-** "Une excellente plante fourragère méconnue : le trèfle d'Alexandrie", Documents et renseignements agricoles bulletin n° 173, Alger, 28p
- GAILLARD B., LEGOUPIL JC. et RUFFIN JC., 1977.-** "Le bersim ou trèfle d'Alexandrie, fourrage irrigué méditerranéen dans le haut Cheliff", *Agronomie tropicale*, 32, pp 364-376.
- LAPEYRONIE A., 1982.-** "les productions fourragères méditerranéennes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes", G.P Maisonneuve & Larousse, tome I : 425p.
- GRAVES WL., WILLIAMS WA., 1996 and THOMSEN CD., 1996.-** "Berseem Clover", A Winter Annual Forage for California Agriculture, University of California Division of Agriculture and Natural Resources publication 21536, 12pp.
- LOUE A., 1987.-** "les oligo-éléments en agriculture", Agri Nathan, 339p.
- BOCKMAN OC., KAARSTAD O., LIE OH. et RICHARDS I., 1990.-** "Les engrais et leur avenir", *Agriculture et fertilisation, Norsk Hydro* : pp.99-206.
- Hnatyszyn M., Guais A., 1988.-** " Les fourrages et l'éleveur", TEC &DOC ; Lavoisier : pp.174-257-362.
- FEYEN J., LELIEART J. et BADJI M., 1982.-** *Traité pratique de l'irrigation sous pression. A.G.C.D./A.B.O.S. K.U. LEUVEN*, 231p.
- ABDELGERFI A. et LAOUAR M., 2002.-** "Les espèces fourragères et pastorales, leurs utilisations au Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie)", *FAO, bureau régional du proche orient*, pp. 55-59.
- TAYLOR AS et ASHROFT GL., 1972.-** "Physical edaphology. The physics of irrigated and non irrigated soils", *W.H. Freeman and Co. (ed.)*, 553p.
- DOORENBOS J. ET PRUIT W.O., 1975.-** "Les besoins en eau des cultures", *Bull. FAO d'irrigation et de drainage n° 33, Rome*, pp. 30-51.
- HAMADACHE A., MANTOUCHE M., BOUSSASADI M. 1993.-** "La luzerne pérenne : une plante « pivot » pour les systèmes fourragers intensifs de la zone méditerranéenne", In : *management of mediterranean shrublands and related forage resources. FAO, CIHEAM*, pp.3-6.
- LEMAIRE G., 1988.-** Thèse de Doctorat "cinétique de croissance d'un peuplement de fétuque élevée pendant l'hiver et le printemps. Effets des facteurs climatiques. ", in: *Hnatyszyn M., Guais A., " Les fourrages et l'éleveur", TEC &DOC ; Lavoisier : pp. 174.*