

Les adaptations par les choix techniques de conduite des cultures pour les prairies et le maïs

J. Lorgeou¹, S. Battegay², P. Pelletier³

1 : ARVALIS - Institut du Végétal, Service Génétique et Protection des Plantes, F-91720 Boigneville ;
j.lorgeou@arvalisinstitutduvegetal.fr

2 : ARVALIS - Institut du Végétal, Maison de l'Agriculture Rond Point Maurice Le Lannou, CS 14226, F-35042 Rennes cedex ; s.battegay@arvalisinstitutduvegetal.fr

3 : ARVALIS - Institut du Végétal, Ferme Expérimentale des Bordes, F-36120 Jeu-les-Bois ;
p.pelletier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Résumé

Les latitudes d'optimisation des systèmes fourragers sous contraintes hydriques varient selon les systèmes d'élevage et les contextes pédoclimatiques. Les adaptations par les techniques de culture des prairies et du maïs passent par des choix de surfaces consacrées aux différentes familles de cultures complémentaires et d'espèces, qui présentent plus ou moins de souplesse de valorisation, et des décisions opérationnelles de constitution de stocks fourragers en cours de campagne en fonction des événements climatiques.

L'article expose des résultats de comparaison de production et d'efficience de l'eau apportée par des irrigations d'appoint, pour différentes espèces fourragères, pour des prairies à base d'associations ou de mélanges multi-espèces et pour le maïs, sous contraintes hydriques plus ou moins sévères. L'intérêt de tactiques d'esquive des manques d'eau par la complémentarité des espèces et de choix de dates de semis, de précocité et de générations de variétés de maïs est également développé. Des éléments de stratégie et de tactique de constitution des stocks fourragers ainsi que de gestion des surfaces en prairies et en maïs sont apportés et discutés.

1. Introduction

Les sécheresses affectent, comme l'ont montré récemment celles des années 2003, 2005 et 2006 dans plusieurs régions, les rendements de tous les fourrages produits sur l'exploitation. Les projections climatiques à long terme prévoient une augmentation des températures et du risque de sécheresse au printemps et en été. Ces constats et perspectives justifient la recherche de stratégies et tactiques d'adaptation.

Les systèmes fourragers se sont construits au fil des années en fonction des objectifs et des contraintes des exploitations d'élevage, aboutissant à une grande diversité, structurée par les orientations de production animale, les potentiels et facteurs limitants des milieux, les environnements économiques régionaux (demandes des entreprises de transformation) et les tailles des exploitations agricoles. La place des différentes prairies et cultures à destination fourragère résulte d'une optimisation progressive des systèmes qui passe par celle de la valorisation des parcelles, une minimisation du coût de l'UFL, la prise en compte de la sécurité d'approvisionnement, les contraintes de main d'œuvre et les demandes des structures d'aval. La base de la production fourragère repose aujourd'hui essentiellement, avec des proportions variables selon les systèmes et les régions, sur la production d'herbe, qu'elle soit pâturée ou fauchée, et de maïs fourrage ensilé. L'ensilage de maïs assure la couverture des besoins alimentaires des troupeaux laitiers ou de bovins à viande durant les 4 à 6 mois d'hiver selon les régions. Il est immobilisé comme stock fourrager pour palier les pénuries d'herbe durant l'été (2 à 3 mois selon les régions et les années). Sa très bonne valeur alimentaire (0,85 à 0,98 UFL par kg de MS) fait aussi qu'il représente la ration de base quasi unique des troupeaux de vaches laitières pendant l'hiver et l'automne, et se positionne souvent en complément du pâturage au printemps dans des régions d'exploitations agricoles de petites surfaces (Bretagne, Pays-de-la-Loire, Sud-Ouest).

Les possibilités d'adaptation à la sécheresse des systèmes d'élevage et fourragers sont liées au système d'exploitation et de production animale, aux potentialités agricoles de la région, à la fréquence et à la sévérité des déficits hydriques. Elles passent par des choix stratégiques structurant les systèmes et/ou des adaptations tactiques annuelles ou saisonnières qui visent à limiter les effets de la sécheresse et à en gérer au mieux ses conséquences sans remettre fondamentalement en cause les systèmes.

Il s'agit dans ce dossier de rapporter les résultats d'expérimentations sur les techniques de conduite de culture des prairies et du maïs qui limitent les effets de la sécheresse sur la production de fourrage dans le contexte climatique et des systèmes d'élevage actuels.

2. Conduite des prairies

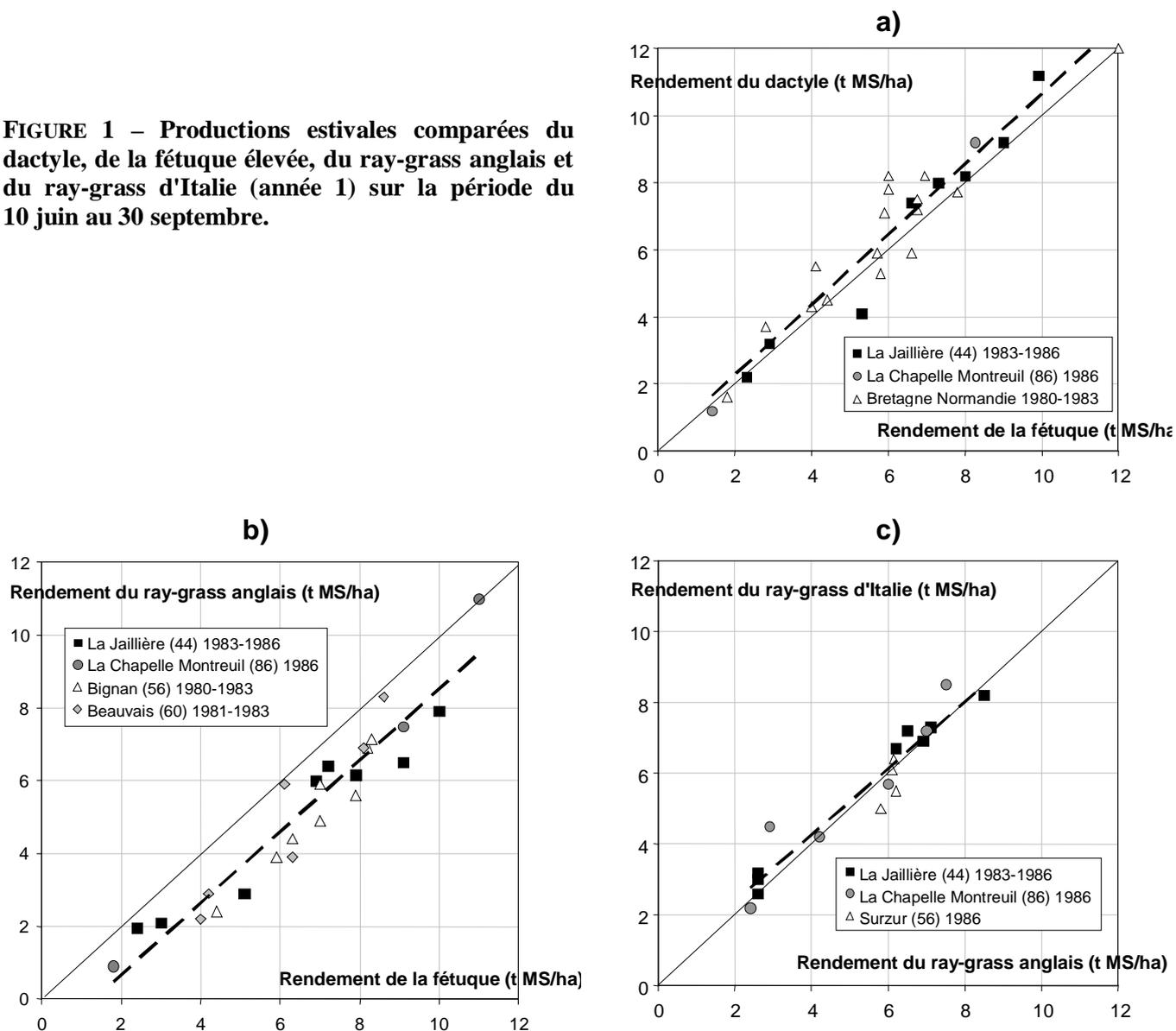
2.1. Choix des espèces à implanter et potentiels de production

La différence de comportements des espèces fourragères vis-à-vis de la contrainte en eau est l'un des éléments à prendre en compte au moment de l'implantation d'une prairie. La pratique a montré le meilleur comportement du dactyle face à la sécheresse par rapport à la fétuque élevée. En revanche, les informations sur les autres espèces sont moins nombreuses. Des expérimentations ont été réalisées par l'ITCF dans les années 1980 sur ce thème (RAPHALEN, 1985 et 1988 ; RAPHALEN et LE BRIS, 1985). Plusieurs essais réalisés dans le nord et l'ouest de la France, l'essai le plus « méridional » étant situé dans la région de Poitiers, ont porté sur la **comparaison de la production de plusieurs espèces fourragères pendant la période estivale**. Certains de ces essais ont été conduits avec et sans irrigation, l'irrigation permettant d'élargir la gamme des situations de disponibilités en eau. Le facteur limitant de ces essais étant l'alimentation en eau, la fertilisation azotée a été gérée de façon optimale. La production estivale a été mesurée à partir du 10 juin, qui est la date moyenne commune sur plusieurs des sites à laquelle les premiers effets de déficit hydrique apparaissent, et jusqu'au 30 septembre, date moyenne de retour des pluies d'automne dans ces régions. Tous les essais ont été conduits en mode fauche à la motofaucheuse sur des parcelles de 8 à 10 m², les repousses étant exploitées toutes les 4 semaines.

Le dactyle est légèrement, mais régulièrement, **plus productif que la fétuque élevée** avec, en moyenne sur l'ensemble des sites, un écart de 0,5 t MS/ha (Figure 1a). La différence de rendement entre ces deux espèces s'accroît lorsque la satisfaction des besoins en eau s'améliore. Sur

l'ensemble des sites d'expérimentation, **le ray-grass anglais est moins productif que la fétuque élevée**. L'écart moyen entre les deux espèces est relativement stable en valeur absolue avec 1,5 t MS/ha (Figure 1b). L'écart relatif entre les deux espèces a tendance à augmenter sous l'effet du déficit hydrique. Comme le montre la Figure 1c, **les ray-grass anglais et d'Italie ont le même comportement pendant la période estivale**. Il s'agit pour tous les essais de production du ray-grass d'Italie en première année après un semis d'automne.

FIGURE 1 – Productions estivales comparées du dactyle, de la fétuque élevée, du ray-grass anglais et du ray-grass d'Italie (année 1) sur la période du 10 juin au 30 septembre.



2.2. Réponses des espèces fourragères à l'irrigation

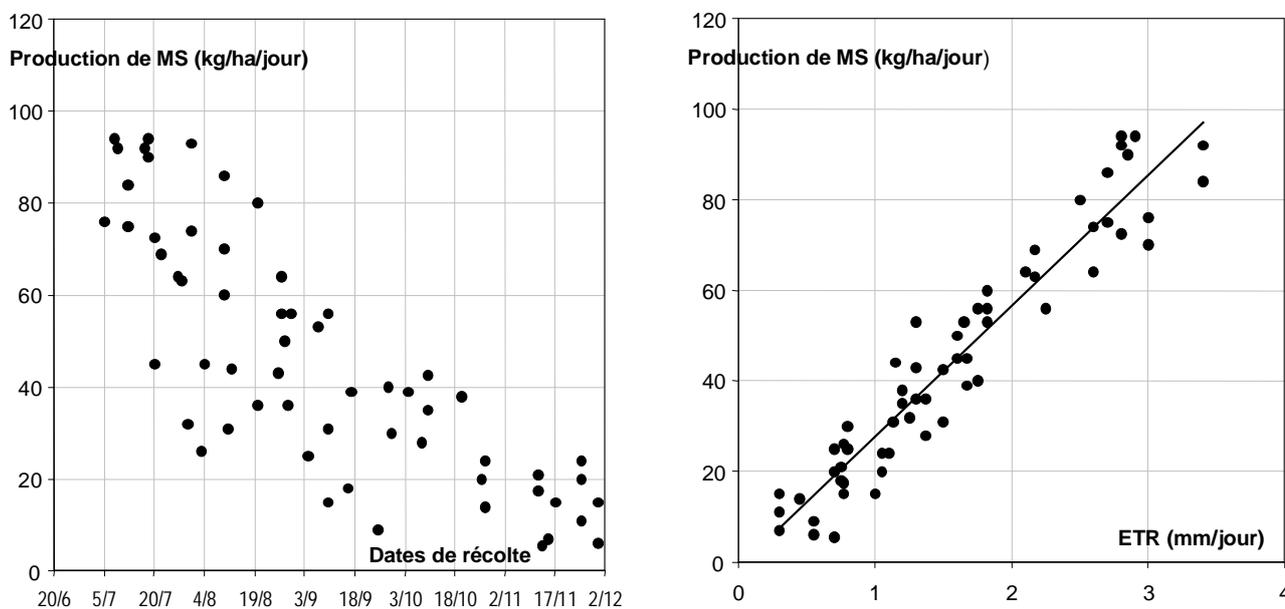
Le besoin de production fourragère peut justifier des irrigations d'appoint. Le Tableau 1 rassemble les données relatives aux effets de l'irrigation sur la production annuelle de matière sèche (en t MS/ha) de différentes espèces fourragères, obtenues sur 5 lieux d'essais conduits avec et sans irrigation dans plusieurs milieux pédoclimatiques. Les résultats concernent des cultures fourragères conduites en irrigation entre 80 et 95% de la capacité au champ. Il apparaît que, dans les conditions d'expérimentation retenues, **les réponses à l'irrigation de la fétuque élevée, du dactyle et du ray-grass anglais sont voisines et un peu plus faibles pour le ray-grass d'Italie**.

Comme le présente la Figure 2, les différences de vitesse de croissance du dactyle s'expliquent en grande partie par l'alimentation en eau (bilan hydrique simplifié), même si elles dépendent aussi des périodes de pousse, qui se différencient par des durées de jour (rayonnement), des températures et des évapotranspirations potentielles.

TABEAU 1 – Gains de production annuelle de MS (t/ha) obtenus par l’irrigation pour plusieurs espèces fourragères dans différents lieux et sous différents régimes hydriques (RAPHALEN, 1988, document interne).

Lieu <small>numéro</small>	Année	Fétuque élevée	Ray Grass Anglais	Dactyle	Ray Grass d'Italie
Bignan (56) ¹	1980	1.3	1.2		
	1981	2.1	2.5		
	1982	0.7	1.1		
	1983	2.5	3.1		
Beauvais (60) ²	1981	1.9	1.5		
	1982	2.5	1.7		
	1983	4.2	3.9		
La Jaillière (44) ³	1984	2.5	3.8	4.0	3.3
	1985	4.4	4.0	4.9	4.6
	1986	3.4	3.6	5.0	3.3
La Chapelle Montreuil (86) ⁴	1986	7.0	6.3	8.1	4.7
	1987	5.4	3.0	4.2	3.0
Surzur (56) ⁵	1986	4.5	4.4	3.8	3.9
	1987	5.4	6.2	5.0	5.0
moyenne 1+2+3+4+5		3.4	3.3		
moyenne 3+4+5		4.7	4.5	5.0	4.0
moyenne 4+5		5.6	5.0	5.3	4.2
moyenne 2+3		3.2	3.1		

FIGURE 2 – Effet de la période de croissance et de la satisfaction des besoins en eau sur la production de matière sèche de dactyle récolté toutes les 4 semaines à partir de début juillet. Essai pluri-annuel de Bignan (56), années 1979 à 1982 (RAPHALEN et LE BRIS, 1985).



2.3. Intérêt des mélanges d’espèces fourragères ou prairies « multi-espèces »

Depuis le début des années 2000, plusieurs expérimentations ont été mises en place pour comparer, dans les mêmes conditions pédoclimatiques, la production d’associations simples comprenant une graminée et une légumineuse et de mélanges semés comprenant plusieurs graminées et plusieurs légumineuses, encore appelés prairies multi-espèces.

– Prairies multi-espèces pour la pâture

Trois expérimentations, dont deux situées dans les Pays-de-la-Loire en situation séchante l'été - Thorigné d'Anjou (49) et La Jaillière (44) - et la troisième au sud de la région Centre en situation moins séchante - Jeu-les-Bois (36) -, ont testé des prairies multi-espèces destinées à la pâture, en comparaison à l'association ray-grass anglais - trèfle blanc (RGA+TB). Il s'agit d'essais analytiques réalisés en moyennes parcelles pâturées, sans choix possible par les animaux à Jeu-les-Bois et à La Jaillière, ou en bandes semées dans une parcelle pâturée avec choix possible par les animaux à Thorigné d'Anjou. Dans chaque essai, 6 modalités d'associations ou de prairies multi-espèces ont été étudiées, mais nous n'en présentons que 3 à 4 selon le lieu, dont les compositions sont décrites au Tableau 2. La production de matière sèche est estimée à chaque cycle par des prélèvements réalisés à la motofaucheuse ou à la minitondeuse, avant l'entrée des animaux. Le pH du sol varie entre 5,5 et 6 à Thorigné d'Anjou, entre 6 et 6,5 dans les deux autres sites ; aucune inoculation n'a été réalisée sur les légumineuses. A Jeu-les-Bois et Thorigné d'Anjou, les expérimentations se sont déroulées dans le cadre de l'agriculture biologique, les prairies multi-espèces constituant l'essentiel des prairies temporaires semées par les éleveurs biologiques, mais les références sont peu nombreuses. Dans ce mode de production, la place des légumineuses est prépondérante en l'absence de fertilisation azotée.

TABLEAU 2 – Composition* des prairies d'associations et multi-espèces pour la pâture
(ARVALIS – Institut du végétal, SUACI des Bordes, CA Maine-et-Loire).

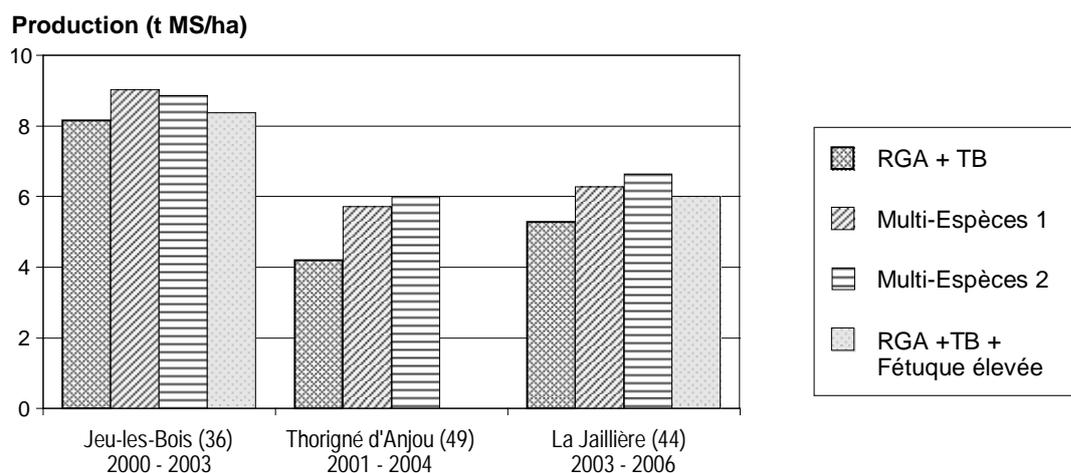
Site	Jeu-les-Bois (36)	Thorigné d'Anjou (49)	La Jaillière (44)
Années d'essai	2000 à 2003	2001 à 2004	2003 à 2006
Pluviométrie annuelle (mm)	780	720	640
dont du 1/04 au 30/06	220	115	120
dont du 1/06 au 31/08	200	160	120
RGA+TB	RGA 4n T <i>Pomerol</i> (25) TB <i>Aran</i> (4)	RGA 2n TT <i>Ohio</i> (20) TB <i>Demand</i> (3)	RGA 2n TT <i>Ohio</i> (20) TB <i>Alice</i> (2) + <i>Merwi</i> (2)
RGA+Féтуque Elevée+TB	RGA 4n T <i>Pomerol</i> (12) Féтуque Elevée ½ T <i>Madra</i> (12) TB <i>Aran</i> (4)	-	RGA 2n TT <i>Ohio</i> (8) Féтуque Elevée T <i>Bariane</i> (12) TB <i>Alice</i> (2) + <i>Merwi</i> (2)
Multi-Espèces 1	RGA 4n T <i>Pomerol</i> (8) RGA 2n T <i>Sydney</i> (6) Dactyle T <i>Athos</i> (3) Féтуque Elevée 1/2 T <i>Madra</i> (3) TB <i>Aran</i> (4) Minette <i>Virgo Pajberg</i> (4)	RGA 2n ½ T <i>Burton</i> (7,5) Féтуque Elevée T <i>Bariane</i> (9,5) Pâturin des prés <i>Oxford</i> (3) TB <i>Demand</i> (3) T. Hybride <i>Dawn</i> (3) Lotier <i>Léo</i> (3)	RGA 2n TT <i>Ohio</i> (8) Féтуque Elevée T <i>Bariane</i> (12) Fléole des prés <i>Comtal</i> (5) TB <i>Alice</i> (1,5) + <i>Merwi</i> (1,5) T. Hybride <i>Ermo</i> (3) Lotier <i>Lotanova</i> (3)
Multi-Espèces 2	RGA 4n T <i>Pomerol</i> (6) Dactyle T <i>Athos</i> (8) Féтуque Elevée 1/2 T <i>Madra</i> (6) TB <i>Milo</i> 2/3 + <i>Aran</i> 1/3 (4) Lotier <i>Léo</i> (2) Minette <i>Virgo Pajberg</i> (2) T. Violet 4n <i>Tedi</i> (1)	RGA 2n TT <i>Ohio</i> (7,5) Féтуque Elevée T <i>Bariane</i> (9,5) RGH 2n Int <i>Taldor</i> (3) TB <i>Demand</i> (2) T. Hybride <i>Dawn</i> (2) Lotier <i>Léo</i> (2) T. Violet 2n <i>Séгур</i> (3)	RGA 2n Int <i>Abermont</i> (8) Féтуque Elevée T <i>Bariane</i> (12) Pâturin des prés <i>Oxford</i> (5) TB <i>Alice</i> (1,5) + <i>Merwi</i> (1,5) T. Hybride <i>Ermo</i> (3) Lotier <i>Lotanova</i> (3)

* Composition : Espèces, ploïdie (2n : diploïde, 4n : tétraploïde), précocité d'épiaison (Int : intermédiaire, ½ T : ½ tardif, T : tardif, TT : très tardif), Variétés, (dose de semis, kg/ha)

Les résultats montrent que, quel que soit le site, **la production de matière sèche annuelle des prairies multi-espèces est toujours supérieure à celle de l'association RGA+TB**. L'écart moyen de production est plus élevé dans les 2 sites des Pays-de-la-Loire, + 40% à Thorigné d'Anjou et + 22% à La Jaillière, mais seulement + 10% à Jeu-les-Bois, dans un contexte moins séchant en été (Figure 3). **En conditions de sécheresse estivale marquée, l'écart de production en faveur des prairies multi-espèces est encore plus important** comparativement au RGA+TB : + 81% en 2004 à Thorigné d'Anjou, + 28% en 2005 à La Jaillière et + 15% en 2003 à Jeu-les-Bois, année la plus sèche dans chaque situation.

Le mélange RGA+Féтуque élevée+TB, avec une proportion significative de féтуque (12 kg/ha au semis), est moins productif que les 2 prairies multi-espèces testées à Jeu-les-Bois et à La Jaillière (Figure 3). Par rapport au RGA+TB, la production annuelle de matière sèche augmente légèrement à La Jaillière, de 14% en moyenne sur 4 ans avec 6,0 t MS/ha contre 5,3 t MS/ha, et se maintient à Jeu-les-Bois, avec 8,4 t MS/ha contre 8,2 t MS/ha.

FIGURE 3 – Productions annuelles comparées de l'association RGA+TB et de prairies multi-espèces pâturées (PELLETIER *et al.*, 2002a ; PELLETIER, 2003 ; COUTARD, 2005 et 2007 ; CHALONY, 2006).



Afin de mesurer à l'échelle du système fourrager la productivité et la résistance aux stress climatiques des deux types de prairies, associations et multi-espèces, une étude est en cours depuis 2004 à La Jaillière (44). **Deux systèmes fourragers en production de viande bovine** sont comparés, avec des vaches allaitantes limousines et leurs veaux au pâturage, l'un pâturant le RGA+TB, l'autre la prairie Multi-espèces 1.

A l'issue des deux premières années de résultats, 2004 et 2005 - années plutôt défavorables à la pousse de l'herbe en raison du déficit hydrique et des températures plus élevées que la normale - cet essai en grandes parcelles confirme que la production annuelle de MS de la prairie Multi-espèces 1 est supérieure à celle du RGA+TB d'environ 1,1 t MS/ha soit + 15%, avec 8,1 t MS/ha contre 7,0 t MS/ha (CHALONY, 2006). A terme, les performances animales au pâturage sur chaque type de prairie (croissance des veaux sous la mère, reprise de poids des vaches), ainsi que les stocks récoltés dans chaque système apporteront des réponses complémentaires sur l'intérêt des prairies multi-espèces en termes de robustesse aux aléas climatiques des systèmes fourragers à base d'herbe, fréquemment rencontrés en production de viande bovine.

– Prairies multi-espèces pour la fauche

Dans les exploitations essentiellement ou exclusivement herbagères, les stocks hivernaux sont constitués en partie sur des prairies temporaires assolées, productives et de courte durée (3 ans). Cette fraction de la surface en prairies est souvent fauchée deux fois, voire exclusivement fauchée. C'est pourquoi, dans un second essai en petites parcelles à Jeu-les-Bois, des prairies multi-espèces ont été comparées à des associations conduites en mode fauche exclusive, pendant 3 années, de 2000 à 2002, toujours dans le cadre de l'agriculture biologique. Parmi 12 modalités d'associations et de prairies multi-espèces étudiées, seules 8 sont présentées ici (Tableau 3). Au semis, l'inoculation a été réalisée sur la luzerne.

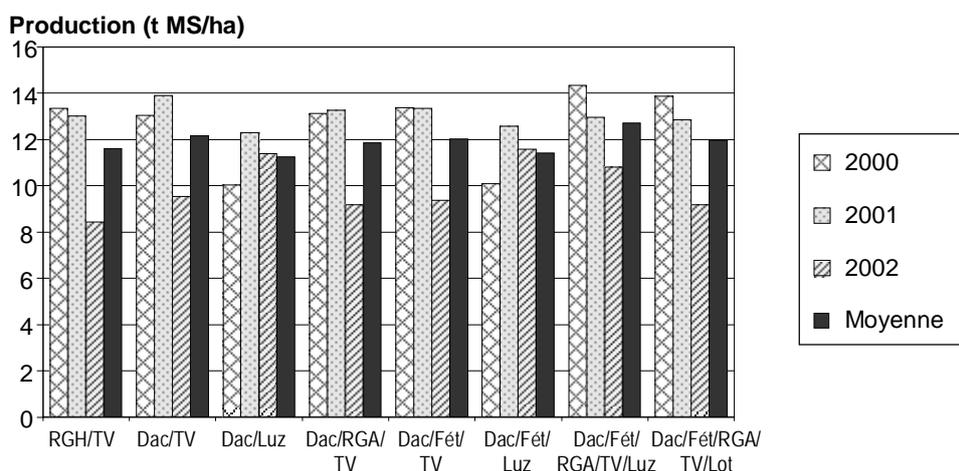
Par rapport à l'association 1 ray-grass hybride - trèfle violet (RGH+TV) couramment semée pour des prairies fauchées de courte durée, **la prairie multi-espèces 4** associant au semis 10 kg/ha de luzerne et 5 kg/ha de trèfle violet, en plus des 3 graminées dactyle, fétuque élevée et RGA, **s'est révélée plus productive de 10%** en moyenne sur 3 ans, avec 12,7 t MS/ha contre 11,6 (Figure 4). **L'association 2 Dactyle+TV a produit 5% de plus** en moyenne que le RGH+TV. La productivité du trèfle violet diminue fortement la 3^{ème} année, alors qu'à l'inverse, dans cet essai, la luzerne a été pénalisée du fait de son installation lente la 1^{ère} année. Les **conditions climatiques normales** en 2000 et 2002 et favorables en 2001 n'ont pas permis de tester la robustesse de ces mélanges prairiaux en conditions de stress hydrique marqué. Les bons niveaux de rendement mesurés indiquent la potentialité de ces prairies, avec une forte présence de légumineuses (de 63% à 76% de la MS produite selon le mélange, moyenne annuelle pondérée par la biomasse) et sans fertilisation azotée. Corrélativement, la teneur en matières azotées totales (MAT) des 8 types de prairies est comprise entre 12,9 et 14,5% MS (moyennes pondérées par la biomasse), la teneur la plus élevée étant celle de la prairie multi-espèces 4 et la plus faible celle du RGH+TV.

TABEAU 3 – Composition des prairies d’associations et multi-espèces pour la fauche
(ARVALIS – Institut du végétal, SUACI des Bordes).

Site		Jeu-les-Bois (36)	
Années d’essai		2000 à 2002	
Pluviométrie annuelle (mm)		820	
dont du 1/04 au 30/06		230	
dont du 1/06 au 31/08		225	
Composition*		Graminées**	Légumineuses**
Associations	1	RGH 2n Int <i>Barsilo</i> (20)	TV 2n <i>Merviot</i> (10)
	2	Dactyle 1/2 T <i>Accord</i> (17)	TV 2n <i>Merviot</i> (10)
	3	Dactyle 1/2 T <i>Accord</i> (12)	Luzerne <i>Diane</i> (15)
Multi-espèces	1	Dactyle 1/2 T <i>Accord</i> (10) RGA 2n T <i>Sydney</i> (7)	TV 2n <i>Merviot</i> (10)
	2	Dactyle 1/2 T <i>Accord</i> (8) Fétuque Elevée T <i>Myléna</i> (10)	TV 2n <i>Merviot</i> (10)
	3	Dactyle 1/2 T <i>Accord</i> (6) Fétuque Elevée T <i>Myléna</i> (8)	Luzerne <i>Diane</i> (15)
	4	Dactyle 1/2 T <i>Accord</i> (4) Fétuque Elevée T <i>Myléna</i> (5) RGA 2n T <i>Sydney</i> (5)	TV 2n <i>Merviot</i> (5) Luzerne <i>Diane</i> (10)
	5	Dactyle 1/2 T <i>Accord</i> (4) Fétuque Elevée T <i>Myléna</i> (5) RGA 2n T <i>Sydney</i> (5)	TV 2n <i>Merviot</i> (5) Lotier <i>Léo</i> (10)

* Espèces, ploïdie (2n : diploïde), précocité d’épiaison (Int : intermédiaire, ½ T : ½ tardif, T : tardif), variétés (doses de semis, kg/ha)

FIGURE 4 – Productions annuelles de MS d’associations et de prairies multi-espèces fauchées à Jeu-les-Bois (PELLETIER *et al.*, 2002b ; PELLETIER, 2003).



– Questions posées par les prairies multi-espèces

Les essais réalisés en France mettent en évidence l’intérêt des prairies multi-espèces comparativement à des associations, très couramment utilisées jusque-là dans les exploitations soucieuses de miser sur les légumineuses, ou comparativement à des prairies mono ou plurispécifiques de graminées (SURAULT *et al.*, 2005 et 2007). Ces constats reposent toutefois sur un faible nombre d’essais - même si plusieurs expérimentations ont vu le jour depuis les années 2000 -

et sur peu d'années. Plusieurs questions se posent aujourd'hui, qui mériteraient de développer ces travaux :

- **Comment la production et la composition floristique de ces prairies évoluent-elles en fonction du temps**, en particulier sous des contraintes hydriques fortes ou suite à des sécheresses répétées ? Concernant la végétation, les observations visuelles sur les prairies multi-espèces exploitées par le troupeau limousin conduit en agriculture biologique à Jeu-les-Bois ont montré que le dactyle était prédominant au printemps 2004, suite à la sécheresse et aux fortes chaleurs de l'été 2003. A Thorigné d'Anjou, le dactyle et le trèfle violet semblent aussi trop agressifs et peu « sociables » vis-à-vis des autres espèces, dans les conditions de déficit hydrique estival marqué et récurrent.

- Comment la production et la composition floristique de ces prairies évoluent-elles **en fonction du lieu**, à partir d'une même composition du mélange semé ? L'idée progresse autour d'un réseau d'essais multi-sites pour tester la robustesse de ces mélanges prairiaux dans des milieux différents, réseau centré sur l'agriculture biologique où l'importance des légumineuses est primordiale (ITAB, 2007).

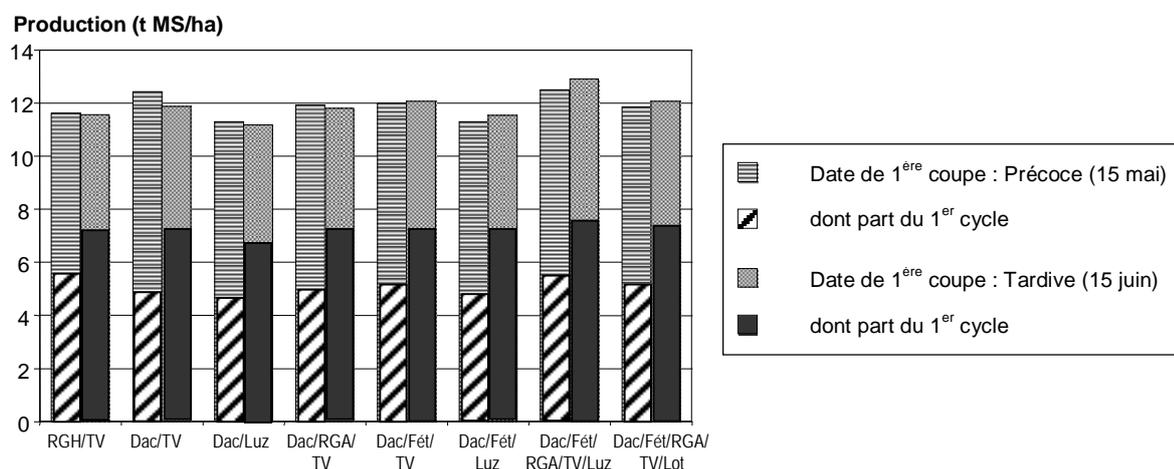
- **Comment apprécier la valeur alimentaire de ces prairies composites**, en particulier leur valeur énergétique, en fonction de leur composition ? Comment cette valeur évolue-t-elle sur plusieurs années ? Des travaux sont en cours à l'INRA de Lusignan (SURAUULT *et al.*, 2007) sur 25 couverts prairiaux dont 20 mélanges graminées/graminées ou graminées/légumineuses, conduits avec deux rythmes de défoliation, lent (une coupe tous les 45 jours) et rapide (une coupe tous les 25 jours). D'autres études sont également en cours pour prévoir la digestibilité *in vivo* de la matière organique de foins issus de prairies multi-espèces avec l'URH-RAPA de l'INRA de Theix (AUFRERE *et al.*, 2006).

2.4. Intérêt de la fauche précoce pour sécuriser les repousses estivales

En situation séchante, les repousses estivales des prairies sont d'autant plus compromises que la date de 1^{ère} coupe est tardive. L'influence de la date de 1^{ère} coupe sur la production de matière sèche et sa répartition sur l'année a été mesurée dans le même essai que précédemment, sur des prairies fauchées pendant 3 ans (2000 à 2002) à Jeu-les-Bois : une date de 1^{ère} coupe précoce au 15 mai a été comparée à une date tardive au 15 juin.

Les résultats obtenus en moyenne sur 3 ans montrent que, quel que soit le type de prairie et sa composition, **la production annuelle de matière sèche n'est pas affectée par la date de 1^{ère} coupe**, qu'elle soit précoce ou tardive (Figure 5). La répartition de cette production indique de plus que la part de la production au 1^{er} cycle et celle des repousses d'été-automne sont exactement inversées entre les 2 dates de coupe. **La production des repousses après une 1^{ère} fauche précoce est en moyenne supérieure de 2,1 t MS/ha** par rapport à celle obtenue après une 1^{ère} fauche tardive. Si l'on ajoute le fait que la fauche précoce a pour conséquence une amélioration de la teneur en MAT de l'herbe produite sur l'année, de + 0,7% MS en moyenne (14,2% MS en fauche précoce contre 13,5% MS en fauche tardive pour les 8 mélanges testés), la fauche précoce à la mi-mai est à privilégier par rapport à la fauche tardive à la mi-juin.

FIGURE 5 – Production annuelle de MS selon la date de 1^{ère} coupe pour des associations et des prairies multi-espèces fauchées à Jeu-les-Bois (PELLETIER *et al.*, 2002b ; PELLETIER, 2003).



Il est à noter que, parmi les mélanges testés, **la prairie multi-espèces 4** associant les 3 graminées, la luzerne et le trèfle violet produit 7,0 t MS/ha en repousses après une fauche précoce, juste derrière l'association 2 Dactyle+TV qui produit 7,6 t MS/ha. C'est également ce mélange 4 qui produit le plus en repousses après une fauche tardive, avec 5,3 t MS/ha. En raison de sa **souplesse de conduite** et de sa **productivité élevée, tant en biomasse qu'en MAT à l'hectare**, avec en moyenne sur 3 ans 1 840 kg de MAT/ha, atout particulièrement important en agriculture biologique, cette combinaison prairiale est à privilégier en termes de mélanges d'espèces à planter. C'est d'ailleurs le choix fait depuis 2004 à Jeu-les-Bois pour l'implantation des prairies temporaires fauchées en agriculture biologique, dans le cadre de l'étude conduite depuis 2001 sur l'autonomie alimentaire d'un système limousin naisseur-engraisseur.

En matière de **gestion du pâturage**, l'ajustement de la conduite des prairies pâturées à la pousse de l'herbe au printemps est un facteur important pour sécuriser le pâturage des animaux en début d'été, sur le mois de juillet, alors que la pousse de l'herbe devient faible à nulle. L'enjeu est de profiter de la pleine croissance de l'herbe en mai pour faucher précocement des parcelles initialement prévues pour la pâture, sur lesquelles la quantité d'herbe élevée risque d'engendrer un gaspillage. C'est en effet **la fauche précoce à la mi-mai** de ces parcelles, récoltées en ensilage ou en enrubannage, qui **permet d'assurer la disponibilité de repousses feuillues supplémentaires** dès la fin juin - début juillet et ainsi de prolonger le pâturage. Il est bien évident que, si la sécheresse estivale est importante, l'interruption du pâturage sera inévitable, mais retardée souvent de 3 à 4 semaines par rapport à des situations sans ajustement du pâturage.

Le développement de préconisations de « Jours d'Avance de Pâturage » par période clé au printemps dans le cadre de la méthode Herbo-LIS[®] d'aide à la gestion du pâturage (HARDY *et al.*, 2001 ; ARVALIS - Institut du végétal, 2005), permet de sécuriser le pâturage tant en système laitier qu'en système bovin viande et de faciliter la prise de décision de l'agriculteur. Dans les systèmes allaitants herbagers du Massif central, la fauche précoce au 15-20 mai des parcelles risquant d'être gaspillées par les animaux, gérée de manière plus souple par l'enrubannage que par l'ensilage d'herbe, apporte une sécurisation importante du système fourrager, en plus de la **récolte supplémentaire de stocks fourragers** de bonne qualité qu'elle permet (PELLETIER *et al.*, 2001 ; PAULIN *et al.*, 2001).

3. Sécurisation des stocks de maïs fourrage

3.1. Estimer les potentiels des milieux en maïs fourrage

Dans le cas de systèmes fourragers mixtes, la connaissance des potentialités comparées de production de l'herbe et du maïs fourrage des parcelles de l'exploitation et des besoins du troupeau constitue une étape importante pour déterminer les surfaces à affecter aux deux types de fourrage et le chargement en animaux à l'hectare. Les rendements historiques et l'état des stocks permettent aux éleveurs de calibrer leurs soles aux besoins en tenant compte des aléas. Toutefois, dans les régions à sécheresses estivales récurrentes, du sud de la Bretagne à la Lorraine en passant par les Pays-de-la-Loire, les éleveurs ont de plus en plus tendance à se caler sur les rendements minimaux afin de sécuriser totalement leurs approvisionnements.

Les études réalisées à la fin des années 1990 par les Chambres d'Agriculture, l'AGPM et l'ITCF en Bretagne et Pays-de-la-Loire à partir de plusieurs années de suivi agronomique de parcelles de maïs, de la collecte des caractéristiques de sol, de climat et d'itinéraires techniques, ainsi que de fonctions de production intégrant les températures et les bilans hydriques, ont permis d'établir des fourchettes de potentiels de production du maïs (déciles et médianes) par petite région et type de réserve hydrique des sols en Bretagne et Pays-de-la-Loire (AGPM *et al.*, 1994, 1996). La définition des zones aux potentialités équivalentes en maïs réalisée dans le cadre d'un partenariat entre l'INRA et l'AGPM en 1995 avec GOA Maïs (modèle de culture antérieur à STICS, RUGET *et al.*, 1995) reflète aussi la préoccupation d'apprécier les niveaux et la variabilité des rendements accessibles. L'analyse des leviers de progrès de la production du maïs fourrage en Lorraine (HAUPPRICH, 2004) qui a conduit à effectuer des comparaisons entre les rendements obtenus avec des conduites de culture bien maîtrisées dans des essais et les rendements agricoles mesurés par les organismes de conseil (Chambres d'Agriculture, EDE, exploitations des lycées agricoles) concluent à des écarts moyens de l'ordre de 2 t MS/ha.

Toutes les références acquises montrent l'intérêt de la productivité du maïs fourrage en années normales, mais aussi en années difficiles avec des tonnages rarement inférieurs à 8 t MS/ha sans irrigation, et généralement supérieurs à 12 t/ha dans les types de sols retenus par les producteurs pour la culture du maïs ou bien bénéficiant d'une irrigation d'appoint les années sèches.

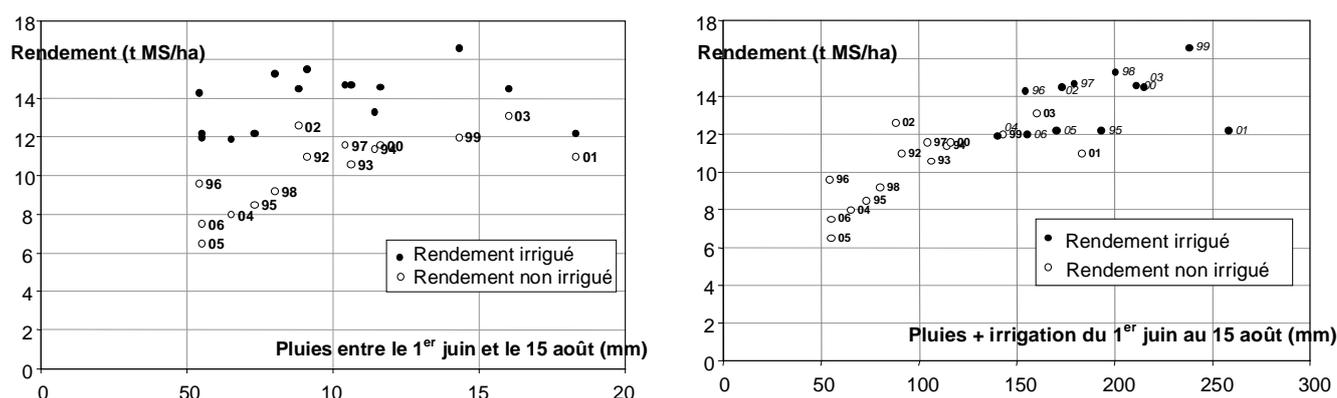
3.2. Adaptation en cours de campagne par la double destination de la sole maïs

Le risque de sécheresse et la variabilité interannuelle des rendements de l'herbe et du maïs conduisent dans bien des situations à des surestimations de surfaces affectées à la production fourragère afin de limiter les risques de pénuries de fourrage. En cas de bonnes années, des réserves sont constituées - la bonne conservation des ensilages de maïs le permet -, ce qui présente un coût d'immobilisation significatif ou une sous-valorisation de la sole. **La récolte tardive du maïs permet des ajustements de stocks après la période de plus grand risque de sécheresse.** En fonction du rendement obtenu, la sole de maïs est affectée pour partie à l'ensilage, l'autre étant réorientée vers une récolte en grain. Cette technique d'adaptation opérationnelle concerne près de 100 000 ha annuels dans les zones d'élevage. En 2003, ce volant de sécurité et le transfert de maïs grain en ensilage ont atteint près de 200 000 ha. Cette double finalité de la sole de maïs apporte de la souplesse au système en cas d'aléas climatiques.

3.3. Intérêt de l'irrigation d'appoint

Dans les situations de sécheresses récurrentes, des irrigations d'appoint régularisent les rendements. Les résultats obtenus par ARVALIS – Institut du végétal sur la station de La Jaillière (44) au cours des 16 dernières années montrent qu'une irrigation d'appoint moyenne de 90 mm (comprise entre 55 et 120 mm selon les années et les parcelles) **stabilise les rendements** entre 12 et 16 t MS/ha sur des sols de réserve utile de l'ordre de 60 à 80 mm alors qu'en sec, les rendements varient de 6,5 à 13 t MS/ha (Figure 6). L'irrigation apportée avant que les réserves de survie des sols ne soient entamées, en 3 ou 4 arrosages au cours de la période qui encadre la floraison femelle et en début de croissance des grains, est **bien valorisée** comme le montre la Figure 6, avec des gains de production élevés, de l'ordre de 180 kg de MS/jour (85 à 230 selon les années et le pilotage de l'irrigation). L'irrigation d'appoint en maïs fourrage, très utilisée par exemple dans le bocage vendéen, est probablement la technique la plus efficace.

FIGURE 6 - Intérêt d'une irrigation d'appoint de 90 mm en situation de déficit hydrique et efficacité de l'eau. Comparaison de rendements en parcelles irriguées et non irriguées à La Jaillière (44) sur la période de 1992 à 2006 (ARVALIS – Institut du végétal) (les chiffres en étiquettes des points correspondent aux années).



3.4. Esquiver les périodes de déficit hydrique

Dans les régions à risque fréquent de déficit hydrique estival, la stratégie de décaler la phase de croissance la plus active, et qui est aussi celle de définition du nombre de grains, vers des périodes moins déficitaires en eau peut être une solution.

Avancer les dates de semis répond à cet objectif. Cette stratégie s'inscrit dans un processus continu d'avancement progressif des dates de semis du maïs depuis plus de 20 ans, avec près de 20 jours gagnés. Néanmoins, cette technique présente, outre quelques difficultés de mise en œuvre

dans les sols à ressuyage lent, des limites dans les zones septentrionales (semis précoces actuels dès le 10-20 avril). En allongeant la durée de la phase juvénile, les températures froides du printemps exposent les plantes plus longtemps aux ravageurs de début de cycle. La maîtrise des adventices peut devenir aussi plus complexe. Les températures minimales basses au moment de la différenciation des épis sont à craindre.

Le décalage des périodes sensibles du maïs vis-à-vis du manque d'eau passe aussi par le choix de la **durée de cycle des variétés** (LORGEOU *et al.*, 2006). Des essais portant sur le choix de la précocité des variétés de maïs grain ont été mis en place ces deux dernières années, notamment en Poitou-Charentes, une région concernée par des restrictions et des dates précoces d'arrêt d'arrosage. Les résultats (Figure 7) montrent qu'en cas de dates d'arrêt d'irrigation anticipées par rapport aux besoins et en scénario de déficit de pluviométrie en août (le cas de 2005), le rendement en maïs grain des variétés plus précoces est proportionnellement moins affecté que celui des variétés plus tardives. En revanche, les résultats de 2006 mettent en évidence qu'en cas de déficit hydrique de juillet, de retour des pluies à la fin du mois de juillet et en août, et de sommes de températures très généreuses en automne, les variétés tardives ont le mieux esquivé le déficit hydrique précoce. En contexte irrigué, les essais de pilotage optimisé de l'irrigation réalisés sous les abris mobiles du Magneraud (17) sur une variété demi-précoce et une variété tardive confirment que le choix d'une variété plus précoce (de deux groupes) permet d'économiser un tour d'irrigation de 30 à 40 mm d'eau. Ces résultats obtenus en maïs grain en situation de gestion restrictive de l'irrigation sont extrapolables à la fraction « grain » du maïs fourrage qui correspond en moyenne à 40% de la biomasse. Ils confirment la nécessité d'**ajuster les stratégies en fonction des scénarios et intensités de déficits hydriques les plus fréquents.**

FIGURE 7 – Effet de la date d'arrêt d'irrigation et de l'année (scénario de répartition des pluies estivales) sur le rendement en grain de variétés de maïs appartenant à trois groupes différents de précocité. Synthèse de 4 essais annuels en Poitou-Charentes (BOUTHIER et BONNIFET, ARVALIS – Institut du végétal).

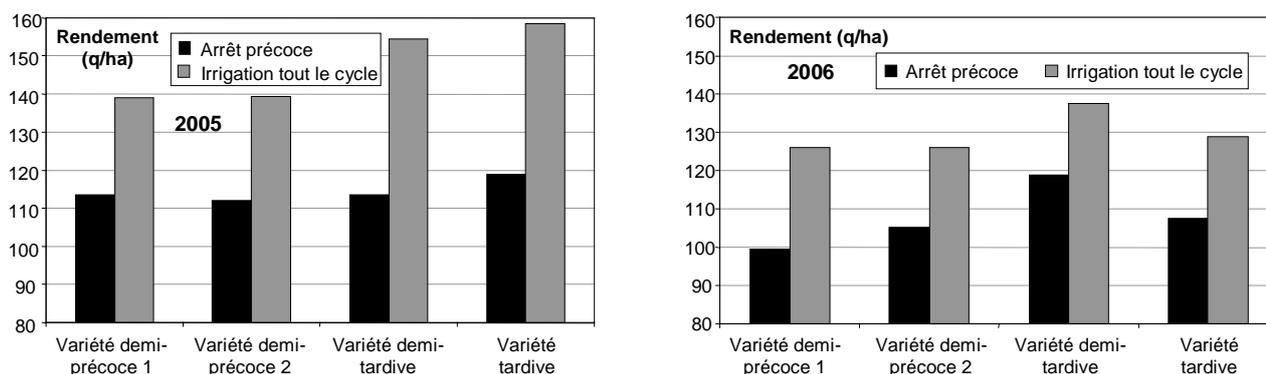
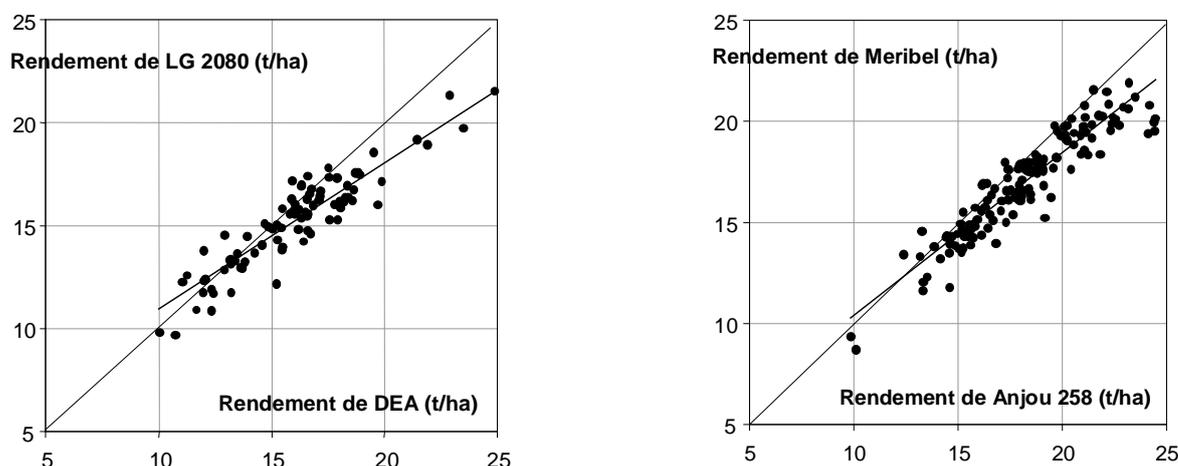
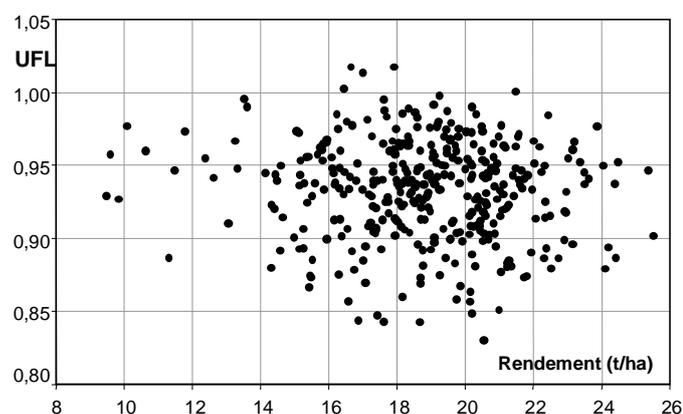


FIGURE 8 – Comparaison des rendements en maïs fourrage en réseau de Post-Inscription de ARVALIS – Institut du végétal et en expérimentation CTPS de variétés différenciées en précocité (Très précoce : LG 2080 et Meribel et précoce : Dea et Anjou 258).



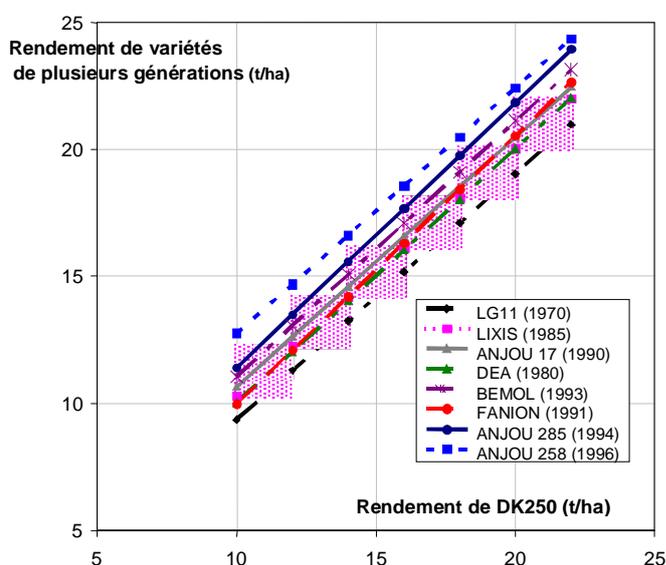
La comparaison des rendements en ensilage de variétés très précoces avec des précoces (écart de dates de floraison de 50 à 60 degrés-jours) montre qu'en situations à moindre rendement, essentiellement du fait de déficits hydriques, une variété plus précoce atteint des rendements comparables à ceux d'une plus tardive d'un groupe de précocité. Compte tenu de son moindre potentiel de rendement, elle se comporte mieux en valeur relative. Une variété adaptée en précocité peut certes n'être qu'équivalente à une plus précoce dans les situations stressantes ; en revanche, elle s'extériorise pleinement si les conditions climatiques de l'année sont plus favorables (Figure 8). Cette bonne valorisation est un des atouts du maïs. Concernant la valeur énergétique, les effets du niveau de rendement ne sont pas significatifs et celle-ci relève plus des scénarios de croissance, du stade de récolte et de la variété (Figure 9). **Même en cas d'aléas, la valeur énergétique du maïs reste supérieure à 0,85 UFL/kg MS.**

FIGURE 9 – Valeur UFL du maïs à différents niveaux de rendement. Données obtenues en essais Post-Inscription et CTPS sur la variété Anjou 258 ; 380 données sur la période 1998 à 2006.



Valeur UFL estimée selon le modèle M4 ANDRIEU-AUFRERE (1996), intégrant la solubilité enzymatique et la teneur en MAT ; analyses réalisées par NIRS selon la calibration de Libramont

FIGURE 10 – Progrès génétique en rendement constaté en maïs fourrage au cours des 30 dernières années ; comparaison des rendements de plusieurs générations de variétés précoces dans différents potentiels de rendements, du réseau de Post-Inscription AGPM-ITCF et SEPROMA (droites de régression calculées entre témoins successifs).



3.5. Progrès génétiques et tolérance à la sécheresse

Le choix de variétés participe à l'extériorisation des rendements en situation de sécheresse. Les progrès réalisés au cours des 30 dernières années sont significatifs en la matière (LORGEOU et BARRIERE, 1996). **Le gain de rendement est proportionnellement plus élevé dans les potentiels à 10 t MS/ha que dans les potentiels les plus élevés (Figure 10).** La valorisation des données historiques du réseau de Post-Inscription sur la période 1975 à 2005, selon une méthode d'indexation des témoins successifs, confirme les données acquises dans une expérimentation spécifique conduite en maïs grain par l'INRA et l'AGPM à la fin des années 1980. Des variétés des générations 1950, 1960, 1970 et 1980 ont été expérimentées à trois densités de culture dans des parcelles à potentiels de rendement différenciés. DERIEUX *et al.* (1987) ont montré que, outre des progrès moyens estimés à 0,8 q/ha/an sur la période entre 1950 et 1985 et qui se sont maintenus à un même rythme soutenu de 1% /ha/an (essais de Post-Inscription), l'amélioration du maïs grain a surtout porté sur la régularité des rendements et sur le comportement des variétés en conditions de facteurs limitants, plus que sur le rendement en conditions optimales. Les variétés modernes valorisent mieux les fortes densités de culture, du fait de progrès de tenue de tige concomitants. L'application de l'effet de compétition entre plantes, *via* la densité de culture, dans le processus de sélection a largement participé à l'obtention de variétés plus rustiques.

Les améliorations de la tolérance au déficit hydrique se poursuivent ; les évaluations des variétés en situation de restriction en eau s'intensifient. La sélection sur ce critère reste un enjeu stratégique en France et l'est aussi dans de nombreuses régions du monde. Avec l'évolution des biotechnologies, l'identification et la valorisation de la diversité génétique sont plus accessibles. Les études de génétique d'association devraient participer à l'amélioration de la production des plantes sous contraintes hydriques.

3.6. Implantation de la culture, ajustement des densités de culture

Les décisions techniques prises lors de la mise en place de la culture ont aussi une incidence sur les résultats et comportements aux stress hydriques.

La préservation de la **profondeur de sol** apte à être explorée par les racines est importante dans les situations à risque de sécheresse. De mauvaises conditions de récolte du précédent, de labour et de reprise au printemps créent des tassements de sols et des semelles difficiles à exploiter par les racines, réduisant ainsi la réserve utilisable en eau des sols.

La présence de **précédent récolté peu de temps avant** le semis du maïs, dans les situations de succession de ray-grass d'Italie et maïs, présente des inconvénients en matière d'épuisement de la réserve hydrique du sol et de qualité de l'implantation du maïs.

Les **densités de culture** sont aussi à optimiser en situations de déficit hydrique. Les peuplements optimaux correspondent aux densités auxquelles le bilan entre les besoins des plantes et l'offre du milieu en eau s'équilibre, ce qui conduit à des préconisations différenciées par potentiel de rendement, avec des recommandations de diminutions pouvant atteindre 20 000 plantes/ha entre des parcelles bien pourvues en eau et à risques de stress hydrique.

Discussion et conclusion

Comme le montrent les résultats précédents, toutes les espèces actuellement utilisées comme fourrage subissent des pertes de rendement sous l'effet de déficits hydriques. Leurs différences d'aptitude à valoriser l'eau ne suffisent pas toujours à proposer des alternatives de substitution d'espèces à la mesure de l'intensité et la variabilité des épisodes de sécheresses. Les risques de pénuries ou de constitution de stocks trop importants peuvent néanmoins être minimisés par plusieurs types d'ajustements complémentaires portant sur la gestion des surfaces en prairies et en maïs, et comprenant :

- des stratégies :

- de concordances des périodes de plus forts besoins en fourrage du troupeau (post-vêlage) avec les pics de production de l'herbe. Cette solution doit bien entendu être compatible avec les calendriers des débouchés et, plus particulièrement, les demandes des entreprises de transformation des produits laitiers ;
- de répartition des risques de moindres rendements et des possibilités de constitution de stocks pour traverser les périodes de pénuries. Cette solution implique le choix judicieux d'espèces fourragères, de maïs et de céréales ayant des périodes de croissance réparties au cours du temps (printemps, été et automne) ;
- de culture d'espèces productives, valorisant bien l'eau, de bonne valeur alimentaire et appétence et qui présentent de surcroît une grande souplesse de récolte sous forme de foin et d'ensilage. Avec sa récolte d'automne, la culture du maïs, bien valorisée en fourrage et en grain, apporte de la robustesse aux systèmes fourragers, ce qui explique d'ailleurs son développement. Les études en cours, notamment à l'INRA de Lusignan, sur la production et la valeur alimentaire de l'ensilage de sorgho grain et sucrier en situations de déficit en eau, devraient permettre d'apprécier l'intérêt de ces cultures d'été dans les régions à sécheresses intenses et fréquentes.
- de recours à des prairies multi-espèces, plus productives en conditions difficiles que des cultures pures et des associations, à condition que leurs compositions soient bien définies en fonction du type de sol et du mode d'exploitation, qui contribuent à sécuriser les systèmes fourragers, en particulier dans les zones herbagères ;

- **des tactiques de conduite des cultures** qui permettent quelques adaptations aux événements de sécheresse :

- en situations à risques récurrents de déficits hydriques, le choix de l'assolement avec par exemple du dactyle, ou des prairies multi-espèces contenant du dactyle et une culture d'été comme le maïs, se justifie du fait de leur bonne efficacité de l'eau. L'irrigation d'appoint permet de sécuriser efficacement les niveaux de production car elle est bien valorisée par ces cultures. Les choix des dates d'intervention (travail du sol, semis, récolte), des variétés (précocité et génotype), des densités de culture participent à l'optimisation de la production ;
- le recours à la fauche précoce, tant sur les parcelles excédentaires du pâturage de printemps que sur une part plus ou moins importante des prairies fauchées, à raisonner selon le niveau de chargement de la surface en herbe, accroît la résistance des exploitations à des sécheresses précoces de fin de printemps-début d'été ;

- **des ajustements opérationnels** en cours de campagne avec :

- des bilans fourragers périodiques (avril, juin et fin août) permettant des prises de décisions d'assolements et de récoltes des cultures annuelles. La rotation ray-grass d'Italie - maïs s'inscrit dans cette démarche, lorsque les sols et la pluviométrie hivernale y sont favorables. L'ensilage de céréales immatures en juin peut être pratiqué pour pallier les situations de sécheresse précoce même si, comme cela fut le cas en 2006, la faisabilité présente des limites du fait d'une fenêtre de période de récolte étroite. La période optimale des stades de récolte de l'ensilage est courte et difficile à respecter en années chaudes où les stades s'enchaînent rapidement ou lors d'épisodes pluvieux de juin. Par ailleurs, lorsque la pousse de l'herbe a été affectée par la sécheresse pour les espèces fourragères pérennes, le rendement des céréales a lui aussi été affecté. Le bilan fourrager de fin août, soit après la période annuelle de production de toutes les espèces, permet, dans les systèmes intégrant une culture d'été, de statuer sur les quantités à stocker en fonction de l'état et de l'anticipation des stocks ;
- des possibilités de valorisation des cultures semées en dérobée et des jachères, lorsque les dates d'autorisation sont adéquates.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement leurs collègues d'ARVALIS – Institut du végétal, A. Bouthier, B. Carpentier, J.M. Deumier et J.P. Renoux, pour leur relecture attentive de ce texte.

Références bibliographiques

- AGPM et Chambres d'Agriculture des Pays de la Loire, 1994. Analyse et estimation des rendements dans les régions. Potentialités du maïs en Pays de la Loire, Perspectives Agricoles n°194, septembre 1994, 96-108.
- AGPM, Chambres d'Agriculture de Bretagne, ITCF, 1996. Le maïs ensilage en Bretagne, Etude des potentialités, Perspectives Agricoles n°215, juillet-août 1996, 74-88.
- ANDRIEU J., AUFRÈRE J., 1996. Prévision à partir de différentes méthodes (physique, chimique et biologique) de la digestibilité et de la valeur énergétique de la plante de maïs à l'état frais. Recueil des communications du colloque Maïs ensilage de Nantes, AGPM, 17-18 septembre 1996, 61-69.
- ARVALIS – Institut du végétal, 2005. Gérez le pâturage avec la méthode Herbo-LIS®, 2005. Document promotionnel, 4p.
- AUFRÈRE J., PELLETIER P., BRANDON G., HARDY A., ANDUEZA D., DULPHY J.P., BAUMONT R., 2006. Prévision de la digestibilité *in vivo* de la matière organique de foin de mélanges prairiaux par différentes méthodes de laboratoire. Renc. Rech. Ruminants, 13, 105.
- CHALONY L., 2006. « Production et valorisation au pâturage des prairies multi-espèces », Mémoire de fin d'études de l'Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers et ARVALIS – Institut du végétal, septembre 2006, 96 p.
- COUTARD J.P., 2005. Privilégier les prairies à flore variée. Dossier « Du sol à l'animal en Agriculture Biologique », juin 2005, 4p.
- COUTARD J.P., 2007. Privilégier les prairies à flore variée. Journées AFPP, mars 2007, 2p, ce document.

- DERIEUX M., DARRIGRAND M., GALLAIS A., BARRIÈRE Y., BLOC D. ET MONTALANT Y., 1987. Estimation du progrès génétique réalisé chez le maïs grain en France entre 1950 et 1985. *Agronomie*, 7 (1) 1-11.
- HARDY A., LE BRIS X., PELLETIER P., 2001. Herb'ITCF® : une méthode d'aide à la gestion du pâturage, *Fourrages*, 167, 399-415.
- HAUPPRICH, 2004. « Expertise des pratiques culturales du maïs fourrage en Lorraine : Voies d'optimisation des itinéraires techniques », Mémoire de fin d'études de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires et ARVALIS – Institut du végétal.
- ITAB, 2007. Contribution des prairies à flore variée à la sécurité et à la durabilité des systèmes d'élevage biologique soumis aux aléas climatiques. Appel à projets d'innovation et de partenariat CAS-DAR 2007, 10 p.
- LORGEOU J., BARRIÈRE Y., 1996. Le progrès génétique en maïs fourrage. Recueil des communications du colloque Maïs ensilage de Nantes, AGPM, 17-18 septembre 1996, 319-334.
- LORGEOU J., BOUTHIER A., RENOUX J.P., CLOUTÉ G., 2006. Stratégie d'évitement en maïs grain dans le Centre Ouest. Adapter le cycle aux contraintes hydriques par la précocité. *Perspectives Agricoles* n°326, mars 2006, 62-68.
- PAULIN S., PELLETIER P., VERGNE J.L., 2001. La méthode Herb'ITCF® appliquée au LEGTA des Vaseix. Actes des journées de l'AFPF « Nouveaux regards sur le pâturage », A37.
- PELLETIER P., 2003. Choix des mélanges prairiaux pour des prairies pâturées ou fauchées en élevage bovin viande biologique. Actes de la 3^{ème} Journée Technique du Pôle Scientifique AB du Massif Central, 32-37.
- PELLETIER P., GOURICHON H., LE GOUX P., 2001. Utilisation de la méthode Herb'ITCF® par deux groupes d'éleveurs en Creuse. Exemples des GDA de la Combraille et d'Auzances. Actes des journées de l'AFPF « Nouveaux regards sur le pâturage », A38.
- PELLETIER P., BRANDON G., FOUSSIER T., 2002a. Composition du mélange prairial pour des prairies pâturées en élevage bovin viande biologique : premiers résultats. *Renc. Rech. Ruminants*, 9, 232.
- PELLETIER P., BRANDON G., FOUSSIER T., 2002b. Prairies fauchées en élevage bovin viande biologique : composition du mélange prairial et influence de la date de première coupe. Premiers résultats. *Renc. Rech. Ruminants*, 9, 233.
- RAPHALEN J.L., 1985. Comparaison de la production de matière sèche de quelques espèces fourragères dans l'Ouest. *Fourrages*, 102, 29-39.
- RAPHALEN J.L., 1988. Irrigation des fourrages, Synthèse d'essais ITCF sur la valorisation de l'eau par les plantes fourragères 1969-1987. Document interne.
- RAPHALEN J.L., LE BRIS X., 1985. Production des prairies et climat. *Fourrages*, 102, 19-28.
- RUGET F. *et al.*, 1995. Délimitation de zones aux potentialités équivalentes en France et dans la Communauté Européenne pour optimiser les réseaux d'expérimentation des variétés Blé et Maïs, Etude pour le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Edt INRA, AGPM et ITCF.
- SURAUULT F., VERON R., DO NASCIMENTO W.G., HUYGHE C., BRIAND M., 2005. Valeur agronomique de couverts prairiaux composés de plusieurs espèces. Premiers résultats, Actes des journées de l'AFPF 2005, 170-171.
- SURAUULT F., VERON R., HUYGHE C., 2007. Production fourragère de prairies mono ou pluri spécifiques en année à déficit hydrique marqué (2005), Journées AFPF, mars 2007, 2p, ce document.