

Comportement hivernal et repousse printanière du trèfle blanc : importance du cultivar

C. Robin¹, G. Corbel¹, M.P. Guinchard¹,
C. Bazard², A. Guckert¹

Les associations avec trèfle blanc sont souvent remises en cause en raison de leurs fluctuations de production et de la faible persistance du trèfle blanc. Parmi les causes évoquées, la survie hivernale et la repousse printanière plus lente de la légumineuse méritent d'être étudiées. Ainsi, certains cultivars ne résisteraient-ils pas mieux au climat froid ?

RÉSUMÉ

La morphogenèse de la plante ainsi que la survie des bourgeons affectés par la période hivernale conditionnent la repousse printanière et la pérennité de l'association. On constate une évolution saisonnière des réserves glucidiques des stolons, avec une accumulation automnale et une hydrolyse hivernale. Les résultats montrent que les réserves en début d'hiver (liées à la surface foliaire par axe plus élevée en automne, et à des stolons plus épais) sont plus élevées pour AberHerald que pour Huia, les 2 variétés étudiées. Le potentiel de repousse au printemps (nombre de bourgeons actifs de feuilles et de racines, vitesse d'apparition des feuilles) de AberHerald est significativement supérieur à celui de Huia. D'où l'importance, pour le praticien, de choisir un cultivar adapté aux conditions pédoclimatiques locales.

MOTS CLÉS

Association végétale, cultivar, hiver, morphogenèse, pérennité, production fourragère, résistance au froid, température, trèfle blanc.

KEY-WORDS

Cold resistance, cultivar, forage production, morphogenesis, persistency, plant association, resistance to low temperatures, temperature, white clover, winter.

AUTEURS

1 : Unité associée INRA "Agronomie et Environnement", Vandoeuvre-lès-Nancy.

2 : INRA-SAD, Domaine du Joly, Mirecourt.

CORRESPONDANCE

C. Robin, Unité associée INRA "Agronomie et Environnement", ENSAIA, BP 172, F-54505 Vandoeuvre-lès-Nancy cedex ; e-mail : robin@ensaia.u-nancy.fr

La contribution du trèfle blanc à la production fourragère est souvent extrêmement variable, rendant incertaine la production des associations graminées - trèfle blanc. En raison de cette variabilité, l'agriculteur est souvent réticent à implanter des associations fourragères à base de trèfle blanc. Parmi les causes de fluctuation de la production, on évoque une survie hivernale difficile et une repousse printanière plus lente de la légumineuse par rapport aux graminées qui lui sont associées (HARRIS *et al.*, 1983 ; SIMON *et al.*, 1997). Ce constat est d'autant plus marqué que les conditions climatiques hivernales sont rudes et ceci est particulièrement vérifié sous des climats nordiques ou continentaux à influence océanique comme dans le nord-est de la France (GUCKERT *et al.*, 1983).

L'hiver lorrain est généralement long et présente souvent des périodes froides dont les températures minimales peuvent atteindre parfois - 15 à - 20°C. La température moyenne des mois les plus froids est de 1,5°C. Or, la plupart des cultivars de trèfle disponibles sur le marché sont sélectionnés sous des climats beaucoup plus cléments, en zone océanique humide (Nouvelle-Zélande, Royaume-Uni). Il en résulte **un manque de pérennité du trèfle, mal adapté aux rigueurs des climats froids.**

1. Le comportement hivernal du trèfle blanc

Nos propres observations (GUCKERT *et al.*, 1983 ; GUINCHARD, 1995 ; GUINCHARD *et al.*, 1997) et une analyse de la littérature scientifique permettent d'inventorier l'état des connaissances sur le comportement hivernal du trèfle blanc. **Les plantes fourragères et le trèfle blanc en particulier tolèrent le froid et/ou développent des mécanismes de résistance** (protection ou défense) aux basses températures. En automne, la diminution de la photopériode et l'abaissement de la température de l'air et du sol induisent un durcissement au froid (ou acclimatation), crucial pour la survie hivernale de la plante (VEZ, 1961). Durant cette saison, le taux d'émission des feuilles par les méristèmes des stolons est ralenti. Des substances de réserve sont accumulées dans les stolons et les racines, notamment sous forme d'amidon qui représente jusqu'à 25% de la matière sèche des stolons. Au cours de l'hiver, les fortes gelées conduisent à une mortalité des feuilles existantes et à une nécrose de la base des stolons. Il en résulte une fragmentation des plantes et seuls subsistent en fin d'hiver les méristèmes apicaux et les bourgeons axillaires à partir desquels la repousse pourra s'effectuer lors de remontées de température. Les réserves accumulées à l'automne sont hydrolysées en sucres solubles (saccharose) pour assurer essentiellement la respiration d'entretien et augmenter le potentiel osmotique des tissus. Il en résulte un abaissement du point de congélation et donc une protection contre le gel (TRONSMO *et al.*, 1993).

Les auteurs s'accordent à admettre **une corrélation positive entre la tolérance ou résistance au froid du trèfle blanc et la teneur en réserves glucidiques des organes de réserve à l'automne** (BOLLER et NÖSBERGER, 1983 ; FRANKOW-LINDBERG, 1997). Les travaux relatant les effets de l'hiver sur la repousse printanière et la produc-

tion de l'association trèfle blanc - graminées sont plus éparées. Mais **cette phase critique de repousse semble d'autant mieux assurée que la surface foliaire résiduelle est importante et que le stock de réserves des stolons et des racines n'est pas épuisé**. En début de printemps, la repousse est amorcée par :

- les réserves carbonées et azotées fournissant l'énergie métabolique et les substrats aux méristèmes (TURNER et POLLOCK, 1998),

- la reconstitution rapide de l'appareil photosynthétique (nombre et taille de feuilles) à partir des bourgeons ayant survécu. La taille des feuilles et le nombre de feuilles par stolon sont 2 paramètres morphologiques majeurs déterminant la repousse au printemps (DAVIES et EVANS, 1981 ; COLLINS *et al.*, 1991).

Dans ce contexte, **les objectifs du présent article** sont les suivants :

- **rendre compte du comportement hivernal et de la repousse printanière du trèfle blanc cultivé en association** avec du ray-grass dans un environnement climatique rude (exemple de la Lorraine) ;

- **montrer l'importance du choix du cultivar de trèfle blanc en vue d'accroître la pérennité de la culture**. En effet, le choix de la variété de trèfle est primordial ; il doit être optimisé en fonction des conditions pédo-climatiques et des modalités ou techniques d'exploitation (LAMBERT *et al.*, 1997), ce qui n'est pas encore le cas dans la pratique courante.

La présente étude constitue une synthèse de résultats acquis sur plusieurs années à partir de parcelles implantées sur le domaine expérimental de l'INRA-SAD de Mirecourt dans les Vosges. Deux cultivars de trèfle blanc présentant des comportements hivernaux contrastés sont testés. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une action COST intitulée "Développement des plantes sous climats froids et humides en Europe" qui met en jeu une douzaine de laboratoires européens couvrant diverses conditions climatiques allant des Alpes de l'Italie du Nord aux rives de l'Islande.

2. Description de l'essai

Les parcelles expérimentales ont été installées en mai 1992 à la Station INRA-SAD de Mirecourt (6°81'E et 53°6'N) sur un sol limono-argileux, avec une pluviométrie annuelle de 850 mm. Le trèfle blanc est semé à la volée en association avec du ray-grass anglais diploïde (*Lolium perenne* L. cv. Préférence), à raison de 5 kg/ha pour le trèfle et 20 kg/ha pour le ray-grass. Les parcelles de 5 m x 5 m sont disposées en 5 blocs sur lesquels sont réparties 2 variétés de trèfle blanc en association avec Préférence :

- Grasslands Huia est une variété de type Hollandicum, à feuille de taille intermédiaire, sélectionnée en Nouvelle-Zélande sous climat océanique au début des années 60. Huia est encore une des variétés les plus utilisées actuellement sur les marchés français et européens (46% des ventes en 1996-1997, données GNIS, ARNAUD, comm. pers.).

– AberHerald est une variété beaucoup plus récente, également à feuille de taille intermédiaire, sélectionnée au Pays-de-Galles à partir d'écotypes collectés dans les Alpes suisses. Selon son obtenteur, elle présente à la fois une meilleure tolérance au froid et une meilleure production printanière sous climat océanique (RHODES *et al.*, 1994).

Sur l'essai, 4 coupes sont réalisées à la faucheuse entre mai et octobre. Afin de raisonner les coupes sur des critères morphologiques pertinents, la date de fauche est déterminée en fonction du stade de développement du ray-grass associé. La coupe intervient lorsqu'au moins 50% des talles ont atteint le stade 33 (SIMON et PARK, 1983). Ce stade de développement correspond à 3 nœuds développés par talle et assure une maturité optimale pour l'obtention d'un fourrage de qualité. Après chaque coupe, 25 kg/ha d'azote sont apportés sur les parcelles. Compte tenu des apports sur les précédents culturaux et des analyses initiales de sol avant l'implantation, aucun apport de P et K a été effectué lors de l'expérimentation.

3. Observations réalisées

■ Données météorologiques

Ces données émanent de la station météorologique présente sur le site de Mirecourt, à proximité des essais. Les paramètres suivants sont pris en considération entre octobre et mai : températures de l'air (à 2 m sous abri) et du sol (à 10 cm de profondeur), nombre de jours de gel (température de l'air inférieure à 0°C), couverture neigeuse (nombre de jours de présence), pluviométrie.

■ Démographie des organes, morphologie et production de matière sèche

Les données présentées concernent les hivers 1993-1994 et 1994-1995, soit les deuxième et troisième années après l'implantation. Les études morphologiques sont réalisées à partir de prélèvements aléatoires de deux cylindres de sol par bloc (diamètre : 12 cm, profondeur : 20 cm) pendant l'hiver et au printemps. Les échantillonnages sont effectués toutes les 4 semaines environ. Après lavage de la terre, le trèfle est séparé du ray-grass afin de déterminer les caractéristiques morphologiques suivantes pour le trèfle :

- par unité de surface : nombre de bourgeons et de feuilles, longueur de stolons et production de matière sèche (MS) foliaire (coupe à 5 cm),
- par axe : nombre moyen de feuilles et surface foliaire moyenne,
- masse linéique des stolons et surface spécifique des feuilles.

Quatre coupes sont effectuées de mai à début octobre. La production ainsi que le pourcentage de trèfle blanc sont estimés à chaque coupe à partir de deux prélèvements aléatoires (coupe à 5 cm) réalisés sur chaque parcelle avant la coupe à la motofaucheuse.

■ Potentiel de repousse des bourgeons

Nous avons implanté un nouvel essai en mai 1996 à l'INRA de Mirecourt ayant pour objectifs :

- de quantifier les conséquences du froid sur la viabilité des bourgeons prélevés pendant l'hiver et en début de printemps,
- d'analyser le comportement des 2 cultivars concernant l'aptitude des bourgeons à tolérer les basses températures.

Les caractéristiques et la gestion de cet essai suivent le même protocole que celui décrit précédemment (parcelles 5 m x 5 m disposées en 4 blocs). Seule diffère la variété de ray-grass anglais (cv. Massa) semée en association avec les 2 cultivars de trèfle blanc sans apport d'azote après chaque coupe.

Nous avons adopté une méthode publiée par NEWTON et HAY (1992) et NEWTON *et al.* (1992). Des stolons de trèfle ont été prélevés périodiquement sur les parcelles pendant l'hiver et au printemps 1998, soit en deuxième année après l'implantation. La méthode consiste à échantillonner des nœuds de stolons (le 3^e nœud derrière le bourgeon apical). Chaque nœud après excision comprend un bourgeon axillaire, les primordia racinaires et 2 mm d'entre-nœud de part et d'autre du bourgeon axillaire (NEWTON et HAY, 1992). La feuille axillante est également excisée. Ces nœuds sont ensuite incubés (au phytotron à 22°/18°C jour/nuit à 200 mmol/m²/sec d'éclairement) dans des barquettes en plastique fermées (51 x 18,5 x 3 cm³) contenant un lit de perlite couvert d'un papier buvard humidifié régulièrement pour saturer en humidité l'atmosphère autour des bourgeons.

Un bourgeon axillaire est noté viable lorsqu'une feuille émerge du bourgeon. De même, l'émergence des racines à partir des primordia est enregistrée. Les observations sont réalisées chaque jour pendant une semaine. Nous avons ainsi établi, pour chaque date de prélèvement et pour chaque variété, le pourcentage de nœuds présentant des bourgeons actifs parmi le lot de nœuds prélevés au champ. La méthode a été testée et les conditions opératoires calibrées à partir d'une expérimentation indépendante sur des plantes conduites en serre.

Pour chaque date de prélèvement, 8 nœuds par bloc sont échantillonnés, soit un total de 32 nœuds testés par variété et par date.

4. Traitement des données

Nous avons effectué des analyses de variance à l'aide du logiciel statistique Statitcf. Les moyennes sont comparées selon le test de Bonferroni : pour une date donnée, les valeurs moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p=0,05$). Pour les variables exprimées en pourcentages, les données ont été transformées en arcsinus avant l'analyse de variance.

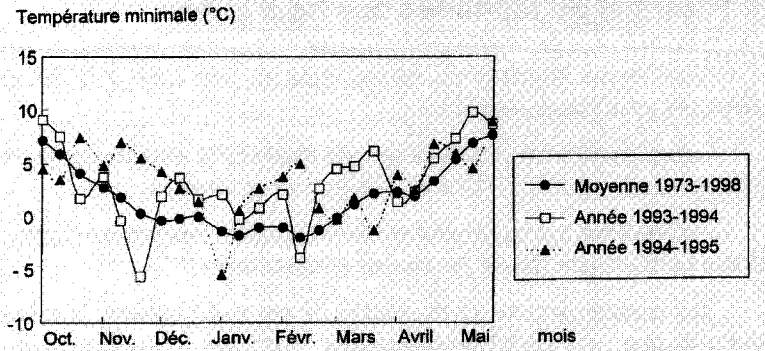


FIGURE 1 : Evolution entre octobre et mai de la température minimale de l'air à la station météorologique de Mirecourt (relevée à 2 m sous abri ; moyennes décadaires).

FIGURE 1 : Minimal air temperatures from October to May at the Mirecourt weather Station (measured under shelter 2 m above ground ; 10-day means).

5. Résultats

■ Conditions climatiques hivernales de la période 1993-1995 : deux hivers contrastés

Les deux années considérées dans l'étude présentent des périodes hivernales en moyenne plus clémentes que la moyenne des hivers sur le site (données disponibles entre 1973 et 1998). Cependant, on constate des périodes très contrastées, avec des phases de gel intervenant soit en début de période hivernale, soit en début de repousse (figure 1).

Ainsi, la période hivernale 1993-1994 a débuté par un mois de novembre exceptionnellement froid, avec 15 jours de gel et une température minimale très basse et inhabituelle (- 10°C pour les jours les plus froids). Nous avons observé ensuite une seconde période froide en début du mois de février, avec 12 jours de gel (dont 9 consécutifs). Cet hiver a totalisé une semaine de couverture neigeuse. Le reste de l'hiver et le début du printemps furent doux et humides.

La période hivernale 1994-1995 fut plus clémente, en particulier à la fin de l'automne. La plus basse température a été enregistrée en janvier avec - 15,3°C. En revanche, nous avons observé 15 jours de gel en mars. Le début de printemps fut conforme à la moyenne de la période enregistrée depuis 1967 sur le site.

	Première coupe				Cumul des 4 coupes							
	Production (t MS/ha)		Contribution du trèfle (%)		Production (t MS/ha)		Contribution du trèfle (%)					
	Trèfle blanc	Ray-grass	1994	1995	Trèfle blanc	Ray-grass	1994	1995	Trèfle blanc	Ray-grass	1994	1995
AberHerald	1,29	1,49	1,36	1,56	49	49	7,37	6,08	5,02	4,68	59	56
Hula	2,06	0,95	0,88	2,31	70	29	8,92	4,18	5,71	6,16	81	40
Signification	ns ⁽¹⁾	ns	ns	** ⁽¹⁾	* ⁽¹⁾	**	ns	*	ns	ns	ns	**
p=	0,11	0,08	0,13	0,005	0,04	0,005	0,16	0,02	0,10	0,33	0,64	0,002

(1) ns : non significatif ; * et ** : significatif à p<0,05 et p<0,01 respectivement

TABLEAU 1 : Production du trèfle blanc, du ray-grass associé et contribution du trèfle à la production lors de la 1^{re} coupe au printemps et cumul des 4 coupes pour les 2^e et 3^e années après l'implantation (1994 et 1995).

TABLE 1 : Production of white clover, of associated ryegrass, and contribution of the clover to the total at first spring cut and cumulated production of the 4 cuts in the 2nd and 3rd year after establishment (1994 and 1995).

■ Production printanière et production totale : AberHerald montre une plus forte production en 3^e année après l'implantation

Les données de production du printemps 1994 (année 2, tableau 1) illustrent les **difficultés d'implantation de la variété AberHerald** en première année de production (fin de printemps et été 1993). Cette difficulté s'explique par **un taux de germination plus faible** des lots initiaux de semences d'AberHerald par rapport à Huia. En conséquence, la densité de plantes était moindre en phase d'installation.

On constate une variabilité interannuelle très forte tant pour la production en première coupe que pour la production totale (tableau 1). Cependant, **la production fourragère est élevée** avec une production totale de 14,6 t MS/ha pour Huia + Préférence et 12,4 t MS/ha pour AberHerald + Préférence en 2^e année (1994). La production chute en 3^e année mais proportionnellement beaucoup moins pour AberHerald + Préférence (10,7 t MS/ha) que pour Huia + Préférence (10,3 t MS/ha).

La production cumulée de AberHerald devient plus forte que celle de Huia en 3^e année après l'implantation. On observe notamment une production totale de trèfle plus élevée pour AberHerald (6,1 t MS/ha contre 4,2 t MS/ha pour Huia ; $p=0,02$).

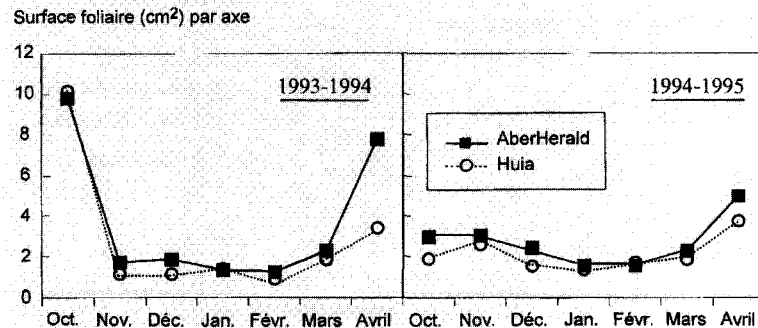
De plus, **AberHerald se maintient mieux que Huia** puisque les pourcentages de trèfle sont plus stables et plus élevés pour AberHerald que pour Huia. Ainsi, au regard des cumuls de production, AberHerald se montre plus compétitive que Huia vis-à-vis du ray-grass lorsque la parcelle est bien implantée.

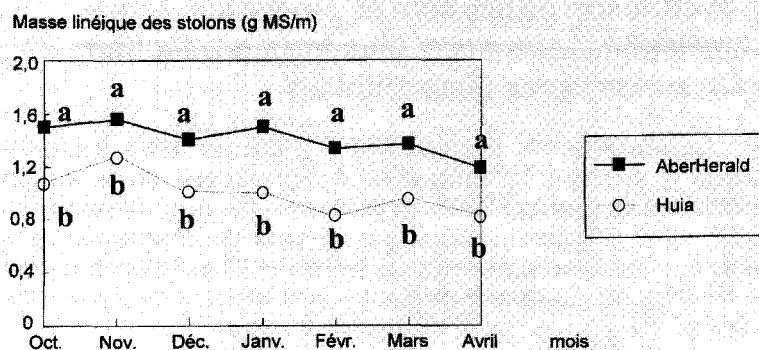
■ Dynamique du trèfle blanc : démographie des organes et morphologie

AberHerald présente une surface foliaire par axe le plus souvent supérieure à Huia en automne et au début de l'hiver (effet "cultivar" significatif en 1994-1995). De même, AberHerald développe plus de surface par axe à partir du mois de mars (5 cm² contre 3,8 cm²

FIGURE 2 : Evolution de la surface foliaire par axe au cours de l'hiver et en début de printemps pour les 2 variétés testées au cours des 2 périodes hivernales suivies.

FIGURE 2 : Changes in the leaf area per axis during winter and early spring for the 2 cultivars tested during 2 successive winters.





pour Huia en mai 1995 $p=0,028$; figure 2). Ceci s'explique par une surface moyenne par feuille et par un nombre moyen de feuilles par axe tendant à être plus élevés en repousse (2,4 feuilles/axe contre 1,9 feuille/axe pour Huia). Il en résulte au début du printemps 1995 une production de matière sèche de feuilles par unité de surface supérieure pour AberHerald (24,3 g/m² contre 18,8 g/m² pour Huia).

La masse linéique des stolons diminue au cours de l'hiver (figure 3). Elle **est supérieure pour AberHerald**, quelle que soit la saison ou l'année considérée (en moyenne 1,4 et 1,0 g MS/m de stolons pour AberHerald et Huia en 1993-1994 et 1994-1995). AberHerald présente donc des stolons plus épais que Grasslands Huia. COLLINS *et al.* (1991) relie ce critère morphologique à la capacité de la plante à stocker des réserves dans les stolons durant l'endurcissement automnal.

■ Dynamique des réserves dans le stolon

En automne, la concentration en amidon des stolons augmente et peut représenter jusqu'à plus de 20% de la matière sèche. Cette concentration diminue à partir du mois de novembre pour atteindre la valeur la plus basse en mars (2% et 7% de la matière sèche en 1994 et 1995 respectivement). Cette évolution est la même pour les deux variétés. Quelle que soit l'année considérée, nous n'avons **pas observé de différence significative de concentration en amidon entre les**

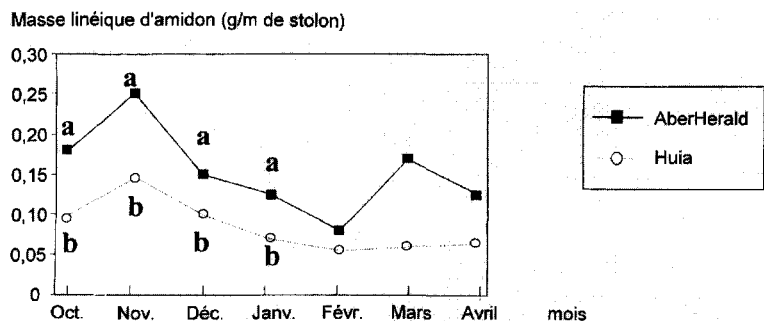


FIGURE 3 : Evolution de la masse linéique des stolons pour les 2 variétés testées (période hivernale 1994-1995 ; pour une même date de prélèvement, les lettres différentes affectées aux moyennes indiquent une différence significative entre ces moyennes ($p=0,05$)).

FIGURE 3 : Changes in the linear mass of stolons for the 2 cultivars tested (1994/1995 winter period ; for a given date of measurement, different letters affixed to means indicate significant differences at the 5% probability level).

FIGURE 4 : Evolution de la masse linéique d'amidon dans les stolons pour les 2 variétés testées (période hivernale 1994-1995 ; pour une même date de prélèvement, les lettres différentes affectées aux moyennes indiquent une différence significative entre ces moyennes ($p=0,05$) ; en l'absence de lettre, les moyennes ne diffèrent pas significativement).

FIGURE 4 : Changes in the linear mass of starch in the stolons for the 2 cultivars tested (1994/1995 winter period ; for a given date of measurement, different letters affixed to means indicate significant differences at the 5% probability level ; if no letter, means not significantly different).

2 cultivars. Cependant, la masse linéique des stolons de AberHerald est systématiquement supérieure à celle de Huia (figure 3). Il en résulte **pour AberHerald que la masse d'amidon par unité de longueur de stolon est significativement supérieure à celle de Huia** au cours de l'hiver (figure 4).

Cette étude confirme que **l'amidon est accumulé au cours de l'automne dans les organes de réserve** comme les stolons et les racines (GUCKERT *et al.*, 1983 ; FRANKOW-LINDBERG, 1997 ; BOUCHART *et al.*, 1998) en réponse à l'abaissement de la température et de la photopériode. L'amidon est ensuite hydrolysé en sucres simples pendant l'hiver (GUCKERT *et al.*, 1983). Ces sucres assurent la survie hivernale (TURNER et POLLOCK, 1998) en fournissant l'énergie pour le métabolisme de base (SAGISAKA, 1987) et en augmentant le potentiel osmotique des cellules. Ainsi, le point de congélation des tissus est plus bas (SANDLI *et al.*, 1993 ; GUINCHARD *et al.*, 1997).

Les réserves glucidiques (amidon et sucres solubles) et azotées (protéines de réserve et acides aminés) sont sollicitées également en début de repousse pour assurer la fourniture de substrats carbonés et azotés aux méristèmes (AVICE *et al.*, 1996 ; CORRE *et al.*, 1996 ; BOUCHART *et al.*, 1998). Ainsi, l'analyse électrophorétique des stolons révèle une protéine de 17,3 kDa (VSP, *vegetative storage protein*) mise en réserve pendant l'hiver et hydrolysée en début de repousse au printemps (données non présentées). Cette protéine est présente dans les stolons des 2 variétés étudiées mais ces résultats préliminaires ne permettent pas de conclure à une évolution différente de la teneur en VSP entre les deux variétés. Cette protéine est également sollicitée après une coupe et de nouveau mise en réserve lors de la repousse (CORRE *et al.*, 1996).

■ Le potentiel de repousse des bourgeons de AberHerald est supérieur à celui de Huia en hiver et en début de printemps

Le potentiel de repousse des bourgeons augmente significativement entre mars et mai (tableau 2). On observe un effet significatif du cultivar avec **AberHerald qui présente plus de bourgeons actifs que Huia, notamment en hiver et en mai pour les feuilles et en février pour les racines.** De plus, dans ce test, AberHerald présente une vites-

TABLEAU 2 : Pourcentage de nœuds présentant des bourgeons actifs (c.a.d. montrant une feuille et des racines en croissance) après excision et 7 jours d'incubation ; nœuds provenant de stolons principaux prélevés au champ en février, mars et mai 1998 (n=32).

TABLE 2 : Percentage of nodes with active buds (i.e. having growing roots and shoots) after excision and incubation of 7 days ; nodes from main stolons sampled on the field in February, March and May 1998 (n=32).

		Mois de prélèvement			Effet significatif	
		Février	Mars	Mai	Cultivar	Date
Huia	Feuilles	31,3	34,4	67,4	** (1)	*** (1)
AberHerald		56,3	59,4	90,6		
Huia	Racines	09,4	21,9	86,6	ns (1)	*** (1)
AberHerald		37,5	53,1	78,1		

(1) ns : non significatif ; * , ** , *** : significatif à p<0,05, p<0,01 et p<0,001 respectivement ; test réalisé sur l'ensemble des 3 mois (février, mars et mai)

se d'apparition des feuilles supérieure à Huia (données non présentées). Les bourgeons foliaires de AberHerald apparaissent moins sensibles au froid. D'après le test qui concerne un nœud situé à proximité de l'apex du stolon, le potentiel de repousse de AberHerald semble donc plus élevé que celui de Huia en raison d'**une meilleure tolérance des méristèmes au froid et d'une vitesse de repousse plus rapide**. Des études sont en cours pour compléter ces premières données (dénombrement de bourgeons pendant l'hiver et au printemps, conséquences sur la production printanière). Cette démarche vise à confirmer que le potentiel et la vitesse de repousse des bourgeons de trèfle blanc sont des critères explicatifs de la variabilité génotypique pour la tolérance à l'hiver et la repousse printanière plus précoce. Une variété de trèfle blanc plus tolérante au froid et plus précoce colonise plus rapidement le couvert et peut ainsi faire face à la compétition avec les graminées associées qui, systématiquement, repoussent plus tôt au printemps.

6. Conclusion

AberHerald présente plusieurs caractères morphologiques et physiologiques lui conférant un avantage décisif pour la tolérance au froid en conditions hivernales difficiles : plus de réserves dans les stolons, une surface foliaire supérieure, une plus grande tolérance au froid et une vitesse de repousse des bourgeons supérieure.

Le choix de cultivars mieux adaptés aux conditions pédoclimatiques locales permet d'optimiser la gestion des associations à base de trèfle blanc pour obtenir une production accrue et plus régulière. **Par le choix raisonné du cultivar, le praticien peut envisager d'améliorer la pérennité des associations** graminées - trèfle blanc. **Un effort au niveau de la sélection de variétés, de la recherche appliquée et des filières de distribution de semences est nécessaire si l'on veut conforter la production fourragère à base de trèfle blanc, moins coûteuse** en terme économique et écologique.

Accepté pour publication, le 5 février 1999.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Ministère de la Recherche et de l'Enseignement supérieur pour la bourse de thèse attribuée à Gwénola CORBEL, ainsi que l'INRA et la Région Lorraine pour le cofinancement de la bourse de thèse de Marie-Pierre GUINCHARD. Merci à Patrice VION et Patrice MARCHAL pour leur collaboration technique, à Jean-Louis FIORELLI pour les données météorologiques, et au Laboratoire de Physiologie et Biochimie Végétales de l'Université de Caen (Micheline MEYER et Alain OURRY) pour leur contribution aux analyses électrophorétique des protéines.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AVICE J.C., OURRY A., LEMAIRE G., VOLENEC J.J., BOUCAUD J. (1996) : "Root protein and vegetative storage protein are key organic nutrients for alfalfa shoot regrowth", *Crop Sci.*, 37,1-7.
- BOLLER B.C., NÖSBERGER J. (1983) : "Effects of temperature and photoperiod on stolon characteristics, dry matter partitioning, and nonstructural carbohydrate concentration of two white clover ecotypes", *Crop Sci.*, 23, 1057-1062.
- BOUCHART V., MACDUFF J.H., OURRY A., SVENNING M.M., GAY A.P., SIMON J.C., BOUCAUD J. (1998) : "Seasonal pattern of accumulation and effects of low temperatures on storage compounds in *Trifolium repens*", *Physiologia Plantarum*, 104, 65-74.
- COLLINS R.P., GLENDINING M.J., RHODES I. (1991) : "The relationships between stolon characteristics, winter survival and annual yields in white clover (*Trifolium repens* L.)", *Grass and Forage Sci.*, 46, 51-61
- CORRE N., BOUCHARD V., OURRY A., BOUCAUD J. (1996) : "Mobilization of nitrogen reserves during regrowth of defoliated *Trifolium repens* L. and identification of potential vegetative storage proteins", *Journal of Experimental Botany*, 47, 1111-1118.
- DAVIES A., EVANS M.E. (1981) : "Winter and spring growth in sward of white clover", *Grass and Forage Sci.*, 37, 199-207.
- FRANKOW-LINDBERG (1997) : "Assimilate partitioning in three white clover cultivars in the autumn, and the effect of defoliation", *Annals of Botany*, 79, 83-87.
- GUCKERT A., DAMAY J., TREILLET L., BALANDEAU J., BARDIN R., CHALAMET A. (1983) : "Etude au champ de la fixation d'azote par le trèfle blanc (*Trifolium repens* L.)", *Fourrages*, 94, 61-86.
- GUINCHARD M.P. (1995) : *Comportement hivernal du trèfle blanc : morphogénèse et rôle des réserves carbonées*, thèse Doctorat Sciences Agronomiques I.N.P.L., E.N.S.A.I.A. Nancy, 195 pp.
- GUINCHARD M.P., ROBIN CH., GRIEU P., GUCKERT A. (1997) : "Cold acclimation in white clover subjected to chilling and frost : changes in water and carbohydrates status", *European J. for Agronomy*, 6, 225-233.
- HARRIS W., RHODES I., MEE S.S. (1983) : " Observations on environmental and genotypic influences on the overwintering of white clover", *J. of Applied Ecology*, 20, 609-624.
- LAMBERT R., PEETERS A., TOUSSAINT B. (1997) : "Persistance du trèfle dans les associations fourragères fauchées : importance du choix variétal", *Fourrages*, 152, 511-517.
- NEWTON P.C.D., HAY M.J.M. (1992) : "Technique for evaluating the potential for growth of shoot and root buds of white clover (*Trifolium repens*)", *J. of Agricultural Sci.*, 119, 179-183.
- NEWTON P.C.D., HAY M.J.M., THOMAS V.J., DICK H.B. (1992) : "Viability of axillary buds of white clover (*Trifolium repens*) in grazed pasture", *J. of Agricultural Sci.*, 119, 345-354.
- RHODES I., COLLINS R.P., EVANS D.R. (1994) : "Breeding white clover for tolerance to low temperature and grazing stress", *Euphytica*, 77, 239-242.

- SAGISAKA (1987) : "Amino acid pools in herbaceous plants at the wintering stage and at the beginning of growth", *Plant Cell Physiology*, 28, 171-178.
- SANDLI N., SVENNING M.M., ROSNES K., JUNTILA O. (1993) : "Effect of nitrogen supply on frost resistance, nitrogen metabolism and carbohydrate content in white clover (*Trifolium repens*)", *Physiologia Plantarum*, 88, 661-667.
- SIMON J.C., LECONTE D., VERTES F., LE MEUR D. (1997) : "Maîtrise de la pérennité du trèfle blanc dans les associations", *Fourrages*, 152, 483-498.
- SIMON U., PARK B.H. (1983) : "A descriptive scheme for stages of development in perennial forage grasses", J.A. Smith et V.W. Hays eds., *Proc. XIVth Int. Grassl. Congress*, Lexington KY.
- TRONSMO A.M., KOBRO G., MORGENTHAU S., FLENGSRUD R. (1993) : "Carbohydrate content and glycosidase activities following cold hardening in two grass species", *Physiologia Plantarum*, 88, 689-695.
- TURNER L.B., POLLOCK C.J. (1998) : "Changes in stolon carbohydrates during winter in four varieties of white clover (*Trifolium repens* L.) with contrasting winter hardiness", *Annals of Botany*, 81, 97-107.
- VEZ A. (1961) : "Étude du développement du trèfle blanc en relation avec les fluctuations de quelques substances organiques", *Ber. Schweiz. Bot. Ges.*, 71, 118-173.

SUMMARY

Overwintering and spring growth of white clover : importance of the cultivar

The survival and persistency of grass - white clover associations is a major factor determining the production of the sward over seasons. This study was designed to assess how low winter temperatures affect the morphology of white clover and its regrowth potential under the semi-continental climate of north-eastern France. Two contrasted cultivars (AberHerald and Huia) were tested in order to demonstrate the genetic variation in the response of plants to overwintering. Low temperature affected leaf area and regrowth potential of stolon buds. AberHerald showed better performances with greater leaf area, thicker stolons and higher regrowth potential than Huia. We confirmed here that starch accumulated in stolons during autumn is utilized during winter, probably to fight against low temperatures, thanks to the release of free sugars. With regard to production, the persistency of the sward is enhanced when AberHerald is the companion legume. The choice of the cultivar is one important of the key factors in the adaptation of sward management to the local climatic conditions.