

Le contrôle de la fougère aigle dans les pâtures

G.H. Williams

La fougère aigle (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) est une plante à l'histoire déjà longue (ZHEN et ZHANG, 1983) et de distribution cosmopolite (TRYON, 1941). C'est aussi la fougère qui interfère le plus souvent avec les projets d'utilisation des terres, se posant par là en mauvaise herbe à problèmes. Dans les pâtures, elle peut réduire les disponibilités en fourrage (KEES et KRUMREY, 1977), rendre le gardiennage plus difficile (S.A.C., 1979), donner une saveur amère au lait, au beurre et aux fromages (A.G.F.F., 1984), et causer des empoisonnements. Cet aspect important limite les possibilités de pâturage. Plusieurs moyens de lutte sont possibles.

1. Les problèmes posés par la fougère aigle

Les effets toxiques

L'empoisonnement est courant surtout chez les chevaux et les jeunes bovins,

MOTS CLÉS

Asulam, Ecosse, fougère aigle, glyphosate, Grande-Bretagne, lutte raisonnée, mauvaise herbe, pâturage, pâturage d'altitude, *Pteridium aquilinum*, système fourrager, toxicité.

KEY-WORDS

Asulam, bracken, integrated weed control, glyphosate, mountain pastures, poisonous plants, *Pteridium aquilinum*, Scotland, weed control.

AUTEUR

The West of Scotland Agricultural College, Auchincruive, AYR, KA6 5HW, Grande-Bretagne.

plus rare chez les moutons et les porcs*. Il n'y a pas de données concernant les chèvres ou les cerfs. L'empoisonnement peut se produire de deux façons : une avitaminose, qui est toujours aiguë, et un « empoisonnement fougère » qui peut être aigu ou chronique (W.C. EVANS, 1986). L'avitaminose est due à la présence d'une puissante thiaminase dans la fougère aigle : les symptômes sont typiques de la déficience en thiamine et peuvent disparaître après administration de thiamine. L'« empoisonnement fougère » est beaucoup plus complexe et provoque les mêmes symptômes que les cancers : des papillomes dans l'intestin peuvent entraîner des affaiblissements tandis que ceux de la vessie provoquent des hématuries. Ces toxines pouvant se transmettre par le lait, on s'est inquiété de l'éventuelle contamination des hommes (I.A. EVANS, 1986). Il y aurait également eu une liaison avec l'augmentation des cancers de l'estomac dans des populations humaines où les jeunes fougères aigle étaient traditionnellement considérées comme un mets de choix (HIRONO *et al.*, 1972).

La fréquence des empoisonnements aigus dus à la fougère aigle est très variable : d'après une étude faite en Ecosse (S.A.C., 1977), dans laquelle 70 % des fermes d'altitude présentaient des envahissements par la fougère, seulement 11,5 % rapportaient un risque d'empoisonnement dû à la fougère au cours des 3 ans de l'étude. Les risques étaient particulièrement élevés lorsque les vaches pâturaient précocément les zones infestées et prenaient ainsi goût à la plante. Cette étude ne s'intéressait qu'aux animaux morts, mais n'a-t-on pas tendance à attribuer à la toxicité des fougères n'importe quelle mort soudaine dans ces troupeaux ?

L'empoisonnement chronique n'a pas d'effets aussi dramatiques mais constitue sans aucun doute un problème important. Dans le Puy-de-Dôme, ANDRE *et al.* (1972) ont eu des difficultés pour estimer la proportion d'animaux souffrant d'hématuries dues à la fougère aigle : l'apparition des symptômes était considérée comme gênante ou préjudiciable et les éleveurs vendaient immédiatement les bêtes malades. Cependant, dans quelques-unes des fermes étudiées, presque 30 % des bovins avaient des hématuries, ce caractère étant en forte corrélation avec l'abondance de fougère aigle, spécialement dans les fourrages conservés. JARRETT *et al.*, (1982) ont trouvé une fréquence élevée de tumeurs de différents organes, spécialement de l'œsophage, dans le bétail apparemment sain des fermes d'altitude d'Ecosse et du nord de l'Angleterre. Ceci suggère que pratiquement tous les bovins des collines ainsi que les moutons, qui présentent le même type de tumeurs, doivent, par moments, manger de la fougère, même s'il est souvent affirmé qu'en conditions normales cette plante n'est pas consommée (CAVALLERO, BIANCHI et

* Pour une symptomatologie plus détaillée on pourra consulter la fiche toxicologique n° 7 de la Direction des Services vétérinaires.

REYNERI, 1983). Comme les bovins des collines ont typiquement un développement lent, il est possible que les carcinomes entravent le gain de poids durant une partie de la vie de l'animal.

Évolution des pratiques d'élevage et propagation de la fougère

Actuellement, au sein de l'Europe, l'importance de la fougère aigle dans les surfaces agricoles varie considérablement d'un pays à l'autre. Une étude menée par la Société européenne de malherbologie (E.W.R.S.) et par le sous-réseau F.A.O. des pâturages de montagne (non publié) a montré que la fougère aigle est une mauvaise herbe majeure dans les Îles britanniques, importante en Allemagne, en Italie et en Yougoslavie, mais moins importante en France, en Autriche et en Scandinavie. Elle n'est cependant pas confinée aux pâturages d'altitude et, bien que peu abondante à l'échelle d'un pays, elle peut parfois localement poser des problèmes. Elle peut aussi être une adventice majeure dans les zones nouvellement reboisées (GAMBLIN, LAMONTAGNE et MORNICHE, 1986), ou envahir les pâturages des plaines et des plateaux en se propageant à partir des forêts voisines (KNUSTING, 1984).

Il est possible que les changements concernant l'utilisation des pâturages de montagne sur le continent européen entraînent un envahissement accru par la fougère aigle. La diminution de la pression de pâturage, une augmentation de la sélectivité du broutage de l'herbe et l'abandon des terres arables permettent à la plante d'étendre son aire. En Ecosse, les expansions de l'aire de colonisation ont coïncidé avec les périodes de déprise agricole (BRAID, 1934), caractérisées par une utilisation moins intensive des herbages de montagne et surtout par le départ des bovins. Une fois la prospérité revenue, le coût élevé des améliorations pastorales dans les zones où le climat limite sévèrement la saison de végétation a réduit les tentatives d'inverser cette dégradation, d'autant plus que le chargement dans les pâturages de montagne dépend souvent plus des quantités de fourrage disponibles pour le troupeau durant l'hiver que de la productivité estivale de l'herbe.

Au Royaume-Uni, la plupart des prairies d'altitude sont pâturées par des moutons, avec un chargement inférieur ou égal à 2 têtes par hectare ou à une densité encore moindre, par des populations de cerfs sauvages. Les moutons sont des herbivores particulièrement sélectifs et sont, à ces faibles chargements, tout à fait incapables d'affecter la survie ou l'expansion de la fougère aigle. Bien que les méthodes et l'intensité d'utilisation des pâturages aient peu varié au cours du siècle dernier, l'envahissement de la fougère ne cesse d'augmenter : TAYLOR (1986) a estimé que l'augmentation annuelle se situe autour de 1 % et que les surfaces colonisées par la fougère pouvaient doubler en l'espace de 30 ans.

Les changements d'utilisation des pâturages d'altitude sur le continent européen sont beaucoup plus récents. C'est essentiellement au cours des 20-30 dernières années que les conditions économiques de l'élevage de montagne sont devenues si défavorables qu'il y a eu émigration progressive de la population et disparition ou forte réduction de la transhumance. Le résultat a été une dégénérescence des pâturages, nombreux à être maintenant sous-exploités ou abandonnés.

La pression de pâturage diminuant, des plantes de faible valeur fourragère, spécialement des espèces ligneuses, ont tendance à se propager. A ce premier stade de déprise, la fougère est un problème plutôt moindre que d'autres plantes pré-forestières. Cependant, bien qu'au début son aptitude colonisatrice soit faible, elle peut très bien envahir et éliminer la végétation existante et, une fois établie, il est quasiment impossible de l'éradiquer. En plus de sa croissance en couvert dense, elle pourrait aussi présenter des effets allélopathiques, bien que des études contradictoires discutent leur importance (GLASS, 1976 ; GLIESSMAN, 1976 ; SPARKE, 1982). L'invasion et la propagation de la fougère aigle, spécialement dans les montagnes humides, pourrait dans l'avenir poser de sérieux problèmes d'utilisation des terres.

2. Caractéristiques biologiques de la fougère aigle

Le cycle reproducteur

Les fougères peuvent s'établir à partir de spores produites sur la face inférieure des frondes en fin d'été et en automne (figure 1). D'après CONWAY (1957), un grand nombre de spores se développent bien qu'il y ait des variations considérables d'une année à l'autre. Mais il semble que l'établissement de nouvelles colonies (à partir de spores) soit très rare dans la plupart des cas : les estimations de l'importance des spores dans la dissémination de la fougère varient, mais l'impossibilité de leur développement dans les prairies semblerait découler des conditions très spécialisées nécessaires à la germination des gamétophytes et à leur établissement. Bien que le sporophyte puisse tolérer une large gamme de pH du sol (3 à 8,5), son optimum, du moins en Europe, se situe entre 3,5 et 5,5. D'autre part, le gamétophyte se développera seulement à pH 5,5 - 7,5 (CONWAY, 1949), si bien qu'il y a peu de chances pour que les spores d'une fougère vigoureuse se trouvent sur un sol dont le pH soit également favorable à la croissance du gamétophyte. De plus, une forte humidité est nécessaire pour que la fécondation de l'archégone se produise. Cette combinaison d'un pH relativement élevé et de pluies abondantes se rencontre rarement dans les montagnes d'Europe : là où la pluviométrie est élevée, le lessivage induit des pH de surface bas, même sur des roches mères calcaires, tandis que les pH élevés sont habituellement associés à des conditions plus sèches.

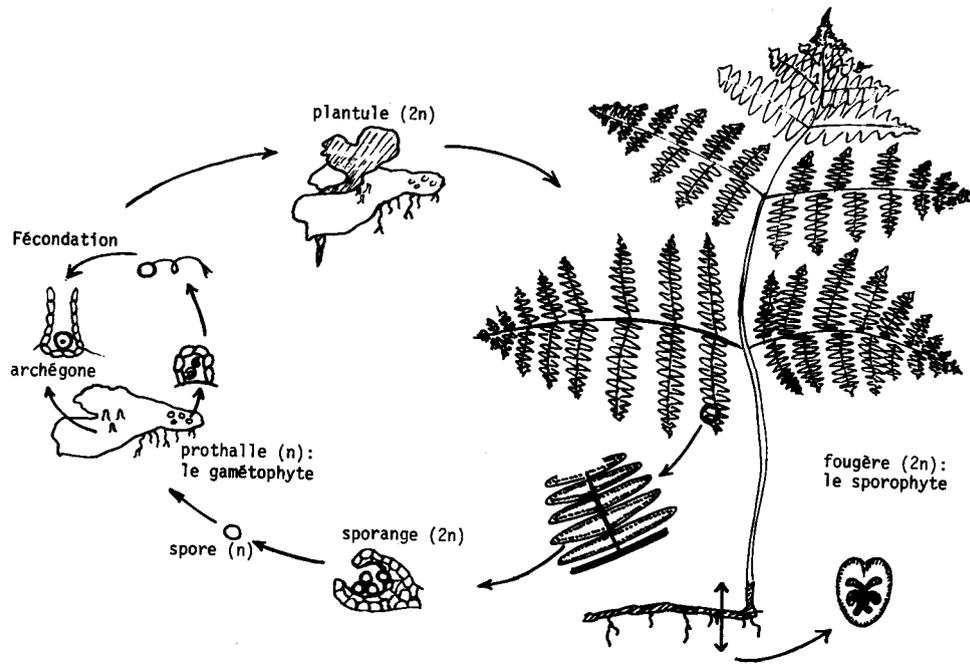


FIGURE 1 : Schéma du cycle reproducteur de la fougère aigle

FIGURE 1 : Diagram of bracken reproductive cycle

Les trous d'animaux terricoles peuvent occasionnellement fournir un environnement convenable pour la survie et le développement des prothalles (FARROW, 1917 ; MOORE, 1942 ; SCHWABE, 1951). Le brûlage de la végétation existante peut produire des cendres augmentant suffisamment le pH de la surface du sol pour que les plantules de fougère s'installent, grâce aussi à l'absence de compétition et de prédation induites. Bien que les cendres soient très alcalines, avec un pH voisinant 12, l'effet tampon des restes de plantes décomposées ou de la tourbe qui s'élabore à la surface des sols humides est considérable. En conditions prairiales normales, il est peu probable que le brûlage produise suffisamment de cendres pour surmonter cet effet tampon. Si la végétation morte est ratissée en tas, ou si des buissons ou des arbres sont brûlés, des poches d'accumulation de cendres risquent de fournir des conditions favorables. OINONEN (1967), dans son étude sur des relations entre âge et taille des clones de fougère en Finlande, a établi que l'installation de colonies à partir de spores pouvait presque toujours être reliée à des brûlis, conséquences fréquentes des activités militaires en ces lieux. Des essais timides pour se débarrasser de buissons envahissants en coupant et en brûlant la végétation peuvent également permettre la progression de la fougère.

Une fois l'archégone fécondé, la génération du sporophyte, habituellement considéré comme la « plante fougère », se développe, bien que dans les premiers stades il soit si fin et si délicat qu'il ait souvent pû être classé comme espèce différente (PAGE, 1982). La structure de la fronde devient ensuite typique de la fougère aigle, tandis que les rhizomes sont formés et que la propagation végétative commence.

Structure du système rhizomateux

Il existe de nombreuses études de la structure et du développement du système rhizomateux de la fougère aigle (WATT, 1940 ; WEBSTER et STEEVES, 1958 ; DASANAYAKE, 1960 ; ESPAGNAC, 1960 ; O'BRIEN, 1964) et l'on s'accorde à distinguer trois types de rhizomes :

— Les « rhizomes porte-frondes » (tiges courtes) présentent une croissance en longueur limitée mais produisent de nombreux bourgeons de fronde. Ils sont relativement graciles et contiennent 15 à 20 % d'hydrates de carbone (WILLIAMS et FOLEY, 1976).

— Les « rhizomes de réserves » (tiges longues) produisent très peu de bourgeons. Ils sont vigoureux et contiennent 25 à 50 % d'hydrates de carbone.

— Les formes intermédiaires (transition).

Les proportions relatives et la distribution des types de rhizomes dans le sol varient mais, en général, les rhizomes « porte-frondes » sont plus près de la surface du sol (WATT, 1940 ; O'BRIEN, 1964) parce que, avec les formes intermédiaires, ils tendent à croître vers le haut tandis que les rhizomes de réserves poussent horizontalement. Le poids total des rhizomes peut atteindre 120 t/ha (HENDRICK, 1918).

Les schémas de croissance des rhizomes et de morphogénèse des frondes sont largement responsables des difficultés d'éradication de la fougère aigle, car le mécanisme de dominance apicale s'avère très complexe. CONWAY et STEPHENS (1954) ont affirmé que les bourgeons de fronde sont formés 4 ans avant que les frondes elles-mêmes ne sortent du sol et, bien que ce ne soit pas forcément vrai dans toutes les situations, il y a sur les rhizomes beaucoup plus de bourgeons que ceux qui se développent en une fronde dans l'année. CONWAY et FORREST (1961) ont trouvé qu'une forte proportion des rhizomes « porte-frondes » portait au moins un bourgeon apical en fin de saison, mais que seulement 25 % portaient alors une fronde. Ces proportions ont été confirmées par O'BRIEN (1964) qui a aussi souligné le faible nombre de frondes par mètre de rhizome (huit frondes sur 5,5 m).

Évolution des réserves et croissance des frondes

Lorsque les bourgeons qui vont se développer en fronde dans l'année deviennent actifs au printemps, ils sont alimentés par les réserves carbonées des rhizomes porte-frondes (WILLIAMS et FOLEY, 1976). Celles-ci sont bientôt épuisées et les glucides sont ensuite prélevés dans les rhizomes de réserves. WHITTLE (1964) a étudié les mouvements des glucides dans les frondes et a montré que la croissance de chaque paire de pennes passait par une succession de stades :

— Les glucides sont transportés dans les frondes en croissance à partir du rhizome et des plus basses paires de pennes.

— La translocation se poursuit et le transfert vers les parties apicales de la fronde commence.

— La translocation à partir des rhizomes cesse ; le transfert continue vers les parties apicales de la fronde et débute en direction des rhizomes.

— Les migrations de glucides vers la fronde s'arrêtent et il y a seulement des migrations vers le rhizome, avec reconstitution des réserves.

Le schéma des migrations a montré que chaque « puits » était approvisionné par la « source » la plus proche.

A l'intérieur de la plante, les niveaux les plus bas en glucides sont atteints début juillet, puis s'accroissent jusqu'à la mort des frondes (MULLER-STOLL et MICHAEL, 1949). WILLIAMS et FOLEY (1976) ont montré les différences entre les « rhizomes porte-frondes » et les « rhizomes de réserves », et ont suggéré qu'elles traduisent une activité métabolique faible dans les organes de stockage, comparée aux autres parties de la plante.

Les méthodes efficaces de contrôle de la fougère aigle doivent être basées sur sa physiologie : variation de dormance des bourgeons, teneurs en glucides, cycles de translocation des glucides.

3. Les méthodes de contrôle de la fougère aigle

Contrôle par la fauche

La fougère se maîtrise bien par la fauche à condition d'effectuer celle-ci au bon moment. Le ramassage de la fougère en automne pour la litière des animaux a peu d'effet de contrôle (la plupart des photo-synthétats des frondes ont migré dans les rhizomes) si ce n'est de permettre la pénétration du froid et le gel des

rhizomes en réduisant l'épaisseur de la litière végétale (WATT, 1950). Le brûlage hivernal de la litière de fougère peut avoir le même effet si le sol est peu profond (WILLIAMS, non publié).

Les conséquences de la fauche à d'autres périodes de l'année ont été discutées par LOWDAY, MARRS et NEVISON (1983). En Angleterre, il y a une rapide reprise de la croissance des frondes si la fougère est coupée avant la mi-juillet et, sauf en cas de coupe tardive, une augmentation de la densité des frondes l'année suivante. Ce résultat était prévisible : le nombre de frondes qui apparaissent une année donnée est seulement une petite fraction du potentiel de morphogénèse comme le montrent les comptages de bourgeons. Mais la différenciation de bourgeons nouveaux peut aussi intervenir en l'absence de coupe ; si une coupe intervient son effet est alors simplement l'accélération de leur développement. Pour que la fauche soit efficace, elle doit être effectuée suffisamment souvent pour réduire le nombre de bourgeons potentiels et les réserves carbonées du rhizome à un niveau où leur régénération prendra un temps considérable.

En Ecosse, l'enlèvement des fougères par la fauche a été subventionné, sous réserve de couper deux fois par an pendant trois ans (début juillet et 6 semaines plus tard), et de couper une fois pendant la quatrième année. Ainsi, la reconstitution des réserves carbonées du rhizome était très réduite : la croissance des bourgeons était stimulée mais les frondes qui se développaient alors ne pouvaient pas alimenter les réserves. Cette méthode de contrôle très efficace a été abandonnée à cause des problèmes de main-d'œuvre rencontrés pour faucher les fougères. La fauche mécanisée ne pouvait en effet concerner que des surfaces limitées et le matériel cassait fréquemment. D'autres équipements plus robustes ont été élaborés, mais, établis pour rouler ou écraser les frondes, ils s'avéraient moins efficaces comme moyen de contrôle. La plupart des coupes devant donc être réalisées manuellement, à la faux, le coût devenait prohibitif même si l'on trouvait de la main-d'œuvre. La coïncidence de la première coupe, début juillet, avec la période des foins dans les fermes d'altitude a également posé un problème de faisabilité.

Éradication par des herbicides

La recherche s'est alors poursuivie sur le contrôle par les herbicides. On a d'abord employé l'acide sulfurique et le chlorate de sodium, puis une multitude de nouveaux herbicides, produits surtout dans les années 1960. Les problèmes posés étaient de trois ordres :

— Pour être rentable, une application unique d'un composant chimique bon marché devait exercer une limitation à long terme. Les premiers produits permettaient un contrôle pendant 2 ans et convenaient en sylviculture jusqu'à ce que les jeunes arbres ne soient plus sensibles à la compétition.

— L'emploi d'herbicides rémanents, exerçant le contrôle à long terme souhaité, était limité par la nécessité d'établir de bons pâturages comprenant une forte proportion de légumineuses.

— Tout produit doit surmonter les défenses de la fougère, à savoir :

- très peu de migrations de réserves vers les rhizomes avant la mi-juillet,
- un épaissement de la cuticule foliaire lors de la maturation de la fronde, ce qui signifie une moindre pénétration des herbicides appliqués tardivement,
- l'existence d'un grand nombre de bourgeons potentiels de fronde, la plupart dormants, et par là même peu susceptibles de se comporter en « puits », quel que soit l'herbicide appliqué,
- certains rhizomes porte-frondes ne produisant pas de fronde une année donnée, la diffusion du produit doit être très large,
- une réserve carbonée dans les rhizomes de stockage, à l'activité métabolique réduite, mais capables d'initier de nouveaux bourgeons même après la destruction de tous les bourgeons existants.

C'est une performance que l'Asulam puisse venir à bout de toutes ces limitations. Son assimilation et son mode d'action sur la fougère ont fait l'objet d'investigations considérables par les chercheurs de l'Université de Strathclyde (VEERASEKARAN et KIRKWOOD, 1972 ; VEERASEKARAN, KIRKWOOD et FLETCHER, 1976, 1977a, 1977b, 1978 ; KIRKWOOD, VEERASEKARAN et FLETCHER, 1982). Son action principale est la suppression quasi totale du développement des bourgeons. Les réserves carbonées des rhizomes ne sont pas significativement affectées (WILLIAMS et FOLEY, 1975) et, même 3 ans après l'application, la plupart des rhizomes semblent toujours en parfait état. Seule s'avère possible la reprise de croissance d'une première fronde issue de rhizomes porte-frondes situés loin de la fronde traitée (JARVIS, 1974), bien que KIRKWOOD, VEERASEKARAN et FLETCHER (1982) aient suggéré que les bourgeons dormants pouvaient recevoir une dose subléthale et se comporter comme foyer de réinfestation. Après une dizaine d'années d'observations sur l'efficacité de l'Asulam contre la fougère aigle, la régénération des bourgeons à partir des rhizomes de réserves ne semble pas avoir un rôle significatif dans la réinfestation par la fougère.

Un autre avantage de l'Asulam est son extrême sélectivité : il n'affecte pratiquement pas la flore de ces pâturages (WILLIAMS, 1980a). D'une manière générale, la composition des pâturages est beaucoup plus modifiée par la disparition de l'effet de compétition dû aux frondes de fougère que par l'effet direct de l'herbicide (WILLIAMS et FRASER, 1979 ; SPARKE et WILLIAMS, 1986).

Le Glyphosate est également efficace contre la fougère et tue les rhizomes plus rapidement que l'Asulam (WILLIAMS et FOLEY, 1975) mais il détruit une bonne part de la végétation et ne convient pour maîtriser les fougères que lorsqu'il doit y avoir ressemis, ou lorsqu'il est épandu avec un applicateur à mèche (WILLIAMS, 1987b).

Aspects économiques du contrôle des fougères : exemple de l'Ecosse

Actuellement, en Ecosse, malgré l'efficacité de l'Asulam, les plans de lutte contre la fougère sont beaucoup moins nombreux qu'il y a 30 ans, bien que l'on ait montré (McCREATH, 1982) que le coût du traitement à l'Asulam, appliqué au tracteur, n'est pas plus cher en termes relatifs que celui de la fauche, et l'application par hélicoptère est à peine plus onéreuse. Il faut donc prendre en compte d'autres considérations :

- Le coût de la fauche est réparti sur 4 ans.
- Pour qu'un traitement à l'Asulam par hélicoptère soit rentable, il faut qu'il concerne au moins une quinzaine d'hectares. Peu d'éleveurs ont de telles surfaces continues en fougères. De plus, l'éleveur n'a pas toujours l'argent nécessaire pour acheter suffisamment d'animaux utilisateurs du fourrage supplémentaire.
- Les perspectives financières de la production de moutons dans les collines écossaises sont incertaines, tandis qu'un nombre croissant de fermiers de plaine adoptent l'élevage ovin en alternative de l'élevage laitier.
- La fauche permettait une colonisation progressive des graminées et limitait d'autres mauvaises herbes, par exemple les digitales (*Digitalis purpurea*), les orties (essentiellement *Urtica dioica*) et les chardons (*Cirsium* sp.), qui ne sont pas affectés par l'Asulam.

Mais il est vrai aussi que le contrôle des fougères implique des changements dans les techniques de production que les fermiers écossais des collines, un peu routiniers, peuvent ne pas souhaiter faire. On a souvent répété que la capacité de chargement dans les collines dépendait en premier lieu des disponibilités hivernales en fourrage et la disparition des fougères ne contribue pas en soi à leur augmentation. Il est nécessaire d'adopter des systèmes d'exploitation des pâturages de collines plus efficaces (EADIE, 1978), impliquant de futurs épandages de chaux, de fertilisants, et la pose de clôtures. Il pourrait aussi se produire des changements dans les modes de gardiennage. WILLIAMS (1980b) a montré que la vitesse de réinfection de la fougère après un traitement réussi à l'Asulam pouvait être retardée par la présence de bovins pâturant, mais que des clôtures pouvaient être nécessaires pour empêcher les déplacements vers les surfaces non traitées. Bien sûr, la présence de bovins dans les collines est l'une des meilleures garanties contre

la propagation de la fougère aigle mais, une fois que celle-ci est installée, le risque d'empoisonnement des vaches n'est pas négligeable.

4. Perspectives

Il existe des méthodes pour réduire le coût du contrôle des fougères aigle et réaliser des améliorations pour des espaces limités, le choix dimensionnel pouvant être adapté au budget dont dispose l'éleveur pour développer les autres aspects de l'amélioration de son système d'exploitation. L'usage d'un applicateur de très faible volume (WILLIAMS, 1979) ou des applicateurs à mèche reste à la mesure de l'éleveur tandis qu'un mélange de chlorosulfuron et de métasulfuron-méthyl (Finesse ; Du-Pont) laisse prévoir une réduction considérable du coût chimique (DAVIES et WILLIAMS, 1987). Tout ceci n'a de valeur qu'intégré à un système de gestion qui pourrait fournir les résultats souhaités en matière de composition floristique des prairies et parcours (WILLIAMS, 1987a).

Accepté pour publication le 12 octobre 1987

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A.G.F.F. (1984) : « Bekämpfung von Unkräutern auf Alpweiden », *Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues (A.G.F.F.)*, Information U4.
- ANDRÉ J.-R., GACHON L., DE MONTARD F.-X., BRIFFANT G., DE SALINS J.F. (1972) : « Hématurie essentielle des bovidés et conditions de milieu », *Acad. Agric. France*, 13/12/1972, 1435-1449.
- BRAID K.W. (1934) : « Bracken as a colonist », *Scottish Journal of Agric.*, 17, 59-70.
- CAVALLERO A., BIANCHI M. REYNERI A. (1983) : « Étude comparée de l'influence des bovins et des ovins sur la reprise en exploitation des zones abandonnées de la basse-montagne nord-occidentale italienne », *Compte rendu 3^e Réunion du sous-réseau F.A.O. des Herbages de Montagne*
- CONWAY E. (1949) : « The autoecology of the bracken (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) : The germination of the spore, the development of the prothallus and the young sporophyte », *Proc. of the Royal Society of Edinburgh*, 163, 325-343.
- CONWAY E. (1957) : « Spore production in bracken », *Journal of Ecology*, 45, 273-282.
- CONWAY E., FORREST J.D. (1961) : « The effects of 4-chlorophenoxyacetic acid on the rhizome of *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn », *Weed Research*, 1, 114-130.
- CONWAY E., STEPHENS R. (1954) : « How the bracken plant reacts to treatment », *National Agricultural Advisory Service Quarterly Review*, 25, 1-15.

- DASANAYAKE M.D. (1960) : « Aspects of morphogenesis in a dorsiventral fern, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn », *Annals of Botany*, NS 24, 317-329.
- DAVIES D.H.K., WILLIAMS G.H. (1987) : « Activity of sulfonyl-urea herbicides on *Pteridium aquilinum* in the South of Scotland », *Proc. Crop Protection in Northern Britain*, 355-360.
- EADIE J. (1978) : « Increasing output in sheep farming », *Journ. Royal Agricultural Society of England*, 139, 103-114.
- ESPAIGNAC H. (1960) : « A propos de l'appareil végétatif de *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn », *Naturalia Monspeliensa, Série Botanique*, 12, 19-25.
- EVANS I.A. (1986) : « The carcinogenic, mutagenic and teratogenic toxicity of bracken », *Bracken : ecology, land use and control technology* (rédigé par R.T. Smith et J.A. Taylor), Parthenon, 139-146.
- EVANS W.C. (1986) : « The acute diseases caused by bracken in animals », *Bracken : ecology, land use and control technology* (rédigé par R.T. Smith et J.A. Taylor), Parthenon, 121-132.
- FARROW E.P. (1917) : « On the ecology of the vegetation of Breckland. III General effects of rabbits on the vegetation », *Journal of Ecology*, 5, 1-18.
- GAMBLIN B., LAMONTAGNE P., MORNICHE A. (1986) : « Bracken and its control in the state forests of Normandy », *Bracken : ecology, land use and control technology* (rédigé par R.T. Smith et J.A. Taylor), Parthenon, 387-393.
- GLASS A.D.M. (1976) : « The allelopathic potential of phenolic acids associated with the rhizosphere of *Pteridium aquilinum* », *Canadian Journal of Botany*, 54, 2 440-2 444.
- GLIESSMAN S.R. (1976) : « Allelopathy in a broad spectrum of environments as illustrated by bracken », *Botanical Journal of the Linnean Society*, 73, 95-104.
- HENDRICK J. (1918) : « The composition and food value of bracken rhizomes », *Scottish Journal of Agriculture*, 1, 423-430.
- HIRONO I., SHIBUYA C., MASARU S., FUSHIMI K. (1972) : « Carcinogenic activity of processed bracken used as human food », *Journ. National Cancer Institute*, 48, 1 245-1 249.
- JARRETT W.F.H. (1982) : « Bracken and cancer », *Proc. Royal Society of Edinburgh*, 81B, 79-83.
- JARVIS M.C. (1974) : *Studies on agriculturally important plant metabolites*, thèse doctorat, Université de Glasgow.
- KEES H., KRUMREY G. (1977) : « Zum derzeitigen Stand der Bekämpfung der wichtigsten alpinen Unkräuter », *Bayerisches Landwirtschaft Jahrbuch*, 54, 377-379.
- KIRKWOOD R.C., VEERASEKARAN P., FLETCHER W.W. (1982) : « Studies on the mode of action of asulam in bracken (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn) », *Proc. Royal Society of Edinburgh*, 81B, 85-96.
- KNÜSTING E. (1984) : *Verfahren zur Verbesserung durch Pteridium aquilinum (L. Kuhn) befalener Weidebestände*, thèse diplôme Université de Hohenheim.
- LOWDAY J.E., MARRS R.H., NEVISON G.B. (1983) : « Some of the effects of cutting bracken (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) at different times during the Summer », *Journal of Environmental Management*, 17, 373-380.
- MC CREATH J.B. (1982) : « Some reflections and projections on bracken control », *Proc. Royal Society of Edinburgh*, 81B, 135-143.

- MOORE L.B. (1942) : *Significance of spores in hard-fern infestations*, New Zealand DSIR, Botany Division Publication 7.
- MÜLLER-STOLL W.R., MICHAEL K. (1949) : « Untersuchungen über die Stoffspeicherung im Rhizom des Adlerfarns, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn », *Planta*, 36, 507-529.
- O'BRIEN T.P. (1964) : « Problems in the control of the bracken fern of Victoria », *Journ. Austral. Instit. of Agricultural Sc.*, 30, 119-127.
- OINONEN E. (1967) : « Sporal regeneration of bracken (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) in Finland in the light of the dimensions and the age of its clones », *Acta Forestalia Fennica*, 83 (1), 1-96.
- PAGE C.N. (1982) : *The ferns of Britain and Ireland*, Cambridge University Press, 447 pp.
- S.A.C. (1977) : « Incidence of bracken poisoning in cattle survey 1971-1973 », *Scottish Agricultural Colleges*, non publié, 6 pp.
- S.A.C. (1979) : « Bracken control in grassland », *Scottish Agricultural Colleges Publication*, n° 39.
- SCHWABE W.W. (1951) : « Physiological studies in plant nutrition. XVI The mineral nutrition of bracken. Part 1. Prothallial culture and the effects of phosphorus and potassium supply on leaf production in the sporophyte », *Annals of Botany*, NS 15, 417-446.
- SPARKE C.J. (1982) : *Factors affecting the improvement of hill land dominated by bracken (Pteridium aquilinum (L.) Kuhn)*, thèse doctorale, Université de Glasgow.
- SPARKE C.J., WILLIAMS G.H. (1986) : « Sward changes following bracken clearance », *Bracken : ecology, land use and control technology* (rédigé par R.T. Smith et J.A. Taylor), Parthenon, 225-231.
- TAYLOR J.A. (1986) : « The bracken problem : a local hazard and global issue », *Bracken : ecology, land use and control technology* (rédigé par R.T. Smith et J.A. Taylor), Parthenon, 21-42.
- TRYON R.M. (1941) : « A revision of the genus *Pteridium* », *Rhodora*, 43, 1-31, 37-67.
- VEERASEKARAN P., KIRKWOOD R.C. (1972) : « The effect of stage of frond development on the absorption and translocation of asulam in bracken », *Proc. 11th British Weed Control Conference*, 17-23.
- VEERASEKARAN P., KIRKWOOD R.C., FLETCHER W.W. (1976) : « The mode of action of asulam [methyl (4-aminobenzene-sulphonyl) carbamate] in bracken », *Botanical Journal of the Linnean Society*, 73, 247-268.
- VEERASEKARAN P., KIRKWOOD R.C., FLETCHER W.W. (1977a) : « Studies on the mode of action of asulam in bracken (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn). I Absorption and translocation of [¹⁴C] asulam », *Weed Research*, 17, 33-39.
- VEERASEKARAN P., KIRKWOOD R.C., FLETCHER W.W. (1977b) : « Studies on the mode of action of asulam in bracken (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn). II Biochemical activity in the rhizome buds », *Weed Research*, 17, 85-92.
- VEERASEKARAN P., KIRKWOOD R.C., FLETCHER W.W. (1978) : « Studies on the mode of action of asulam in bracken (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn). III Long-term control of field bracken », *Weed Research*, 18, 315-319.
- WATT A.S. (1940) : « Contributions to the ecology of bracken (*Pteridium aquilinum*). I The rhizome », *New Phytologist*, 39, 401-422.

- WATT A.S. (1950): « Contributions to the ecology of bracken (*Pteridium aquilinum*). V Bracken and frost », *New Phytologist*, 49, 308-327.
- WEBSTER B.D., STEEVES T.A. (1958): « Morphogenesis in *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn : general morphology and growth habit », *Phytomorphology*, 8, 30-41.
- WHITTLE C.M. (1964): « Translocation in *Pteridium* », *Annals of Botany*, NS 28, 330-338.
- WILLIAMS G.H. (1979): « Ultra low volume spraying of bracken in the West of Scotland », *West of Scotland Agricultural College Technical Note*, n° 79.
- WILLIAMS G.H. (1980a): « Bracken control : a review of progress 1974-1979 », *West of Scotland Agricultural College Research and Development Publication*, n° 12.
- WILLIAMS G.H. (1980b): « Follow-up treatments for control of *Pteridium aquilinum* », *Proc. British Crop Protection Conference - Weeds*, 423-428.
- WILLIAMS G.H. (1987a): « Bracken control », *Scottish Agricultural Colleges Technical Note*, T54.
- WILLIAMS G.H. (1987b): « The value of rope-wick applicators for weed control in mountain pastures », *Compte rendu 5^e Réunion sous-réseau F.A.O. des Herbages de Montagne*.
- WILLIAMS G.H., FOLEY A. (1975): « Effect of herbicides on bracken rhizome survival », *Annals of Applied Biology*, 79, 109-111.
- WILLIAMS G.H., FOLEY A. (1976): « Seasonal variations in the carbohydrate content of bracken », *Botanical Journal of the Linnean Society*, 73, 87-93.
- WILLIAMS G.H., FRASER D. (1979): « The effects of asulam, frond cutting and ground mineral phosphate on the yields of swards dominated by bracken (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn », *Grass and Forage Science*, 34, 97-102.
- ZHEN S.L., ZHANG W. (1983): « A new genus of Pteridaceae from late Jurassic, Heilongziang Province », *Acta Botanica Sinica*, 25, 380-384.

RÉSUMÉ

La fougère aigle (*Pteridium aquilinum*) est une mauvaise herbe toxique, qui, de plus, réduit les disponibilités en herbe, perturbe le gardiennage et donne une saveur amère au lait.

Bien qu'étant particulièrement fréquente sur les sols acides, en climat humide, la plante se rencontre également dans la plupart des contextes pédo-climatiques.

Des perspectives incertaines de développement de l'élevage, surtout en zone de montagne, ont conduit à la sous-utilisation ou à l'abandon des pâturages. Si la fougère aigle est présente, elle peut se propager rapidement. Sinon, les feux de broussailles peuvent créer des habitats plus favorables à son installation. La possibilité de fauche comme le contrôle chimique dépendent de la main-d'œuvre disponible. L'Asulam limite bien la fougère aigle mais son emploi ne s'est pas généralisé pour des motifs économiques. Le glyphosate peut être utilisé avec un applicateur à meche, ou lors d'un ressemis.

La biologie de la fougère rend son éradication difficile. La réussite de la maîtrise à long terme de la fougère est améliorée par la présence des bovins, mais ce sont les animaux les plus sensibles à sa toxicité. La réduction des problèmes d'invasion par la fougère aigle dans les pâturages d'altitude dépend de l'adoption d'aménagements intégrés adéquats.