

Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 122 (1999)

Artikel: Le pâturage boisé jurassien
Autor: Gallandat, Jean-Daniel / Gillet, François
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-89521>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

LE PÂTURAGE BOISÉ JURASSIEN

JEAN-DANIEL GALLANDAT & FRANÇOIS GILLET

Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, Institut de botanique, Université de Neuchâtel, Rue Émile-Argand 11, 2007 Neuchâtel, Suisse.

Aujourd'hui, les préoccupations paysagères et écologiques prennent une part accrue sinon prépondérante dans la gestion du territoire. On s'interroge dès lors sur les moyens d'arriver à concilier dans les zones marginales que sont les pâturages boisés les intérêts agricoles, forestiers, touristiques et écologiques. Plus précisément, on cherche à maintenir la qualité des herbages sans compromettre la régénération du boisé tout en garantissant une biodiversité aussi élevée que possible.

Bien que les nouvelles orientations de l'agriculture incitent à produire moins, les exploitants agricoles restent, et de loin, les principaux utilisateurs du pâturage boisé même si, dans certaines régions, le revenu tiré de l'exploitation des arbres est loin d'être négligeable. À ces utilisateurs permanents et obligatoires du pâturage boisé que sont les agriculteurs et les forestiers viennent s'ajouter un grand nombre d'utilisateurs occasionnels, qui prennent aujourd'hui une importance grandissante: marcheurs, skieurs, cavaliers, cyclistes, pique-niqueurs, chasseurs, cueilleurs, etc. L'attrait touristique des pâturages boisés est considérable, bien que difficilement mesurable. Les intérêts parfois divergents de ces différents types d'utilisateurs du pâturage boisé sont la source de conflits difficiles à concilier.

Face à cette situation, il s'avère nécessaire de développer de nouveaux outils de gestion qui prennent en considération l'ensemble des intérêts en jeux. C'est le défi que tente de relever depuis plusieurs années le Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie de l'Université de Neuchâtel dont un des axes de recherche est consacré à l'étude des écosystèmes sylvo-pastoraux. Outre une typologie adaptée à la problématique des milieux complexes, la recherche PATUBOIS (GALLANDAT *et al.*, 1995) propose des modèles d'organisation qui permettent de poser un diagnostic sur l'état actuel des systèmes et d'émettre un certain nombre de prédictions sur leur évolution. Dans le cadre du projet pilote GESTMONTAGNES (BRÜHLMANN *et al.*, 1998) du Parc jurassien vaudois, les outils mis au point ont été testés et appliqués à l'élaboration de plans de gestion intégrés de quatre estivages. Ces recherches menées en collaboration étroite avec des agronomes et des forestiers ont reçu le soutien financier des cantons de Vaud, Neuchâtel, Jura et Berne, de l'Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage, du Fonds National suisse de la Recherche Scientifique et du Fonds Suisse pour le Paysage. C'est la méthodologie et les principaux résultats de ces recherches qui sont exposés ici.

A LA FOIS PÂTURAGE ET FORÊT: L'ÉCO-SYSTÈME SYLVO-PASTORAL

Les écosystèmes sylvo-pastoraux (à la fois pâturés et boisés) sont très répandus dans le monde, principalement dans les régions méditerranéennes et tropicales (prés-bois, savanes arborées, etc.). Il s'agit le plus souvent d'immenses terres de parcours liées à une agriculture extensive (pâturage itinérante) pratiquée par des populations nomades. La coexistence des arbres, des buissons et des herbages est autant due à la dynamique spontanée de la végétation (tendance au boisement, contre-carrée par les effets du pâturage et des

incendies) qu'à la volonté des habitants de diversifier la végétation à leur profit. Les arbres, en particulier, sont largement et très diversement utilisés, pour leur effet protecteur (lutte contre l'érosion, fertilisation du sol, ombrage) et pour les produits dérivés (bois, feuillage, fruits, écorces). En Europe tempérée, la densité de la population, la spécialisation des activités et l'intensification de l'agriculture ont fait disparaître depuis longtemps les formations sylvo-pastorales, sauf dans certaines régions de montagne, comme le Jura suisse, domaine du pâturage boisé. Largement imprégné de la dominance de l'épicéa (fig. 1), le pâturage boisé jurassien occupe de larges sur-

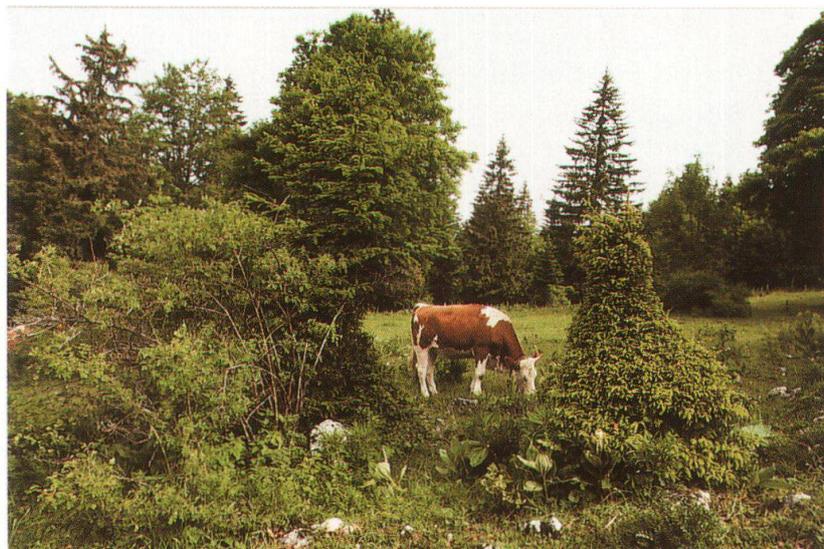


Figure 1: Les buissons épineux offrent une protection contre la dent du bétail et favorisent la régénération des essences forestières. Parmi celles-ci, l'épicéa règne en maître en raison de sa grande résistance à l'abrutissement: il peut subsister pendant plus d'un siècle à l'état de "toupie"!



Figure 2: Les aménagements sylvo-pastoraux ont longtemps prôné la séparation du pâturage et de la forêt: à gauche le pâturage exploité intensivement et dépourvu d'arbre, à droite le pâturage abandonné en voie d'évolution rapide vers la forêt.

faces entre 900 et 1400 m d'altitude. Il présente des aspects très diversifiés selon la région, l'altitude et le mode de gestion.

Les aménagements sylvo-pastoraux

La politique productiviste qui a prévalu dans les années 1950 à 1970 a conduit à promouvoir la séparation de la forêt et du pâturage, surtout après les travaux de RIEBEN (1957). Le but des aménagements **sylvo-pastoraux** visait alors à dégager la vocation, soit forestière, soit agricole des terrains, afin de faciliter leur gestion et d'accroître la productivité économique de l'agriculture et de la sylviculture. Cette sectorisation a déjà abouti, dans certains secteurs, à l'intensification et à la concentration de l'activité pastorale, en parallèle avec l'extensification des surfaces boisées et l'embroussaillage de vastes surfaces de pâturages (fig. 2). Une telle politique, si elle s'était généralisée, aurait pu provoquer la disparition des pâturages boisés. Le souci de préserver un paysage typique, la force des traditions et la lenteur des procédures d'aménagement ont permis d'éviter une telle situation

Entre pâturage ouvert et forêt fermée

Le **pâturage boisé** est une formation végétale intimement liée à l'activité humaine. Il se définit avant tout de manière fonctionnelle par une gestion productive mixte, pastorale et sylvicole. Selon la part respective de ces deux activités, il présente un aspect très variable, situé entre deux extrêmes: d'un côté le **pâturage intensif** parsemé de quelques arbres (voire quelques souches !) et, de l'autre, la **forêt fermée** sporadiquement parcourue.

Le pâturage boisé se définit donc aussi par sa structure, un assemblage complexe de communautés végétales muscinales, herbacées (prés pâturés, pelouses, ourlets...), arbustives (fourrés, manteaux, buissons) et arborescentes (arbres isolés ou en bosquets plus ou moins denses et

étendus). La nature et l'importance relative de ces composants, qui déterminent son aspect, sa composition et son dynamisme, peuvent varier considérablement d'un pâturage boisé à l'autre, selon le sol, le climat et les activités humaines. Il n'y a donc pas un pâturage boisé mais **plusieurs types** de pâturages boisés.

Le pâturage boisé est un système complexe semi-naturel

Au-delà de leur diversité physiologique et biologique, les pâturages boisés présentent des constantes ou invariants dans leur mode d'organisation, qui permettent d'en donner une définition écologique fonctionnelle. Pour la formuler, il est nécessaire de bien comprendre le fonctionnement des systèmes dans lesquels ils sont intégrés ainsi que les lois qui gouvernent leur évolution. Le multi-usage et la complexité de la structure contribuent à assurer un maximum de diversité biologique aux pâturages boisés par rapport aux autres formations végétales (forêts ou prairies). L'intégration harmonieuse de multiples composants à différents niveaux d'organisation est une propriété remarquable de ces écosystèmes semi-naturels.

Les pâturages boisés étant définis comme des écosystèmes partiellement déterminés par les activités humaines (pastorales et sylvicoles essentiellement), toute étude qui vise à comprendre les conditions de leur maintien doit nécessairement en tenir compte. Toutefois, les activités humaines ne sont que des agents déterminants du comportement du système qui nous intéresse, et ne font pas partie de sa structure même. Ils ne sont pas les seuls à influencer la composition et la dynamique de celui-ci: le climat, la situation topographique, les sols jouent un rôle tout aussi déterminant. La prépondérance des facteurs anthropiques se manifeste dans les cas extrêmes, quand ils deviennent limitants (exploitation intensive). D'autre part,

leur action sur le paysage, la faune sauvage ou le bétail se fait toujours par l'intermédiaire de la végétation, qui se trouve être le constituant fondamental de l'écosystème.

Quel statut légal ?

Aucune définition légale rigoureuse du pâturage boisé n'est unanimement reconnue. Des différences d'appréciation importantes opposent parfois gestionnaires et utilisateurs. Selon la législation suisse, le pâturage boisé est soumis à la loi forestière. Du point de vue de l'administration forestière, il s'agit d'une forêt, même dans le cas où le taux de boisement est devenu nul. Une surface agricole tombe sous régime forestier si son taux de boisement augmente et atteint une valeur seuil (généralement 10 %). En revanche, une parcelle de pâturage boisé ne peut être soustraite au régime forestier qu'à la suite d'une procédure de défrichement, qui impose la création d'une surface boisée de compensation équivalente. Du point de vue de l'agriculture, le pâturage boisé est considéré comme une unité d'exploitation pastorale (pâturage extensif ou semi-intensif) comportant une partie boisée. Au plan fédéral, l'Ordonnance sur les forêts du 30 novembre 1992 donne la définition légale suivante: *“Les pâturages boisés sont des surfaces sur lesquelles alternent, en forme de mosaïque, des peuplements boisés et des pâturages sans couvert et qui servent aussi bien à la production animale qu'à l'économie forestière.”*

Une composante essentielle du paysage de la chaîne jurassienne

La zone sylvo-pastorale recouvre une aire étendue; exception faite de quelques grands pâturages de basse altitude (Jura bernois), elle débute en général à une altitude d'environ 1000 m, domaine comprenant de vastes territoires tels que la vallée de Joux, La Brévine-Le Locle, les

Franches-Montagnes, pour monter jusqu'aux sommets les plus élevés. L'altitude de ceux-ci, comme d'ailleurs l'élévation moyenne de la chaîne, diminue du sud vers le nord-est; ainsi elle passe de 1677 m à la Dôle et 1679 m au Mont-Tendre, à 1607 m au Chasseron, 1610 m au Chasseral et 1302 m au Raimeux. L'analyse de la répartition des pâturages boisés dans la chaîne jurassienne (fig. 3) montre que leur surface relative (par rapport aux autres formations) augmente régulièrement avec l'altitude, passant de moins de 5% en dessous de 800 m à plus de 30% au-dessus de 1200 m; 37% des pâturages boisés se développent entre 1000 et 1200 m d'altitude, où ils occupent 17% du territoire. Dans le paysage, ils se développent dans la zone de transition (*saltus*) entre les zones cultivées aux abords des villages (*ager*) et les forêts (*sylva*), généralement au bas des versants des monts jurassiens (fig. 4), ainsi que sur

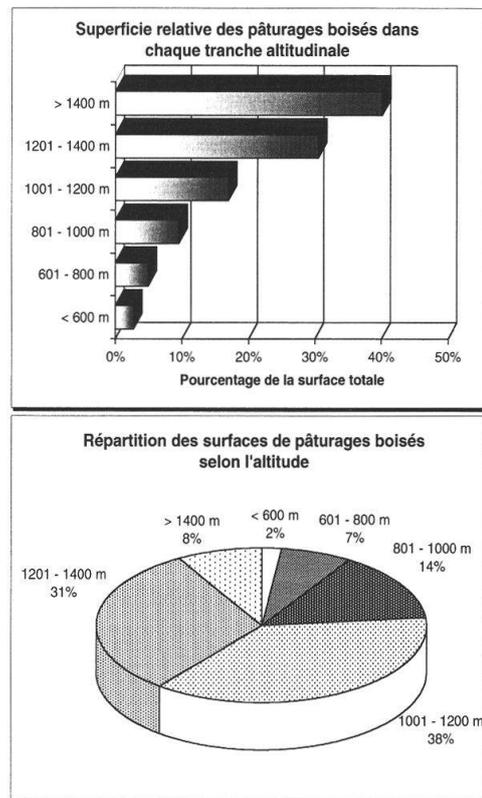


Figure 3: Distribution des pâturages boisés en fonction de l'altitude, d'après une analyse des cartes nationales du Jura suisse au 1:25'000.

les crêtes à proximité de la limite climatique des forêts (fig. 5). Ils montrent une prédilection pour les pentes moyennes à fortes et bien exposées.

Paradoxalement, le pâturage boisé est mal connu des chercheurs

La synthèse bibliographique fait apparaître que les pâturages boisés du Jura suisse ne sont connus que de façon très ponctuelle. Les préoccupations esthétiques des forestiers du début du siècle faisaient pourtant une place importante au pâturage

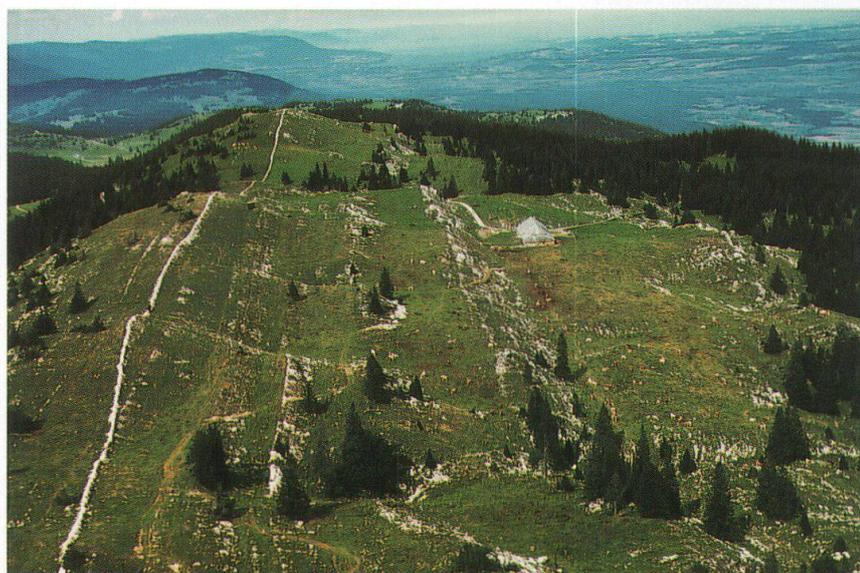
boisé, considéré comme un modèle d'harmonie (PILLICHODY, 1920). Par la suite, le multi-usage est apparu davantage comme une contrainte dans un contexte qui devenait de plus en plus productiviste. Ceci explique peut-être un certain cloisonnement entre les études agronomiques et forestières au détriment des études intégrées. L'œuvre de RIEBEN constitue une exception remarquable, même si cet auteur prône en général une gestion différenciée selon la vocation pastorale ou sylvicole du sol.

Aucune étude phytosociologique n'a été à ce jour consacrée aux pâturages boisés

Figure 4: Entre culture (*ager*) et forêt (*sylva*), un exemple de pâturage boisé de l'étage montagnard inférieur (Vauffelin, BE).



Figure 5: Les pâturages boisés dominent sur les crêtes de la Haute-Chaîne du Jura rocheux (Mont Tendre, VD). L'alternance des bancs calcaires conditionne l'agencement de la végétation: cordons boisés sur les affleurements rocheux, pelouses sur les replats et au fond des combes.



du Jura en tant qu'ensembles paysagers ou écosystèmes. Pourtant, la végétation des prés pâturés et des pelouses est relativement bien connue dans cette région, notamment par les travaux de BÉGUIN (1970) THOMET (1981), ROYER (1987), GIRARD (1987), DUCKERT (1987) et HALLER-ROHNER (1990). Les contraintes liées à la méthode employée font qu'aucun de ces travaux ne tient compte de la présence des arbres dans les pâturages. Dans le cadre des études phytosociologiques classiques, le pâturage boisé *n'existe pas* en tant que tel; quand il est mentionné, il est interprété comme une juxtaposition de pâturages et de fragments de forêts dégradées, ces derniers n'étant jamais relevés. Les nombreux travaux phytosociologiques consacrés aux forêts du Jura, qu'il serait trop long d'énumérer ici, ne tiennent jamais compte de l'influence du bétail et de la texture du boisement sur la composition floristique. Leur objectif étant de décrire les associations forestières climatiques, ils ignorent totalement les pâturages boisés et les forêts parcourues.

Les rapports entre la végétation et les sols des pâturages boisés ne sont connus que par des études très locales. Les recherches forestières sur le peuplement boisé et sa régénération en pâturage sont peu nombreuses et abordent surtout les aspects techniques. Le regain d'intérêt actuel pour l'étude, la conservation et la gestion du paysage a rendu nécessaire la mise au point de nouveaux outils conceptuels et méthodologiques permettant une approche globale et intégrée des pâturages boisés de l'Arc jurassien qui rende compte de leur diversité et de leur dynamique.

UNE DÉMARCHE ORIGINALE

Comprendre les mécanismes par l'étude de la végétation

La compréhension des mécanismes qui gouvernent l'organisation d'un pâturage

boisé passe obligatoirement par l'étude fine de la végétation. Celle-ci est au cœur de l'écosystème sylvo-pastoral: élément essentiel du paysage, elle détermine directement le potentiel fourrager, ainsi que la structure, la texture et le potentiel de régénération du boisé. Une démarche résolument centrée sur la végétation, reflet des caractères stationnels et des conditions d'exploitation, vise simultanément deux objectifs: (1) rendre compte de la diversité de la végétation et des conditions stationnelles; (2) expliciter les processus mis en œuvre dans le déterminisme du maintien et de l'évolution de la végétation.

Le souci d'intégrer ces deux aspects habituellement dissociés est un trait original de la démarche adoptée dans la recherche PATUBOIS.

Enquêtes agronomiques et inventaires forestiers

Si l'étude de la végétation est au cœur de la démarche adoptée, les données sylvicoles et agronomiques ne peuvent être négligées pour autant. Elles font l'objet d'enquêtes et d'expertises effectuées par des ingénieurs forestiers et agronomes. Un volet sylvicole important est consacré à la structure et à la dynamique du peuplement boisé. La régénération forestière joue en effet un rôle déterminant dans l'organisation et le comportement dynamique des phytocénoses de pâturage boisé. Les enquêtes agronomiques visent à fournir les informations nécessaires pour dresser un bilan agronomique des estivages (charge en bétail, système d'exploitation). Ces données sont intégrées notamment dans les simulations numériques. Un aperçu des données agro-sylvicoles utilisées est présenté plus loin (voir encadré).

La complexité nécessite le recours à plusieurs échelles d'investigation

La structure complexe de la végétation des pâturages boisés impose de considérer

ENCADRÉ: DU DIAGNOSTIC AU PLAN DE GESTION INTÉGRÉ

Liste des différentes étapes de travail qui conduisent de la récolte des informations de base à la mise en œuvre et au suivi d'un plan de gestion intégré, selon le projet pilote GESTMONTAGNES (BRÜHLMANN *et al.*, 1998).

Phase des inventaires

- Cartographie des unités de végétation
- Cartographie des infrastructures
- Enquête auprès de l'exploitant agricole
- Relevé des fosses, fumières, citernes, appréciation des bâtiments
- Inventaire du peuplement forestier adulte et de la régénération
- Analyse des données existantes d'aménagement et de gestion des forêts

Phase des diagnostics et bilans

- Analyse de la structure de l'exploitation (type de bétail, produits, secteurs, échelons, système de rotation de la pâture, modifications prévisibles)
- Charge en bétail (durée de pâture, charge actuelle et charge potentielle par rapport au potentiel fourrager, taux d'utilisation, modifications prévisibles)
- Appréciation de la biodiversité (expression de la complexité et de la diversité de la végétation aux niveaux des synusies, des phytocénoses et de l'estivage, de ses parcs et secteurs)
- Dynamique de la végétation (simulation de l'évolution de la végétation à l'aide du modèle dynamique, par type de phytocénose et par unité de gestion)
- Peuplement forestier (matériel sur pied, composition des essences, répartition par classes de diamètre et catégories de grosseur, répartition des taux de boisement)
- Régénération forestière (densité, composition et répartition spatiale de la régénération; pérennité du boisement)
- Qualité des herbages, types (surface productive, zones épandables, potentiel fourrager)
- Bilan de fumure (par rapport aux possibilités d'épandage, au potentiel fourrager et à la production d'engrais de ferme par les animaux estivés)
- Bilan d'approvisionnement en eau (quantité d'eau disponible par rapport aux besoins et répartition des points d'eau)
- Bilan de la fosse à purin et de la fumière, quantités d'engrais de ferme à épandre
- Appréciation des bâtiments et équipements, de l'accès et des dévestitures internes

Phase de l'élaboration des propositions d'aménagement et de gestion

- Discussion des bilans établis lors de la phase précédente avec les différents acteurs (propriétaire, exploitant, inspecteur forestier, représentants des milieux de la protection de la nature et du tourisme)
- Élaboration du plan d'aménagement et de gestion sur la base des bilans établis et des vœux des différentes personnes concernées:
 - charge en bétail, type de bétail
 - zone parcourue, mise à ban, plan des parcs, secteurs
 - points d'eau, approvisionnement, citernes, étangs, etc.
 - aménagements du chalet, accès
 - plan de fumure et de conduite du pâturage
 - aménagement de la desserte forestière
 - exploitations et interventions forestières

Phase de la réalisation du plan de gestion

- Planification opérationnelle des interventions, répartition des tâches, coordination
- Élaboration des plans ou projets définitifs, détaillés et chiffrés
- Détermination du financement
- Exécution par le ou les maîtres d'œuvre

Phase du suivi et du contrôle

- Définition et localisation des éléments à observer selon le diagnostic et les mesures prises
- Fréquence d'observation (tous les 5 à 20 ans, selon l'élément à observer)
- Détermination des intervenants et du financement
- Bilans intermédiaires, mesures correctives ponctuelles

différentes échelles d'investigation. Une approche multiscale est nécessaire pour bien comprendre l'organisation des systèmes phyto-écologiques et situer clairement les niveaux d'espace-temps dans lesquels s'exercent les contraintes écologiques et les processus dynamiques. Cette approche différenciée des niveaux d'intégration constitue le fondement de l'écologie moderne (théorie de la hiérarchie, écologie du paysage). On peut rappeler quelques lois générales s'appliquant aux niveaux intégrés (AUGER *et al.*, 1992):

- À chaque niveau correspond une échelle d'espace et de temps.
- Le nombre des objets (structures observables) diminue quand on passe d'un niveau inférieur à un niveau supérieur.
- Les structures qui apparaissent complexes à un niveau inférieur ne sont que des parties fonctionnelles et structurelles d'un niveau supérieur.
- Chaque objet à un niveau donné conditionne l'existence des objets du niveau inférieur et présente des propriétés qui lui sont propres (qualités émergentes), non déductibles de celles des objets du niveau inférieur.
- Les facteurs déterminants de l'organisation sont différents à chaque niveau.

Concrètement, les trois niveaux d'organisation de la végétation distingués correspondent à trois échelles d'approche des pâturages boisés (fig. 6):

- Le *niveau 1* des communautés végétales élémentaires (*synusies* d'arbres, d'arbustes, d'herbes et de mousses) qui constituent les pièces du "puzzle" pâturage boisé.
- Le *niveau 2* des complexes de végétation (*phytocénoses* de pâturages boisés et de bois pâturés), formés de l'assemblage régulier de communautés élémentaires.
- Le *niveau 3* des unités d'exploitation (*estivages*), représentant une mosaïque de

différents complexes en interaction (du pâturage non boisé au bois non pâturé).

Chaque niveau d'organisation possède ses propres lois mais est influencé par les niveaux inférieur et supérieur: telle phytocénose de pâturage boisé peut se maintenir tant que, d'une part, les conditions de vie d'une *synusie* arbustive jouant un rôle clé dans la régénération sont assurées, et tant que, d'autre part, la gestion globale de l'unité d'exploitation ne compromet pas son équilibre global.

L'esprit de la démarche systémique

La systémique n'est pas une méthode, mais plutôt un état d'esprit, comme le résume très bien SCHWARTZ (1988): "*L'approche systémique est un état d'esprit, une façon de voir le monde, (...), de rechercher les régularités (invariants, etc.), de dégager les structures, les fonctions, les processus, l'évolution, l'organisation. Cette nouvelle façon de penser, complémentaire de l'approche analytique cartésienne, se caractérise surtout par la prise en compte de la globalité des phénomènes, de leur structure, leurs interactions, leur organisation et leur dynamique propre. Nouvelle discipline, la systémique regroupe les démarches théoriques, pratiques et méthodologiques relatives à l'étude de ce qui est reconnu comme trop complexe pour pouvoir être abordé de façon réductionniste et qui pose des problèmes de frontières, de relations internes et externes, de structure, de lois ou de propriétés émergentes caractérisant le système comme tel ou des problèmes de mode d'observation, de représentation, de modélisation ou de simulation d'une totalité complexe.*"

Caractères généraux d'un système

Un système peut être défini sommairement comme un **ensemble organisé de composants unis par des relations**. Les

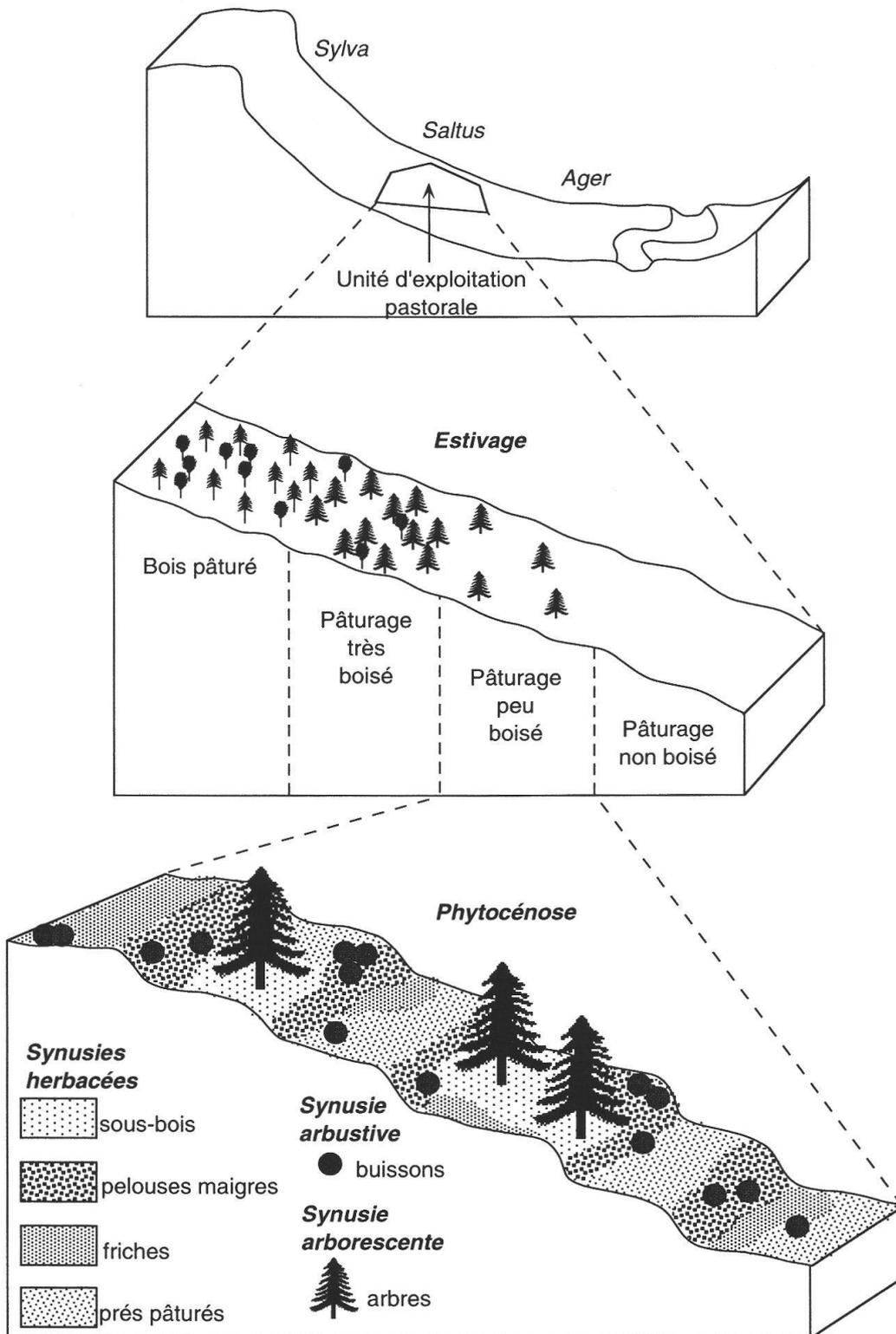


Figure 6: Les trois niveaux d'organisation de la végétation des pâturages boisés. De bas en haut: niveaux 1 -2 -3.

systèmes sont **hiérarchisés**: chaque système peut être considéré comme composant d'un système plus global et peut être décomposé en sous-systèmes à un niveau d'intégration inférieur. Un système possède une **frontière**, qui est la conséquence d'un processus d'**autonomisation** (bouclage du système sur lui-même). Un système présente des **propriétés émergentes** non déductibles des propriétés de ses composants mais liées à des processus d'**organisation** (rétroactions positives et négatives, régulations).

L'approche systémique en phytosociologie

L'approche systémique est utilisée depuis longtemps en écologie, essentiellement pour élaborer des **modèles quantitatifs** du fonctionnement des écosystèmes en termes de flux de matière et d'énergie, ou de la dynamique de populations prédateurs-proies. La phytosociologie est une science essentiellement qualitative, son but principal étant de décrire et d'explicitier la **diversité** des communautés végétales. Pour cette raison, elle s'est développée indépendamment de ce courant systémique. Mais aujourd'hui, la "révolution systémique" qui agite le monde des sciences naturelles et humaines nous ouvre de nouvelles perspectives. L'approche systémique et structuraliste a été introduite en phytosociologie par DE FOUCAULT (1984, 1993). Elle est devenue une composante fondamentale de l'approche synusiale intégrée (GILLET *et al.*, 1991).

TYPLOGIE DE LA VÉGÉTATION

La typologie, une base de référence indispensable

La typologie des communautés végétales vise à définir des types qui sont des catégories abstraites déduites du traitement statistique d'un certain nombre de relevés. Chaque type est sensé représenter une catégorie homogène vis-à-vis des critères

retenus pour les comparaisons. Le rattachement d'un objet observé (relevé d'une communauté végétale) à un type préalablement défini permet de lui attribuer un certain nombre de propriétés, issues de corrélations avec les variables environnementales ou des indications de la flore, partagées statistiquement par l'ensemble des objets qui ont servi à le définir. Cette démarche **prévisionnelle** permet de faire des diagnostics rapides à partir d'observations ponctuelles sur la végétation d'un pâturage boisé, en profitant des connaissances acquises lors de l'élaboration de la typologie. Par exemple, l'identification d'une synusie herbacée à un type connu renseigne sur ses exigences écologiques (acidité, fertilité du sol), sa valeur fourragère (par l'intermédiaire de la valeur pastorale), son rôle dans la régénération des arbres, etc. Les types de synusie et de phytocénose sont eux-mêmes regroupés dans une classification hiérarchique, afin de mettre en évidence leurs affinités et la logique de leur diversité.

La phytosociologie synusiale intégrée

L'étude fine de la végétation des pâturages boisés utilise les concepts méthodologiques nouveaux de la phytosociologie synusiale intégrée (GILLET *et al.*, 1991 ; GILLET & GALLANDAT, 1996). Elle vise à fournir une typologie de la végétation à deux niveaux d'organisation: synusies et phytocénoses.

Pour chacun de ces deux niveaux, deux étapes sont nécessaires: (1) l'échantillonnage sur le terrain (relevés phytosociologiques); (2) le traitement des données à l'aide d'analyses multivariées.

Les relevés de synusies (listes quantifiées d'espèces) sont effectués à l'intérieur de stations de phytocénoses délimitées sur le terrain. La comparaison statistique des relevés préalablement regroupés en catégories (synusies arborescentes, arbustives, herbacées et muscinales) aboutit à la définition des types de synusie ou **syntaxons**.

Un relevé de phytocénose (liste quantifiée des types de synusies) est effectué dans chacune des stations. Le traitement statistique des relevés permet de définir des types de phytocénoses ou **cœnotaxons**.

PATUBASE, outil de gestion des données

L'exploitation d'une masse considérable de données de différente nature (relevés phytosociologiques, données agronomiques, inventaires forestiers, etc.) a grandement bénéficié de la mise au point d'une base de données relationnelle, appelée PATUBASE. Cet outil de gestion informatique des données (application 4^{ème} Dimension), spécialement développé pour PATUBOIS (GILLET, 1998), permet de les stocker, les visualiser, les actualiser et les mettre en valeur (calculs automatisés, graphiques, cartes) avec le maximum de facilité et d'efficacité.

Grâce à PATUBASE, les nombreux renseignements enregistrés avec les relevés ou déduits de leur composition botanique servent à caractériser la répartition géographique, l'écologie, la biodiversité, la valeur pastorale et le potentiel de régénération de chaque type de synusie ou de phytocénose.

Les caractères différentiels les plus évidents, liés notamment à la physionomie, l'altitude et la situation topographique, sont utilisés pour élaborer les clés de détermination des synusies et des phytocénoses. PATUBASE intègre des outils élaborés de diagnostic écologique et syntaxonomique.

Une grande diversité de synusies, reflet de la complexité de l'écosystème

Le traitement des 1644 relevés synusiaux a abouti à la définition de 131 types de synusies. Ce résultat montre une diversité importante, qui s'explique en partie par la grande variété des habitats à l'intérieur des phytocénoses de pâturages boisés, et en partie par les contrastes de climat liés à l'altitude.

Les **synusies arborescentes** sont plus diversifiées à basse altitude. Dans la plupart des 21 types définis, l'épicéa joue un rôle important, qui augmente avec l'altitude, parallèlement avec la diminution de la diversité des essences. Les synusies arborescentes basses se distinguent généralement par une proportion de feuillus plus importante.

Les **synusies arbustives** sont également plus diversifiées et plus riches en espèces en basse altitude (étage montagnard inférieur). Souvent riches en épineux, elles jouent souvent un rôle essentiel dans la régénération des essences forestières en protégeant de l'abrutissement leurs stades de développement arbustifs (voir fig. 1). 21 types ont pu être distingués.

Les **synusies herbacées**, avec pas moins de 78 types définis, apparaissent comme les plus diversifiées, quelle que soit l'altitude. C'est en effet à leur niveau que la diversité des habitats est la plus apparente; elles sont particulièrement sensibles à l'ombrage et à l'action du bétail. Certaines synusies herbacées hautes (ronceraies) jouent parfois le rôle des synusies arbustives basses dans la régénération.

Parmi les **synusies muscinales**, seules celles se développant sur l'humus à la surface du sol ont été étudiées. Les 11 types définis pourraient se révéler de bons indicateurs des conditions d'humification.

Les synusies qui composent un pâturage boisé se classent en six catégories physiologiques et écologiques (voir exemple fig. 11):

- les **arbres**: synusies arborescentes hautes et basses;
- les **buissons**: synusies arbustives hautes et basses;
- les **friches**: synusies herbacées hautes, non ou peu broutées (mégaphorbiaies, ronceraies, friches de coupe, friches nitrophiles, refus temporaires, ourlets externes);
- les **sous-bois herbacés**: synusies herbacées basses conditionnées par la présence

des arbres et des buissons, peu ou pas broutés, normalement non fertilisées;

- les **pelouses maigres**: synusies herbacées basses, bien broutées, peu fertilisées, à faible productivité (pelouses calcicoles, pelouses acidophiles, pelouses sur dalles calcaires);

- les **prés pâturés**: synusies herbacées basses, bien broutées, fertilisées, à moyenne ou forte productivité (prés pâturés mésotrophes ou eutrophes, prés piétinés).

Les deux dernières catégories constituent les **herbages** au sens strict.

L'extrême diversité des types de pâturages boisés, reflet de la variété des pratiques humaines

Le traitement des 330 relevés phytocénologiques a abouti à la définition de 59 types de phytocénose. Le nombre de types, limité par l'échantillonnage, est probablement loin d'être exhaustif. L'extrême diversité que révèle cette typologie est à mettre en relation d'une part avec d'importantes variations de structure liées aux pratiques humaines, et d'autre part avec les contrastes de climat liés à l'altitude.

Les types de phytocénose se distinguent par leur composition synusiale, elle-même sous la dépendance de trois facteurs prépondérants: le taux de boisement (recouvrement de la strate arborescente), l'altitude et la pression de pâturage. La classification rend compte de ces caractères prépondérants. Les principaux types de phytocénose peuvent ainsi être répartis en quatre grands groupes:

- Les **pâturages non boisés** (code 1000, 7 types) se distinguent par l'absence de strate arborescente (recouvrement inférieur à 1%, influence négligeable sur la strate herbacée). La biodiversité y est souvent faible, la régénération des arbres nulle, mais la valeur pastorale très élevée (fig. 7).

- Les **pâturages peu boisés** (code 2000, 19 types) se distinguent par un taux de boisement inférieur à 20% avec un grain fin (les arbres sont pour la plupart isolés et ont une influence ponctuelle sur la strate herbacée). La biodiversité y est le plus souvent importante, la régénération des arbres variable et très dépendante de la pression de pâturage, la valeur pastorale moyenne (fig. 8).

- Les **pâturages très boisés** (code 3000, 14 types) se distinguent par un taux de boisement généralement compris entre 20% et 50% avec un grain grossier (les arbres sont pour la plupart regroupés en bosquets entretenant de forts contrastes microclimatiques). La biodiversité y est le plus souvent importante, la régénération des arbres assez bonne, la valeur pastorale médiocre (fig. 9).

- Les **bois pâturés** et les **bois non pâturés** (code 4000, 16 types) se distinguent par un taux de boisement supérieur à 50% (typiquement supérieur à 70%). Toutes les synusies subissent plus ou moins le microclimat forestier: les prés pâturés sont absents et des pelouses maigres se développent parfois dans de petites clairières. La biodiversité y est le plus souvent médiocre, la régénération des arbres bonne, la valeur pastorale très faible.

Les caractères généraux des différents types de phytocénose sont illustrés par cinq variables synthétiques, calculées à partir des relevés (fig. 10):

- le **recouvrement des herbages**: moyenne de la somme des recouvrements relatifs des prés pâturés et des pelouses maigres dans la strate herbacée, multipliée par le recouvrement au sol de la strate herbacée;

- le **potentiel fourrager**: estimation de la production végétale aérienne de la strate herbacée (fourrage) calculée à partir de la valeur pastorale et de l'altitude;



Figure 7: Type 1001 - Grand Sommartel (NE, altitude 1300 m.). Pâturage non boisé de l'étage montagnard, exploité intensivement. Quelques épicéas isolés subsistent, mais ne se régénèrent pas. On remarque l'abroustissement des branches basses, signe d'une exploitation intensive.



Figure 8: Type 2302 - Communal de La Sagne (NE, altitude 1200 m.). Pâturage peu boisé de l'étage montagnard moyen, dominé par l'épicéa, exploité semi-intensivement, calcicole. Les arbres sont isolés, les arbustes relativement abondants.



Figure 9: Type 3331 - Communal des Breuleux (JU, altitude 1030 m.). Pâturage très boisé de l'étage montagnard moyen, sur sols profonds dominants, dominé par l'épicéa, exploité extensivement, mésophile. Les arbres sont regroupés en bosquets, séparés par un réseau de "chambres".

- la **densité des arbres**: nombre de tiges par hectare dans la strate arborescente (au-dessus de 8 m de hauteur), estimé à partir des recouvrements des synusies arborescentes;
- l'**indice de régénération**: mesure du potentiel de régénération, calculé à partir du recouvrement relatif des stades de développement des essences forestières dans les synusies herbacées et arbustives;
- la **diversité phytosociologique**: indice de biodiversité tenant compte de la diversité des synusies végétales (nombre et recouvrement relatif des différents types de synusie) et de la richesse floristique potentielle des phytocénoses (nombre d'espèces que l'on peut s'attendre à trouver dans l'ensemble des synusies représentées dans une phytocénose).

L'analyse statistique des données phytocécologiques révèle que l'indice de régénération est corrélé positivement avec le recouvrement des buissons et négativement avec la pression de pâturage et la valeur pastorale, qui sont elles-mêmes liées négativement au taux de boisement (recouvrement des arbres). On constate que la diversité en espèces et en communautés végétales est significativement plus élevée dans les pâturages peu et très boisés que dans les forêts et les pâturages non boisés.

L'altitude joue un grand rôle dans la discrimination des types de phytocénoses. Les feuillus sont particulièrement bien représentés à l'étage montagnard inférieur et supérieur, de préférence sur des pentes fortes exposées au sud et sur les crêtes.

ORGANISATION SPATIALE ET DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION

Tandis que la démarche prévisionnelle (statique), décrite ci-dessus, s'intéresse surtout aux composants des systèmes en se fondant sur des corrélations entre les types de communautés végétales et les "descripteurs écologiques", la démarche **prédictive** (dynamique) privilégie les **relations spatio-temporelles** (dédites d'observations directes ou indirectes) entre les composants des systèmes phyto-écologiques; les variables environnementales sont ici considérées comme des facteurs de transformation des communautés végétales (paramètres ou variables de contrôle). Trop souvent présentées comme antagonistes et exclusives, ces deux démarches sont ici considérées comme complémentaires: la typologie fournit les catégories auxquelles seront appliqués et généralisés les modèles systémiques; les résultats comparés des corrélations statistiques servent à élaborer des hypothèses sur le déterminisme des transformations.

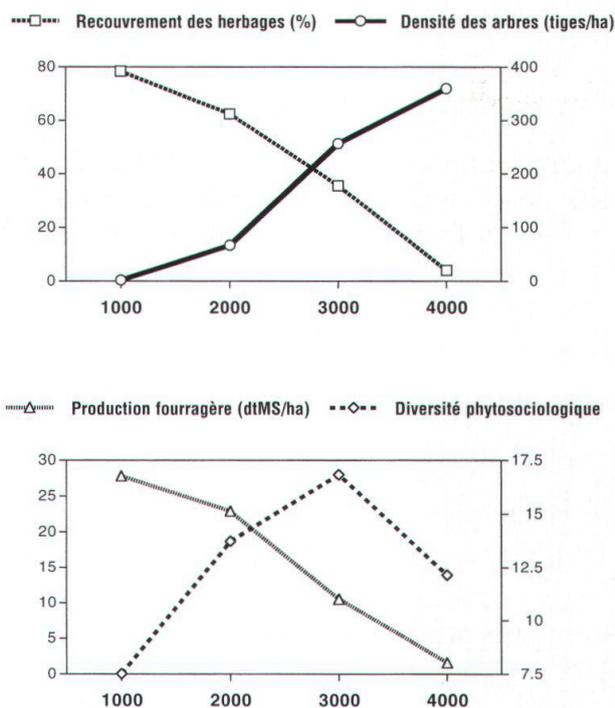


Figure 10: Caractères synthétiques des grands types de phytocénoses (moyennes de l'ensemble des relevés). 1000: pâturages non boisés, 2000: pâturages peu boisés; 3000: pâturages très boisés; 4000: bois pâturés.

Les systèmes phytocénétiques

Chaque phytocénose de pâturage boisé peut être considérée comme un **système**, formé d'un complexe de synusies en interaction. À l'intérieur de chaque phytocénose, les relations spatiales et temporelles entre les synusies, déterminées par un complexe de facteurs d'origine naturelle (géomorphologie, sol, climat) et humaine (taux de boisement, pression de pâturage, fertilisation), sont déduites des observations de terrain (contacts, superpositions) et des connaissances acquises sur leur déterminisme (corrélations avec les données environnementales). La figure 11 illustre l'agencement spatial des synusies dans un exemple concret de phytocénose; les relations spatiales entre les synusies y ont été analysées très finement à l'aide d'une cartographie détaillée (GILLET *et al.*, 1998).

On représente le système phytocénétique au moyen d'un **réseau systémique**, dans lequel les composants (synusies) sont réunis par des flèches, symbolisant la nature et le déterminisme des relations. Ce réseau systémique est un modèle qualitatif qui résume l'ensemble des connaissances et des hypothèses sur la structure et l'organisation du système. Les relations dynamiques supposées entre les synusies sont déduites des relations spatiales observées, des gradients floristiques et des connaissances sur l'écologie des communautés.

La comparaison des réseaux de relation des systèmes concrets permet de dégager des invariants de structure, indépendamment de la diversité de leurs composants. Un **modèle qualitatif** généralisé a ainsi été déduit de cette synthèse (fig. 12).

Modélisation dynamique quantitative

L'étape ultime de la modélisation systémique nécessite l'abstraction mathématique, c'est-à-dire l'élaboration d'un modèle quantitatif simplifié (système d'équations différentielles) à partir du modèle qualitatif généralisé. On peut ainsi procéder à des

simulations numériques sur ordinateur, afin d'explorer le comportement dynamique du modèle en l'appliquant à des cas concrets. On espère ainsi déterminer les tendances de l'évolution spontanée de la végétation, en fonction des constantes de l'environnement physique (supposé stable), des variables de contrôle d'origine humaine (débroussaillage, exploitation des arbres, charge en bétail), et de l'état initial (recouvrement des différentes synusies).

APPLICATION À LA GESTION

La gestion intégrée des pâturages boisés

Le maintien du pâturage boisé résulte d'un équilibre délicat et instable liant les processus naturels et les activités humaines. La gestion intégrée de ce milieu cherche à le maintenir dans un état d'équilibre dynamique en proposant des mesures tenant compte aussi bien des intérêts agricoles et sylvicoles que de sa valeur écologique et de son rôle pour le tourisme. Il s'agit en particulier, en se basant sur une analyse approfondie des éléments constitutifs de ce système, de son fonctionnement et de son évolution probable, de préserver le potentiel fourrager et la qualité des herbages tout en garantissant un renouvellement suffisant du boisé.

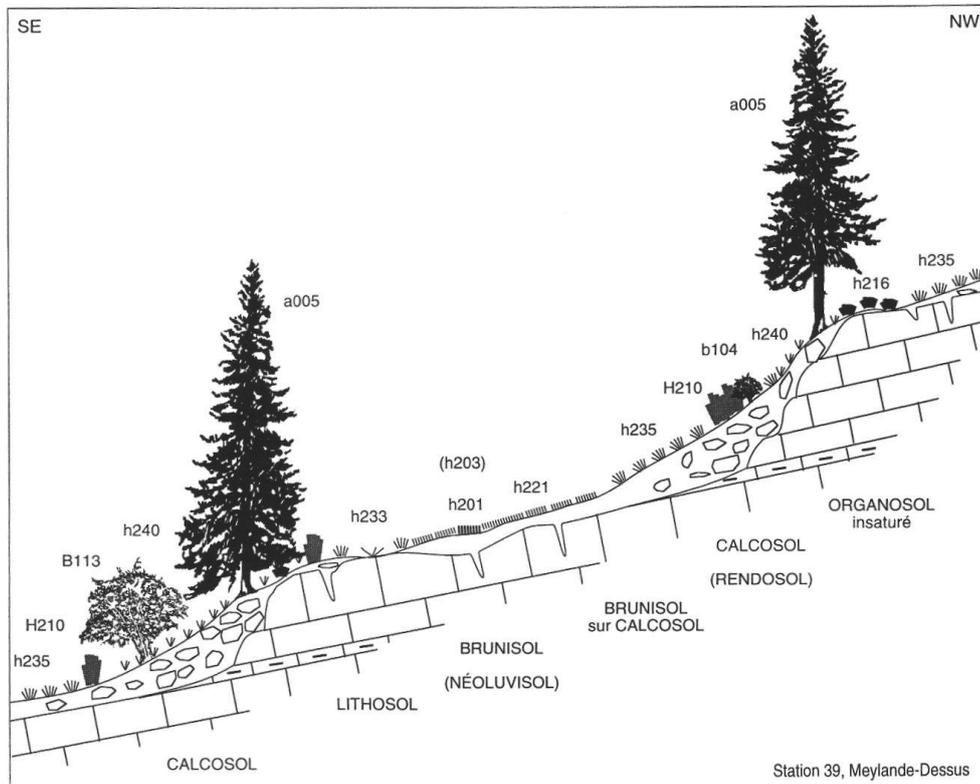
En maintenant le sylvo-pastoralisme, la gestion intégrée vise à soutenir et harmoniser les productions traditionnelles pastorale et sylvicole, mais également les valeurs naturelles (diversité biologique) et paysagères ainsi que l'accueil du public.

La gestion intégrée se caractérise par les éléments principaux suivants:

- maintien d'un équilibre sylvo-pastoral par une exploitation extensive mixte, pastorale et sylvicole;
- préservation à long terme de la richesse du patrimoine naturel (paysage, biodiversité) et des intérêts du tourisme en prenant en compte la dynamique propre du pâturage boisé;

Phytocénose

3511 *Homogyno alpinae - Piceocoenotum abietis plantaginicoenetosum atratae*
 Pâturage très boisé de l'étage subalpin, sur sols superficiels dominants, dominé par l'épicéa, exploité extensivement



Synusie arborescente

a005 A•*Piceetum abietis typicum* Arbres

Synusies arbustives

B113 B•*Salici appendiculatae - Sorbetum glabratae* Arbustes hauts
 b104 B•*Cotoneastro integerrimi - Sorbetum chamaemespili* Arbustes bas

Synusies herbacées

Friches

H210 H•Gpt. à *Euphorbia brittingeri* et *Hypericum maculatum* Refus temporaires

Sous-bois herbacés

h216 H•*Homogyno alpinae - Vaccinietum vitis-idaeae* Sous-bois chamæphytique
 h240 H•*Valeriano montanae - Polygonatetum verticillati* Sous-bois géophytique-hémicryptophytique

Pelouses maigres

h233 H•*Sedo acris - Poetum alpinae* Pelouse calcicole sur dalles
 h235 H•*Alchemillo conjunctae - Seslerietum albicantis* Pelouse calcicole
 h203 H•*Carici piluliferae - Nardetum strictae vaccinietosum myrtilli* Pelouse acidophile

Prés pâturés

h201 H•*Alchemillo monticolae - Poetum supinae* Pré piétiné eutrophe
 h221 H•*Plantagini atratae - Poetum alpinae* Pré pâturé mésotrophe

Figure 11: Organisation spatiale d'une phytocénose de pâturage boisé du Jura vaudois. La distribution des différentes synusies est ici largement dépendante de la géomorphologie (alternance régulière d'affleurements rocheux et de replats) et de la grande hétérogénéité de la couverture pédologique qui en découle. Le comportement du bétail, qui exploite essentiellement la végétation des replats, accentue les contrastes de la mosaïque.

- coordination des mesures et rationalisation des investissements;
- diagnostic, correction et prévention des déséquilibres.

Les différentes étapes de l'élaboration d'un plan de gestion intégré sont résumées dans l'encadré, à partir de l'expérience de GESTMONTAGNES (voir p. 11).

Les enquêtes agronomiques

Les études agronomiques renseignent sur la structure de l'exploitation pastorale et fournissent des renseignements précis concernant:

- les *infrastructures*: points d'eau, clôtures, portails, fosses à purin, citernes, etc.;
- le *système d'exploitation* actuel et la gestion du pâturage: types de bétail, charges en bétail, durées de pâture, rotations, fumure, etc.

La quantification de la **charge en bétail** des estivages se fait en "Unités Gros Bétail" (UGB). Une UGB correspond, selon les barèmes, à la consommation d'herbe ou à la production d'éléments fertilisants d'une vache laitière. Des coefficients sont utilisés pour les autres catégories d'animaux. La charge en bétail d'un parc est mesurée en UGBj/ha, en multipliant le nombre d'UGB par le nombre de jours d'estivage et en divisant par la surface du parc.

On appelle **charge actuelle** la charge en bétail effective au moment de l'enquête pastorale (elle peut varier d'une année à l'autre). La **charge potentielle** est calculée à partir de l'évaluation du potentiel fourrager de la végétation actuelle en considérant une consommation journalière d'herbe de 18 kg de matière sèche par UGB. Le **taux d'utilisation** se définit comme le rapport en % entre la charge actuelle et la charge potentielle. Pour permettre à la régénération forestière naturelle d'assurer le renouvellement du boisement, on considère que le taux d'utilisation ne devrait pas dépasser 75 à 80%.

La carte des phytocénoses, document de base pour le bilan phyto-écologique et agronomique

La cartographie des types de phytocénose à l'échelle 1:10000 ou 1:5000 est indispensable pour établir le bilan phyto-écologique et agronomique (calcul de la charge en bétail potentielle) de chaque estivage. Le levé cartographique est effectué sur le terrain à partir d'un prézonage sur photographie aérienne. La carte est digitalisée dans un système d'information géographique, qui permet de calculer les surfaces respectives de chaque type dans chaque parc et de produire des cartes thématiques à l'échelle 1:25000 représentant le recouvrement des herbages, le potentiel fourrager, la densité des arbres, l'indice de régénération et la diversité phytosociologique.

Les inventaires forestiers

Pour caractériser l'élément forestier du système sylvo-pastoral, les analyses portent sur le **peuplement adulte** (arbres dont le diamètre à hauteur de poitrine est supérieur au seuil d'inventaire de 16 cm) et la **régénération** (tiges de diamètre inférieur au seuil d'inventaire). Des informations ayant trait aux pratiques sylvicoles sont également collectées.

Pour le peuplement adulte, la technique de l'inventaire intégral, très précise, a été utilisée dans le cadre de PATUBOIS, sur des placettes de quelques hectares (fractions de phytocénoses). L'inventaire par échantillonnage systématique est moins précis mais peut s'appliquer à de plus grandes surfaces (parcs entiers).

La densité des tiges de diamètre inférieur au seuil d'inventaire (fourré et perchis) est estimée sommairement dans le cadre des inventaires traditionnels. Cependant, ce stade de l'évolution du peuplement étant crucial pour la pérennité du boisement et l'équilibre du système sylvo-pastoral, une technique d'inventaire par

échantillonnage de la régénération a été mis au point. Les stades du recrû (tiges de hauteur inférieure à 130 cm, sans prendre en compte les semis inférieurs à 10 cm), qui est le plus directement soumis à l'action du bétail, et du fourré (tiges de plus de 130 cm de hauteur et de moins de 10 cm de diamètre) sont ainsi inventoriés de manière détaillée.

Les simulations numériques à l'aide du modèle dynamique

Le modèle dynamique élaboré par PATU-BOIS à l'aide du logiciel STELLA est appliqué aux différents types de phytocénose représentés dans chaque unité d'exploitation pastorale (parc) en réglant les

valeurs initiales des composants (recouvrements moyens des arbres, des buissons, des friches, des pelouses maigres, des prés pâturés et des sous-bois herbacés) et les constantes de contrôle (charge en bétail actuelle et valeur pastorale de l'unité d'exploitation pastorale, altitude). En simulant leur évolution sur plusieurs décennies, on peut ainsi déterminer leur stabilité et leurs tendances évolutives vis-à-vis des conditions actuelles d'utilisation.

Le modèle permet également de simuler différents scénarios de gestion (ajustement de la charge en bétail, exploitation forestière, débroussaillage). Un exemple d'une telle simulation est illustré par la figure 13.

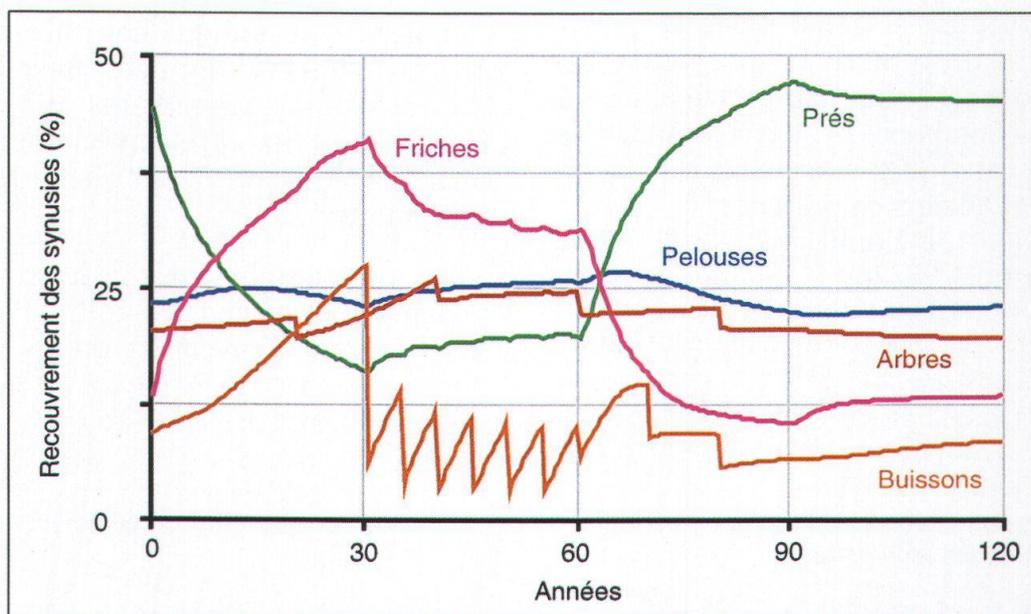


Figure 13: Résultat de la simulation d'un scénario de gestion d'un pâturage peu boisé. Pendant les 30 premières années, la charge en bétail du parc est maintenue à 60 UGBj/ha et 10% des arbres sont exploités tous les 20 ans. On observe le remplacement rapide des prés pâturés par des friches, suivi de l'envahissement des buissons. Pour tenter de réguler cette tendance à la déprise sans modifier la charge en bétail, un débroussaillage de 80% des buissons tous les 5 ans est entrepris à partir de la 30ème année. Cette intervention provoque une certaine stabilisation du système, mais le recouvrement des prés pâturés reste inférieur à 20% et celui des friches est supérieur à 30%, ce qui n'est guère satisfaisant. Dès la 60ème année, on décide d'augmenter la période (10 ans) et de diminuer l'intensité (40%) du débroussaillage, mais en augmentant la charge en bétail du parc, qui passe à 100 UGBj/ha. Cette charge élevée provoque la disparition progressive des buissons et le remplacement progressif des friches par des prés pâturés; cependant, la situation n'est pas équilibrée et la régénération des arbres n'est plus assurée. Finalement, à partir de la 90ème année, on décide de réduire la charge en bétail à 90 UGBj/ha et de stopper toute intervention sur les buissons et les arbres. On obtient alors le but désiré, c'est-à-dire l'équilibre dynamique avec le minimum d'interventions.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Mieux connaître le rôle de la nature et celui dévolu à l'homme dans les processus qui président au maintien des pâturages boisés était une des ambitions de la recherche. Outre une typologie adaptée à la problématique des milieux complexes, PATUBOIS propose des modèles d'organisation qui permettent de poser un diagnostic sur l'état actuel des systèmes et d'émettre un certain nombre de prédictions sur leur évolution. En d'autres termes, il est possible, partant de l'analyse de la végétation et de celle des structures d'une exploitation agricole (estivage), de prévoir les modifications qu'entraînera tout changement tel que l'augmentation ou la diminution de la charge en bétail ou encore l'introduction d'un nouveau mode de pâture. Force est de constater que seule une approche interdisciplinaire et intégrée de ce milieu complexe permet d'apporter des solutions pratiques respectant les intérêts de tous les acteurs en présence.

Quel que soit l'outil proposé, il ne faut cependant pas perdre de vue que la péren-

ité du pâturage boisé ne sera assurée que par le truchement d'une agriculture de montagne forte qui saura mettre à profit la typicité des terroirs.

Tous les problèmes ne sont cependant pas résolus, loin de là. Les recherches doivent être poursuivies et soutenues. L'intérêt manifesté par les autorités politiques et les institutions scientifiques dans ce que l'on peut considérer comme une première étape est à souligner. L'Institut fédéral de recherche sur la forêt, la neige et le paysage (FNP) est en passe de développer un important programme de recherches coordonnées sur les pâturages boisés de Suisse qui s'inscrit dans la suite logique des investigations menées par l'Université de Neuchâtel.

La transmission des résultats de la recherche à la pratique constitue un autre défi pour l'avenir qui doit être relevé par les autorités responsables si l'on veut éviter que l'investissement humain et financier consenti jusqu'ici ne reste pas lettre morte.

BIBLIOGRAPHIE

- AUGER, P., BAUDRY, J. & FOURNIER, F. (dir.) 1992. Hiérarchies et échelles en écologie. *Naturalia publications, Montpellier.*
- BÉGUIN, C. 1970. Contribution à l'étude phytosociologique et écologique du Haut-Jura. *Thèse de doctorat, Université de Neuchâtel.*
- BRÜHLMANN, M., GILLET, F. & SCHNEIDER, O. 1998. Plans de gestion intégrés - Méthodologie et bilan synthétique. Pi-PJV, GESTMONTAGNES 1, rapport final. *Parc Jurassien Vaudois.*
- DE FOUCAULT, B. 1984. Systémique, structuralisme et synsystématique des prairies hygrophiles des plaines atlantiques françaises. *Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Haute-Normandie, Rouen.*
- DE FOUCAULT, B. 1993. Systémique qualitative et structuralisme en phytosociologie. *Rev. int. Systémique* 7 (4): 363-384.
- DUCKERT, O. 1987. Etude phytosociologique et écologique des pelouses pseudo-alpines du Chasseron. *Travail de licence, Laboratoire d'écologie végétale, Université de Neuchâtel.*

- GALLANDAT, J.-D., GILLET, F., HAVLICEK, E. & PERRENOUD, A. 1995. PATUBOIS - Typologie et systématique phytoécologiques des pâturages boisés du Jura suisse. *Rapport du Laboratoire d'écologie végétale, Institut de Botanique, Université de Neuchâtel.*
- GILLET, F. 1998. Guide d'utilisation de PATUBASE 4, base de données phytosociologiques. *Documents du Laboratoire d'Ecologie végétale, Institut de Botanique, Université de Neuchâtel.*
- GILLET, F. & GALLANDAT, J.-D. 1996. Integrated synusial phytosociology: some notes on a new, multiscalar approach to vegetation analysis. *Journal of Vegetation Science* 7 (1): 13-18.
- GILLET, F., DE FOUCAULT, B. & JULVE, P. 1991. La phytosociologie synusiale intégrée: objets et concepts. *Candollea* 46: 315-340.
- GILLET, F., DOUARD, R., HAVLICEK, E. & GALLANDAT, J.-D. 1998. Analyse de l'organisation spatiale des phytocénoses de pâturages boisés. *Ecologie* 29 (1-2): 289-295.
- GIRARD, M. 1987. Cartographie phytosociologique de quelques associations du flanc nord de Chasseral et étude d'une transition de végétation. *Travail de licence, Laboratoire d'écologie végétale, Université de Neuchâtel.*
- HALLER-ROHNER, K. 1990. Bilan phyto-écologique des pâturages et prairies de la région du Creux-du-Van. *Travail de licence, Laboratoire d'écologie végétale, Université de Neuchâtel.*
- PILlichODY, A., 1920. En faveur du pâturage boisé, culture mixte. *Journal forestier suisse* 71 (2): 21-24.
- RIEBEN, E. 1957. La forêt et l'économie pastorale dans le Jura. *Thèse ETH Zürich.*
- ROYER, J.-M. 1987. Les pelouses des *Festuco-Brometea*. D'un exemple régional à une vision eurosibérienne. Étude phytosociologique et phytogéographique. *Thèse de doctorat d'Etat, Université de Besançon.*
- SCHWARTZ, E. 1988. La révolution des systèmes. *Delval. Cousset (Fribourg).*
- THOMET, P. 1981. Die Pflanzengesellschaften der Schweizer Juraweiden und ihre Beziehung zur Bewirtschaftungsintensität. *Tätber. natf. Ges. Basel.* 31: 243-367.