

Outils pour les diagnostics pastoraux et la gestion des milieux pâturés d'altitude

Jean Bernard-Brunet et André Bornard

Dans un contexte de développement durable et de multifonctionnalité, les gestionnaires des espaces pastoraux d'altitude ont besoin de méthodes simplifiées pour porter des diagnostics sur l'utilisation de la ressource pastorale et pour prendre en compte la biodiversité de ces milieux. L'unité de recherche Agricultures et milieux montagnards a développé des recherches appliquées sur la description et le fonctionnement des écosystèmes pâturés d'altitude, selon une approche agro-écologique. C'est ainsi qu'ont été établis des outils à destination des techniciens des services pastoraux, du développement agricole, des espaces naturels protégés et des forêts.

Recherche en pastoralisme et ingénierie écologique

Les recherches conduites par le Cemagref de Grenoble dans le domaine des formations pâturées de montagne, se sont traduites par :

- l'accumulation de référentiels sur ces végétations pâturées d'altitude, dans la plupart des massifs français ;
- la mise au point de méthodologies ;
- la réalisation de quatre typologies agro-écologiques régionales pour les massifs suivants : Alpes du Nord externes, Alpes du Nord internes, Alpes sud-occidentales, Pyrénées centrales et occidentales ;

– la réalisation de typologies et de cartes physionomiques par télédétection satellitale pour 3 massifs : Alpes du Nord, Alpes du Sud, Pyrénées, incluant le territoire de 4 parcs nationaux (Écrins, Vanoise, Pyrénées, Mercantour) ;

– l'élaboration de méthodes simplifiées et d'outils *ad hoc*, ciblés vers des demandes techniques précises des acteurs du pastoralisme de montagne.

Dans une optique d'ingénierie écologique, cette activité de recherches appliquées peut être schématiquement décrite selon une structuration en compartiments, centrée autour de l'objet « écosystèmes pâturés d'altitude » (figure 1). Les principaux compartiments étant le corpus de connaissance (avec l'agro-écologie comme discipline de référence), la demande sociale (acteurs, expressions) et deux niveaux de production de connaissances. Certains des outils produits relèvent d'une activité de type ingénierie écologique. Nous en présentons ci-après quelques-uns, issus de nos travaux réalisés dans les Alpes du Nord françaises externes.

Connaissance amont – Élaboration d'une typologie agro-écologique régionale

Une typologie de la végétation des alpages à finalité de diagnostic agro-écologique a été réalisée par le Cemagref, dans l'ensemble biogéographique des Alpes françaises nord-occidentales externes et intermédiaires, sur les alpages situés entre

Les contacts

Cemagref,
UR Agriculture et milieux montagnards,
2 rue de la Papeterie,
BP 76, 38420 Saint-Martin-d'Hères

1 500 m et 2 200 m d'altitude, en majeure partie dans l'étage subalpin et dans la partie supérieure de l'étage montagnard, en plus faible proportion dans l'étage alpin (figure 2).

La typologie de la végétation a été établie à partir de 220 relevés de végétation, répartis sur 7 alpages représentatifs de la région biogéographique quant aux conditions de milieu et aux pratiques. La méthode des relevés linéaires adoptée permet de connaître la composition quantitative d'un peuplement végétal. Ces relevés ont été traités par analyses multivariées (AFC¹ et CAH²) dans lesquelles les variables actives sont constituées par les contributions spécifiques des espèces (%) dans chacune des stations étudiées. Les groupements végétaux ont été décrits et classés en une vingtaine de types agro-écologiques, homogènes en composition botanique et en valeur pastorale (Bornard et Dubost, 1992 ; Cozic et Bornard, 1998).

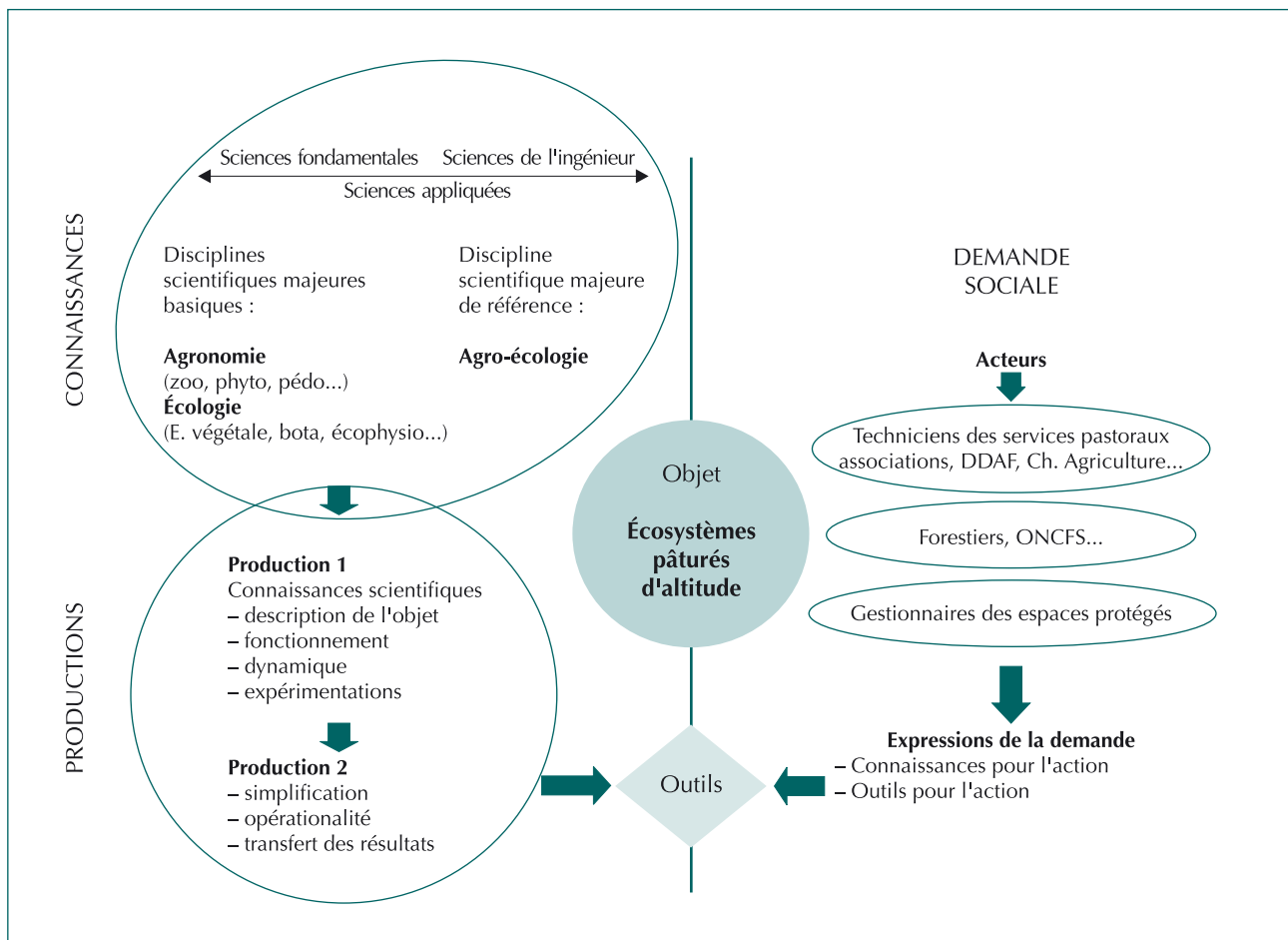
Connaissant l'écologie des espèces qui ont la plus forte contribution sur les deux premiers axes de l'analyse factorielle, il est possible d'interpréter les principaux facteurs structurant la végétation de cette région (figure 3). L'axe 1 représente un gradient de richesse du milieu en éléments nutritifs et oppose systématiquement d'un côté les formations de milieux riches, qualifiées d'un point de vue agronomique de pelouses « grasses », et de l'autre les formations des milieux pauvres et acidifiés, pelouses dites « maigres » et pelouses nivales. L'axe 2, plus complexe, représente une combinaison d'un gradient d'humidité et d'un gradient d'altitude, en opposant les milieux humides et élevés, aux milieux secs et bas en altitude.

Cette diversité de composition botanique induit une variété importante des valeurs d'usage des communautés végétales en matière de ressources pastorales, de précocité et d'appétence.

1. Analyse factorielle des correspondances.

2. Classification ascendante hiérarchique.

▼ Figure 1 – Organisation des recherches du Cemagref en agro-écologie des écosystèmes pâturés de montagne.

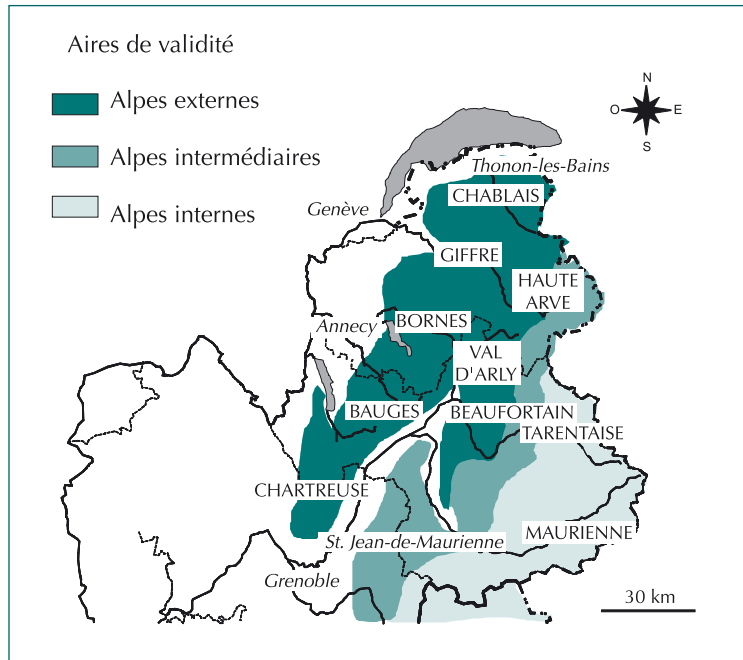


Ainsi, la « valeur pastorale » (Daget et Poissonet, 1969), calculée à partir de la composition botanique quantifiée et d'un indice intégrant la productivité et l'appétibilité de chaque espèce, est un premier indicateur de la valeur du peuplement végétal pour le pâturage. Elle permet, à partir de résultats expérimentaux croisant approche de la végétation et performances animales, d'estimer le « potentiel théorique fourrager de pâturage », exprimé en « unités fourragères » (UFL) (Cozic, 1987). La variabilité des ressources pastorales ainsi estimées se révèle très grande : la fourchette s'étend de 2 300 UFL x ha⁻¹ pour les pelouses à Dactyle du subalpin, à 200 UFL x ha⁻¹ pour certaines landes.

Outil 1 : la clé de détermination et les fiches techniques par type agro-écologique

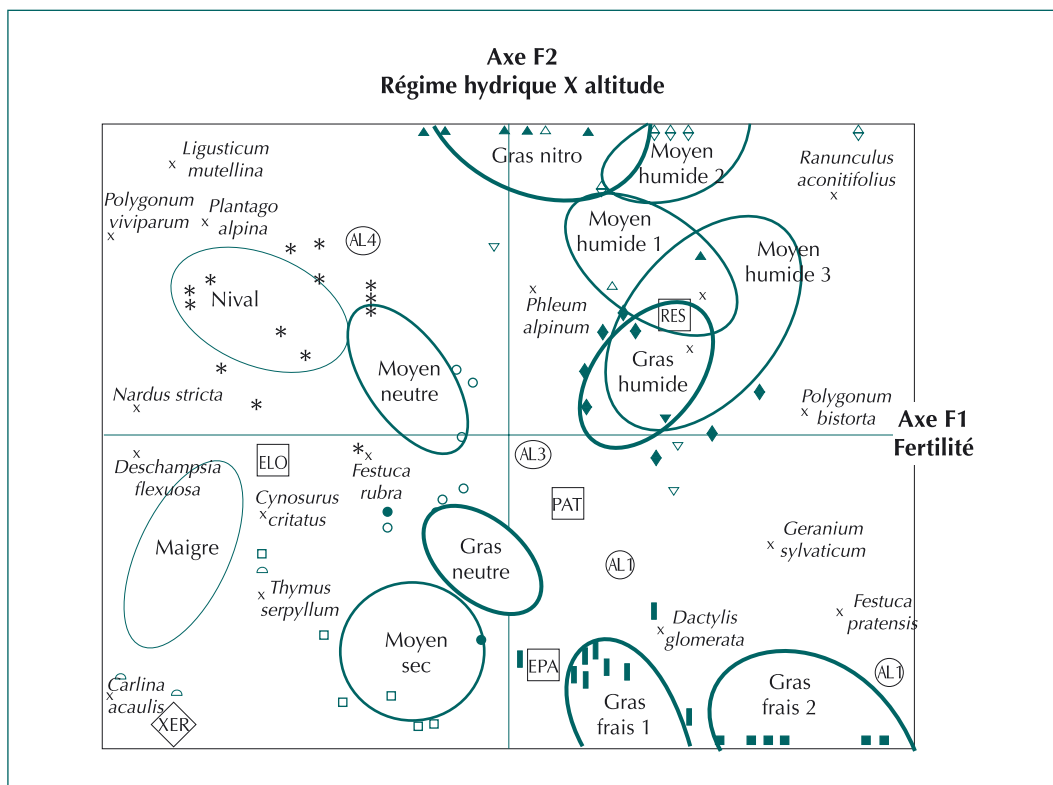
Cette typologie de la végétation des alpages à vaches laitières des Alpes du Nord est un véritable outil de gestion pour le développement.

La classification de l'ensemble des végétations en un nombre limité de types (12 types principaux et 25 types détaillés) est suffisamment précise pour



rendre compte de la diversité existante pour des applications pastorales, et de plus, les critères de caractérisation retenus facilitent la reconnaissance

▲ Figure 2 – Zone de validité de la typologie : les Alpes externes et intermédiaires.



◀ Figure 3 – Représentation simplifiée des classes retenues (types de végétation) de la partition de la CAH par rapport aux axes 1 et 2 de l'AFC.

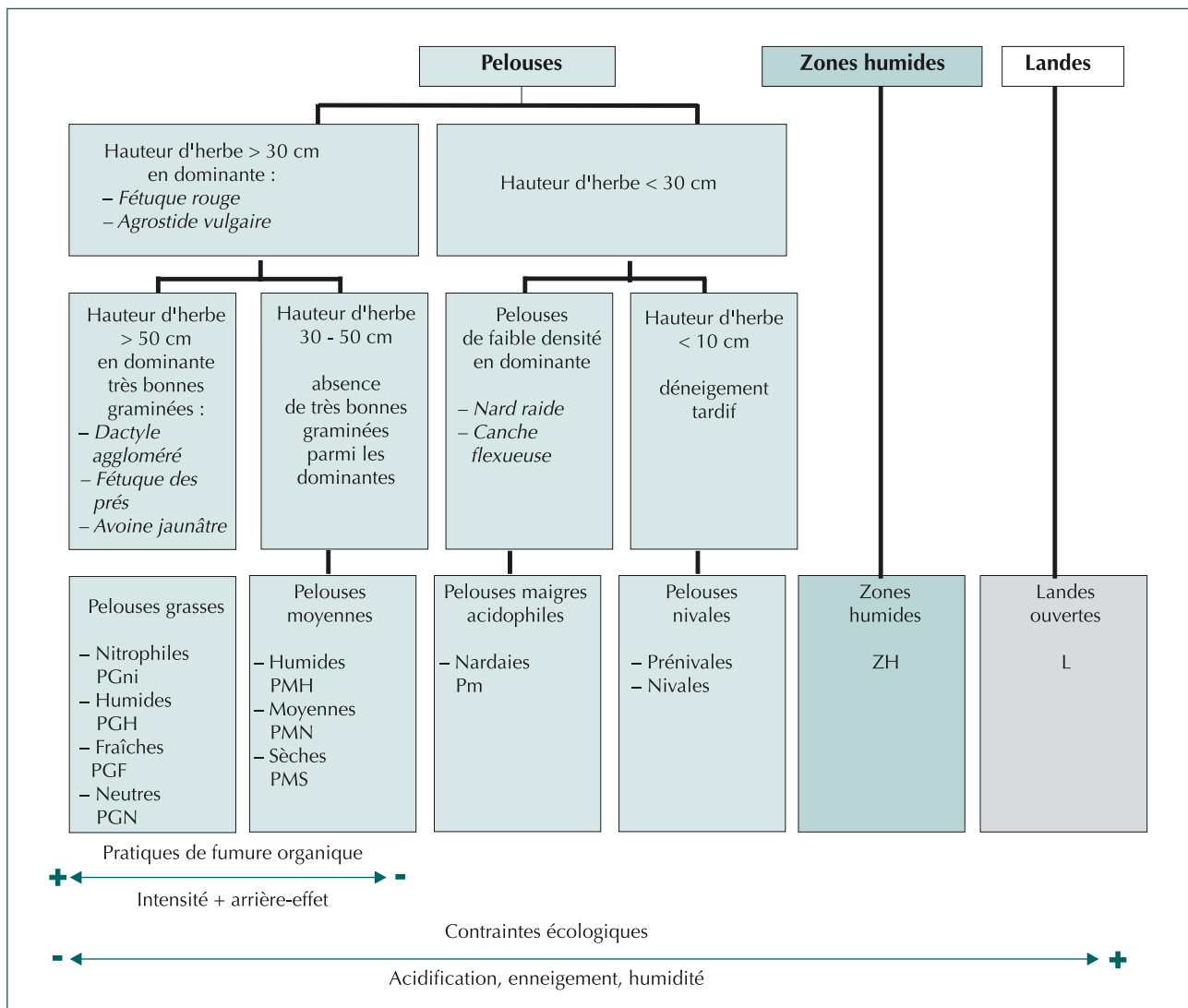
de la végétation. Une clé de détermination des types de végétation a été élaborée ; leur différenciation est basée sur l'appréciation conjointe de critères morphologiques (hauteur d'herbe), de la nature des espèces dominantes et indicatrices (25 pour la typologie principale, une cinquantaine pour la typologie détaillée) et des conditions de milieu et d'utilisation du secteur étudié (figures 4 et 5) (Bornard *et al.*, 1992).

▼ Figure 4 – Les 12 types principaux agro-écologiques des végétations d'estives des Alpes du Nord externes.

Par ailleurs, grâce aux caractéristiques associées à chaque type, la typologie devient un **outil de diagnostic pastoral**, qui permet d'apprécier les différentes valeurs d'usage d'une végétation : productivité pondérale, valeur nutritive, charge animale. La mise en forme de ces connaissances

ce a été concrétisée par l'élaboration de **fiches techniques** à l'usage des techniciens agricoles. Ces fiches ont été élaborées par un groupe de travail associant chercheurs et techniciens du développement (figure 6, p. 74). Elles contiennent en particulier des recommandations de gestion pour l'entretien ou l'amélioration de ces végétations, qui tiennent compte de leurs évolutions sous l'influence des pratiques (Brau Nogué *et al.*, 1997 ; Bornard et Bassignana, 2001, pour les Alpes nord-occidentales ; Jouglet, 1999 pour les Alpes sud-occidentales).

Ces outils sont plus spécialement adaptés pour porter un jugement au niveau stationnel au sein des unités pastorales. Un deuxième outil



permet d'intervenir au niveau des unités de gestion pastorale et au niveau de vastes régions biogéographiques.

Outil 2 : typologie et cartographie phytionomique régionale des végétations d'estives par télédétection, au 1/25 000

MÉTHODE

Cette approche s'appuie sur le croisement de deux sources d'information : la typologie agro-écologique régionale (voir plus haut) et les données radiométriques satellitaires (figure 7, p. 75). Les images satellitaires utilisées permettent de couvrir de grandes étendues : une image Spot couvre 60 x 60 km, une image Landsat 180 x 180 km. La dimension des pixels des scènes utilisées va de 10 m à 30 m. Cette résolution spatiale et la dimension des formations pastorales de montagne ont conduit à retenir l'échelle du 1/25 000 pour la validation des cartes phytionomiques finales.

La méthode est basée sur l'analyse des traits phytionomiques de la végétation. La démarche nécessite l'enchaînement de plusieurs phases (Bernard-Brunet, 2000) : agrégation de types agro-écologiques, sélection des données satellitaires les plus pertinentes, choix des méthodes de classification d'images, validations.

Pour l'entrée télédétection, les phénomènes analysables dans les longueurs d'onde choisies (visible, infrarouges proche et moyen) sont principalement : la présence ou l'absence de végétation, les différentes strates de végétation, un gradient de quantité de phytomasse chlorophyllienne, le taux de recouvrement au sol de la végétation et du minéral (cailloux, rochers, sol nu), un phénomène d'ambiance lié à la teneur en eau des milieux et de la végétation.

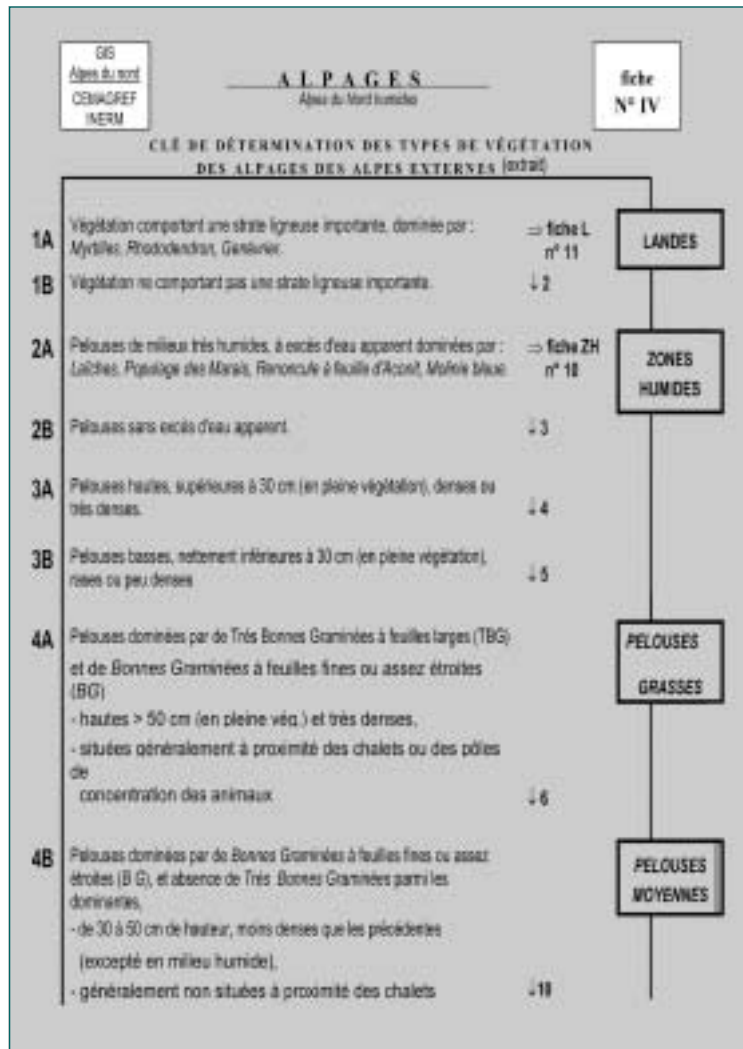
En zone de montagne, les choix techniques doivent prendre en compte des contraintes plus ou moins fortes selon les massifs : importance en surface des zones d'étude (200 000 à 300 000 ha), importance du relief, importance du dénivelé, importance des prélèvements d'herbe par le pâturage.

Une première série de travaux a permis de fonder cette méthodologie sur le territoire du parc national des Écrins (Cherpeau, 1996).

Puis des recherches sur d'autres massifs ont contribué à l'améliorer : alpages des Savoies avec une application particulière au territoire du parc national de la Vanoise, estives des Pyrénées centrales et occidentales avec application particulière au territoire du parc des Pyrénées, alpages du parc national du Mercantour (Bernard-Brunet et Bornard, 2004). Les produits principaux de ces travaux sont :

- 1) une douzaine de types phytionomiques pour les pelouses et landes d'altitude, par lesquels sont établies des correspondances avec les types agro-écologiques ;
- 2) une carte de ces types phytionomiques, validée au 1/25 000 sur les vastes territoires étudiés.

▼ Figure 5 – Clé de détermination des types de végétation des Alpes du Nord externes (extrait) (d'après Bornard et al., 1992).



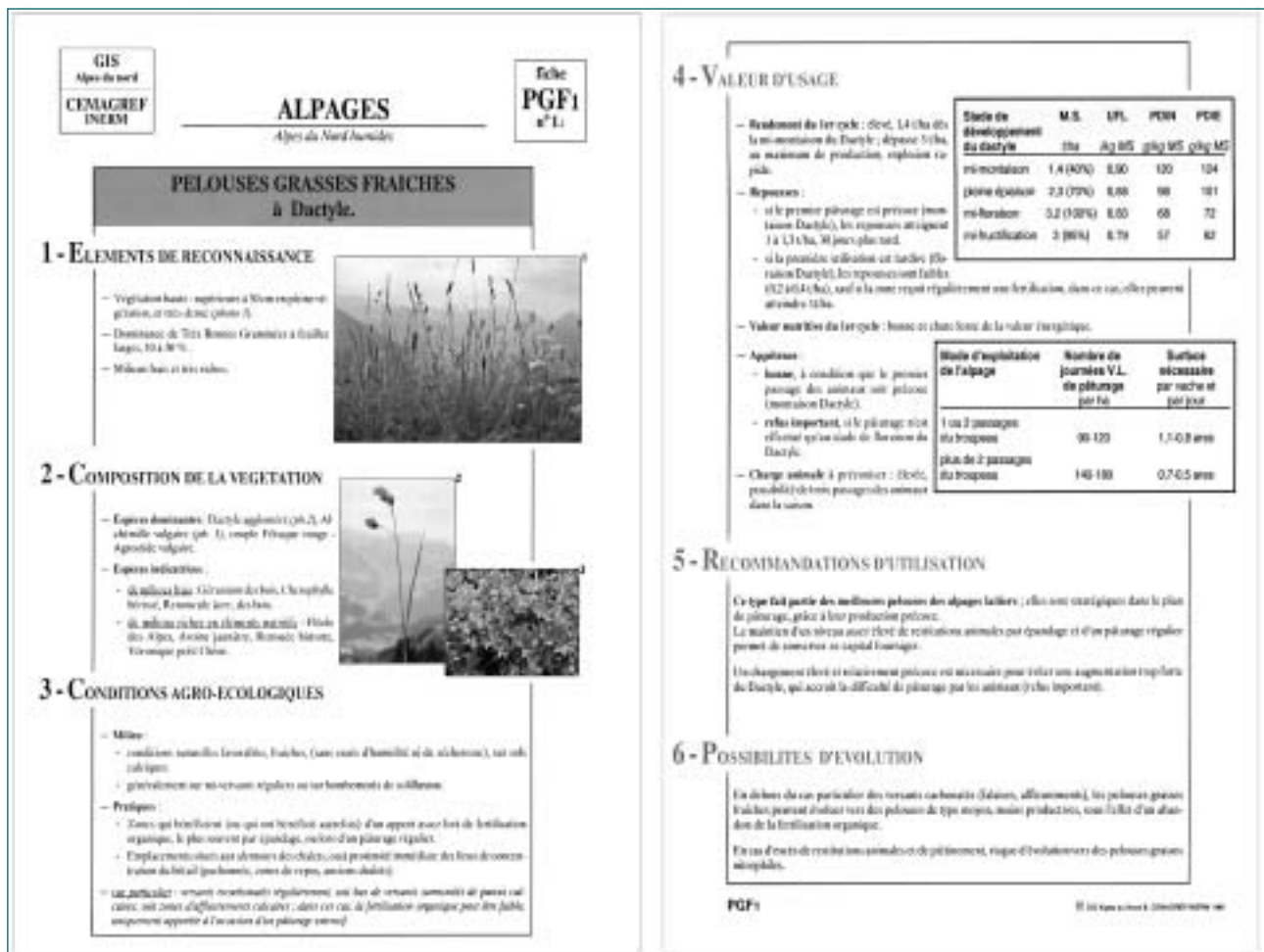
LA TYPOLOGIE PHYSIONOMIQUE :
CARACTÉRISTIQUES ÉCOLOGIQUES ET PASTORALES
Les types physiologiques établis s'organisent selon un gradient de productivité et de recouvrement, du minéral stérile à la végétation chlorophyllienne la plus productive. Pour le supraforestier, et hormis les « neiges éternelles » et les surfaces en eau, ces types physiologiques se répartissent en quatre grandes catégories : les éboulis, les formations mixtes végétal/minéral, les pelouses, les formations ligneuses.

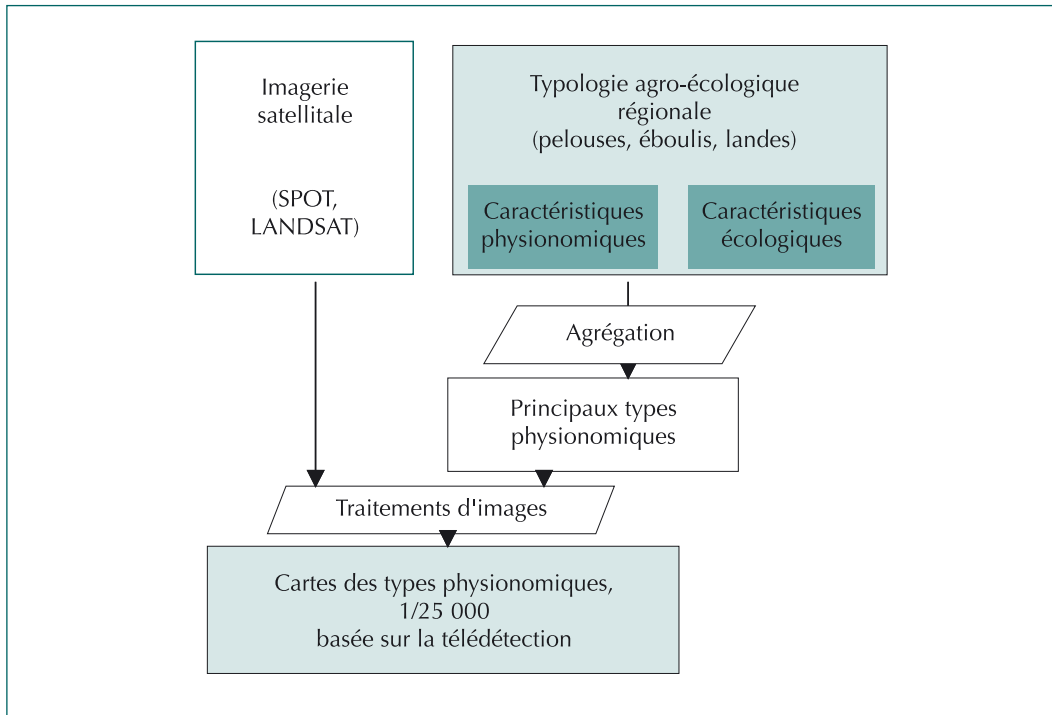
Chaque type physiologique est défini par les caractères suivants (tableau 1) : le taux de recouvrement de la strate herbacée ou ligneuse ; l'importance de la phytomasse herbacée ; des caractéristiques écologiques (étage de végétation, exposition, topographie, profondeur et hygrométrie du sol).

Pour chaque type physiologique de pelouses, on indique la correspondance avec les types de végétation de la typologie agro-écologique qui a servi de base pour la zone étudiée, et un niveau de valeur de « potentiel théorique fourrager de pâturage », exprimé en unités fourragères (UFL), issu des valeurs moyennes des faciès agro-écologiques constitutifs du type physiologique considéré (Bernard-Brunet *et al.*, 1999).

Les cartes des types physiologiques des végétations d'alpages sont un outil particulièrement utile au niveau des unités fonctionnelles que sont les unités pastorales, pour l'élaboration et la mise en œuvre des diagnostics pastoraux, des plans de gestion pastoraux, des actions agro-environnementales, ainsi que pour l'analyse de l'état et du fonctionnement des habitats pastoraux (Bernard *et al.*, 2001).

▼ Figure 6 – Une fiche technique par type agro-écologique de la végétation des Alpes du Nord externes, exemple des pelouses grasses fraîches à dactyle (d'après Bornard *et al.*, 1992).

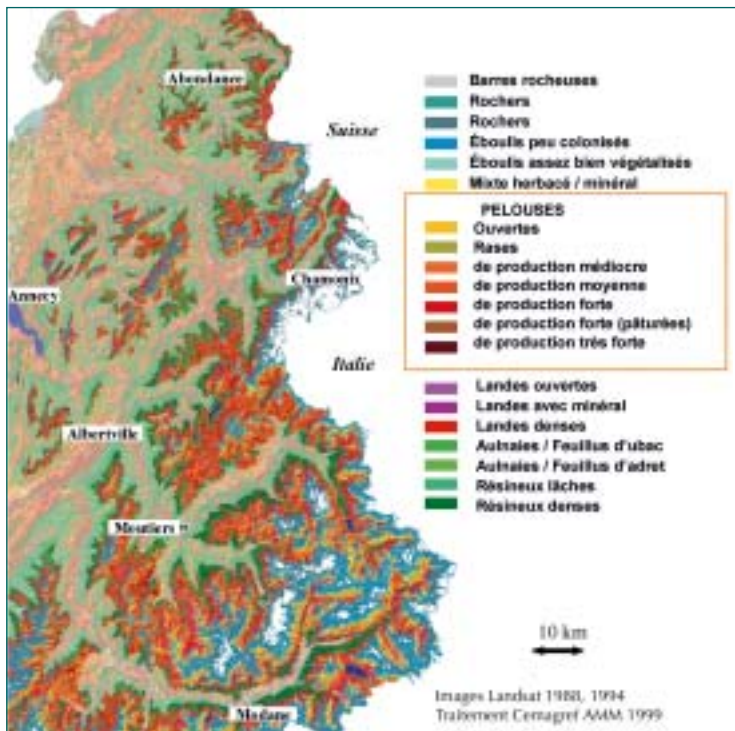




◀ Figure 7 – Cartographie physiognomique des végétations d'estives par télédétection.

Types physiologiques	Recouvrement de la strate herbacée (%)	Production de phytomasse herbacée (matière sèche, t/ha)	Potentiel théorique fourrager (UFL/ha)	Type agro-écologiques
Éboulis assez bien végétalisés	20-50 %	< 0,5	20-100	-
Pelouses ouvertes	70-90 %	0,5-1	150-300	-
Pelouses rares	80-100 %	< 0,5	550-650	<i>P. (pré-)nivales</i>
Pelouses de production médiocre	90-100 %	0,5-1,5	650-900	<i>P. maigres acidophiles</i> <i>P. maigres calcicoles</i> <i>P. (pré-)nivales</i>
Pelouses de production moyenne	90-100 %	1,5-2,5	700-1150	<i>P. moyennes neutres</i> <i>P. moyennes sèches</i> <i>P. maigres acidophiles</i> <i>P. maigres calcicoles</i>
Pelouses de production forte	100 %	2,5-3,5	1100-1500	<i>P. moyennes humides</i> <i>P. grasses neutres</i>
Pelouses de très forte production	100 %	3-4	1700-2350	<i>P. grasses fraîches</i> <i>P. grasses humides</i> <i>P. grasses nitrophiles</i>

▲ Tableau 1 – Caractéristiques des types physiologiques et correspondances avec les types agro-écologiques (exemple pour les Alpes du Nord externes).

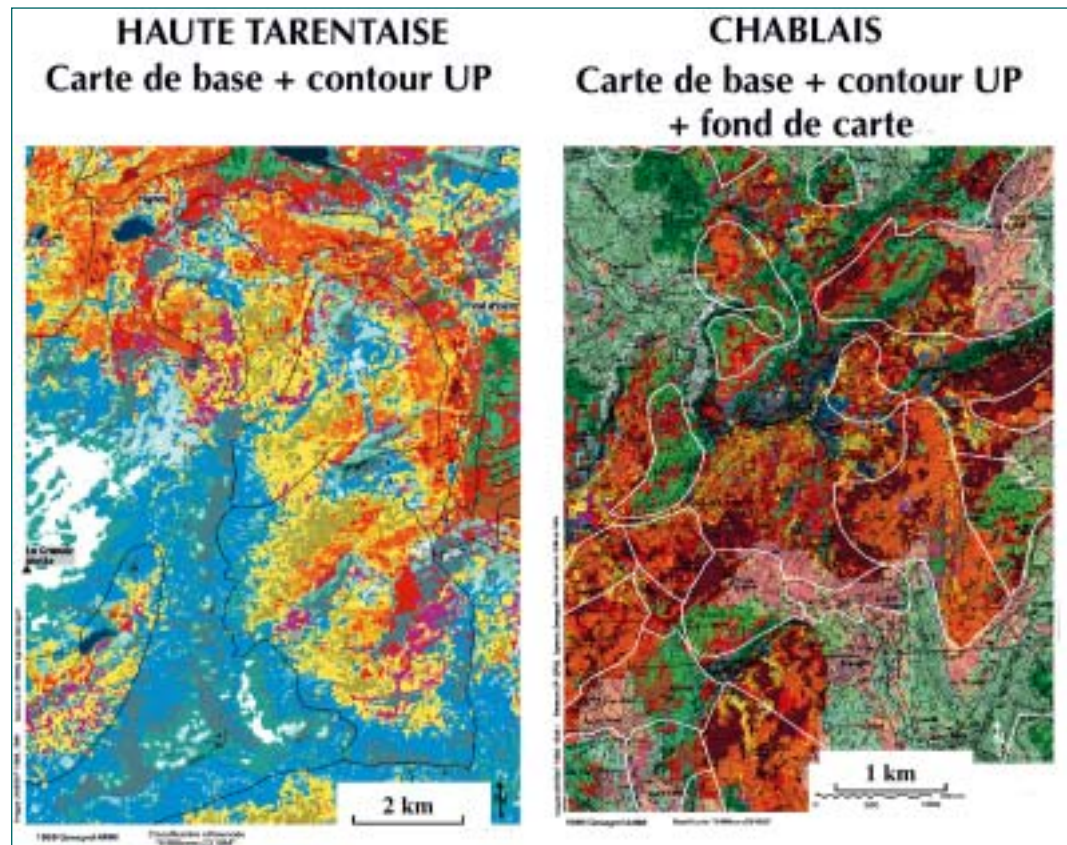


▲ Figure 8 – Cartographie des types physiologiques sur l'ensemble du massif des Alpes du Nord.

Les types physiologiques et leur cartographie établis pour l'ensemble des alpages des Alpes du Nord sont illustrés sur la figure 8. L'utilisation de ces cartes est facilitée par leur caractère numérique qui permet leur traitement au travers des systèmes d'information géographique (SIG) (figures 9 et 10).

Une application des 2 outils : le diagnostic pastoral d'un alpage

Selon les objectifs poursuivis, les diagnostics pastoraux nécessitent des niveaux très différents de mobilisation de connaissances et d'investigations de terrain, notamment en ce qui concerne les végétations pastorales. Le **diagnostic standard** vise à établir un jugement sur l'ensemble d'une unité pastorale ; le **diagnostic approfondi** vise à fonder un jugement sur l'état et la dynamique des végétations d'une unité pastorale (exemples : modification de la charge animale, changement d'espèces d'herbivores, contraintes externes à impact spatial important...). Les cartes de la physiologie des végétations pastorales d'altitude sont particulièrement utiles pour établir ces diagnostics.

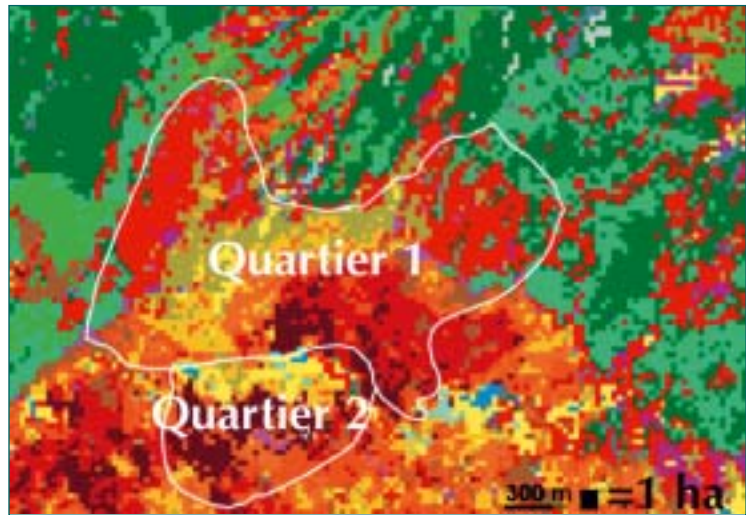


► Figure 9 – Cartographie des types physiologiques à l'échelle des unités pastorales (voir légende figure 8).

À titre d'exemple, nous présentons la mise en œuvre d'un diagnostic réalisé en Maurienne (73), par la Société d'économie alpestre de Savoie. Il s'agit d'un diagnostic pastoral sur l'alpage des Chamossières, 350 hectares, utilisé par un troupeau ovin en 2 quartiers (SEA Savoie, 2000).

Ce diagnostic est du type « standard » et avait pour objectif de décrire le fonctionnement général de l'alpage, de façon à optimiser son utilisation dans un contexte de prédation. À partir de la carte physionomique des végétations de cet alpage (figure 10) et des contrôles de terrain, les auteurs du diagnostic ont établi une carte simplifiée de la végétation (figure 11). Puis ils ont mis en œuvre les étapes listées dans l'encadré 1 (p. 78), pour aboutir à une estimation quantifiée des UFL théoriquement disponibles, compte tenu de la nature des végétations pastorales présentes (tableau 2, p. 78).

En se basant sur la durée d'utilisation, sur les effectifs ovins réels et sur la composition du troupeau, les besoins du troupeau ont été estimés pour l'ensemble de la saison. Puis une comparaison UFL théoriquement disponibles/UFL besoins a été faite. Les auteurs du diagnostic ont pu ainsi conclure qu'il y avait une marge de sécurité importante entre la disponibilité de la ressource pastorale et les besoins du troupeau, dans les conditions d'utilisation actuelle.

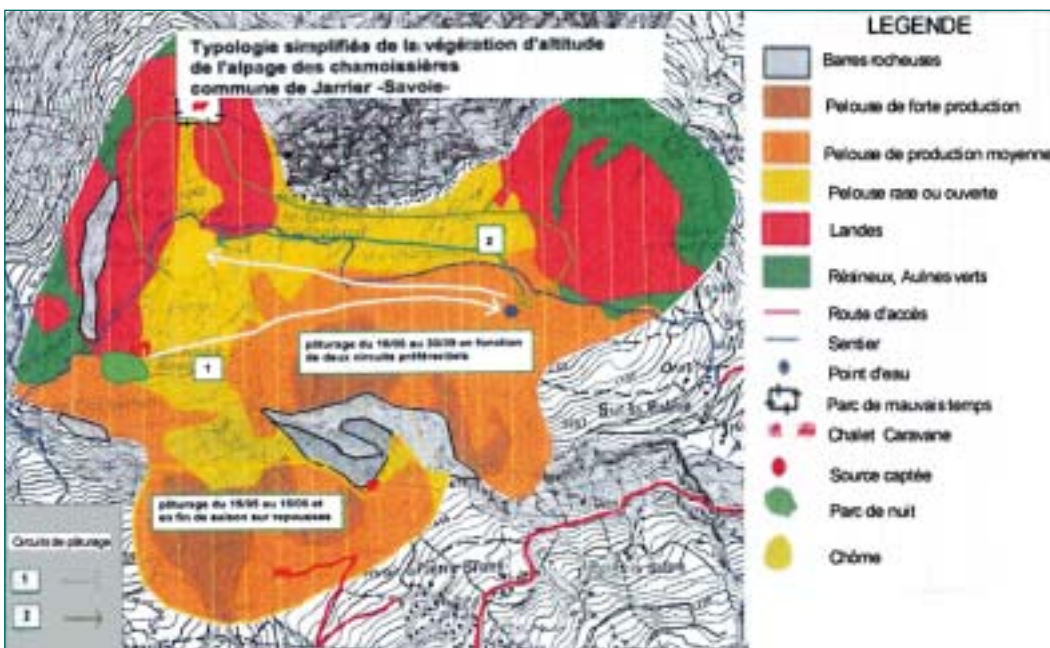


De plus, la connaissance des caractéristiques écologiques des végétations de cet alpage permet de prévoir la précocité de chacun des secteurs, éléments à prendre en compte dans les propositions de plans de pâturage.

▲ Figure 10 – L'alpage des Chamossières. Carte physionomique de la végétation (voir légende figure 8).

Conclusions et perspectives

La caractérisation agro-écologique et la cartographie physionomique des végétations pastorales des Alpes du Nord apportent une contribution à la connaissance des milieux des étages alpins



◀ Figure 11 – Carte simplifiée de la végétation de l'alpage des Chamossières, Savoie (SEA 73).

Encadré 1

Mode d'emploi pour le diagnostic standard

- Vérification de la réalité effective du contour de l'unité pastorale, issu des enquêtes pastorales.
- Vérification terrain de la présence des types physiologiques indiqués par la carte physiologique.
- Calcul des surfaces par type physiologique sous SIG.
- Ajustement des valeurs de potentiel théorique fourrager de pâturage, en fonction des types agro-écologiques présents sur le terrain.
- Calcul des valeurs de potentiel fourrager de pâturage et des charges animales à préconiser.

	Potentiel théorique fourrager de pâturage (UFL)	UFL théoriquement disponibles	Charges animale à préconiser
Quartier 1	139 732	104 799	1500 ovins x 60 jours
Quartier 2	93 501	70 126	1500 ovins x 40 jours
TOTAL unité pastorale	233 233	174 925	-

▲ Tableau 2 – Charges animales à préconiser – Alpage des Chamoisières (73).

et subalpins de ce massif. Les outils proposés en matière d'identification et de cartographie de ces végétations d'alpages constituent un niveau descriptif particulièrement intéressant du fait du caractère régional des typologies agro-écologiques. Une utilisation directe de ces résultats est l'aide au diagnostic pastoral. Pour un alpage (ou un ensemble d'alpages), les cartes physiologiques et les fiches techniques des types agro-écologiques dominants permettent d'établir une estimation localisée de la ressource pour le pâturage.

Par ailleurs, la typologie et la cartographie physiologique proposées constituent une couche descriptive de base pour des pré-zonages écologiques ou environnementaux, à une échelle moyenne. En soi, elle permet une analyse de l'organisation spatiale de ces végétations : répartition des strates, localisation de gradients de production végétale, agencements des mosaï-

ques de types, lecture de niveaux de complexité de la répartition des végétations. L'analyse spatiale de la physiologie des végétations d'altitude peut ainsi contribuer à une approche du milieu en termes d'écologie du paysage. La carte physiologique étant sous forme numérique, il est aisé de la croiser, sous système d'information géographique, avec d'autres couches descriptives des milieux de montagne, à l'échelle du 1/25 000 pour des objectifs précis de connaissance ou de gestion des milieux d'altitude : caractérisation d'unités écologiques sur la base des bassins versants (croisements avec des données topographiques, hydrographiques...); pré-zonages d'habitats (croisements avec données topographiques, géologiques, pédologiques...); caractérisation de domaines vitaux pour la faune sauvage; stratifications d'échantillonnage, préalables aux investigations de terrain pour l'étude des milieux. □

Remerciements

Les auteurs expriment leurs remerciements à B. Bletton (SEA, Savoie) pour les données concernant l'étude de cas de l'alpage des Chamossières.

Résumé

Pour la gestion des végétations d'estives, un premier outil est constitué par les typologies agro-écologiques régionales élaborées sur la base de relevés quantifiés de végétation, de caractéristiques stationnelles du milieu et des pratiques. Ces typologies permettent (i) une reconnaissance simplifiée des végétations pastorales grâce à une clé de détermination, (ii) l'évaluation au niveau stationnel de la ressource pastorale : productivité, charge animale à préconiser, (iii) des recommandations pour l'entretien ou l'amélioration en fonction des dynamiques des végétations associées aux pratiques pastorales. Un deuxième outil est proposé au niveau des unités de gestion pastorales (50 à 500 ha) et au niveau de vastes régions biogéographiques de montagne (dizaines à centaines de milliers d'ha) : la cartographie physiognomique de la végétation, obtenue par télédétection (échelle 1/25 000). Ces outils sont illustrés par des résultats obtenus lors d'applications réalisées sur le domaine pastoral des Alpes françaises du Nord.

Abstract

For the management of the mountain pastures, a first tool consisted in regional agro-ecological typologies, elaborated on the basis of quantified relevés of vegetation, environment characteristics and practices. These typologies allow (i) a simplified recognition of the pastoral vegetation by the way of a key of determination, (ii) the evaluation at the station level of the pastoral resource: productivity, animal carrying capacity, (iii) recommendations for the maintenance or the improvement according to dynamic of the vegetations linked to the pastoral practices. A second tool is proposed at the level of the pastoral units (50 to 500 ha) and at the level of large biogeographical areas in mountain (tens to hundreds thousands of hectares): the physiognomic mapping of the vegetation, based on remotely sensed data, at the 1/25 000 scale. These tools are illustrated by results obtained in applications carried out on the pastoral domain in the French Northern Alps.

Bibliographie

BERNARD-BRUNET, J.; BORNARD, A., 2004, La cartographie des végétations pâturées d'altitude par télédétection : un outil pour décrire leur organisation spatiale et gérer leur diversité, *Fourrages*, 179, p. 319-334.

BERNARD-BRUNET, J., 2000, La télédétection satellitale au service de la gestion des pâturages d'altitude, in *Le pastoralisme en France à l'aube des années 2000*, Pastum hors série, Association française de pastoralisme, Éd. de la Cardère, p. 223-229.

BERNARD-BRUNET, J. ; BORNARD, A. ; JOUGLET, J-P. ; FAVIER, G., 1999, *Le domaine supraforestier du Parc national de la Vanoise. Typologie et cartographie physiognomiques des végétations d'altitude, par télédétection*, Parc national de la Vanoise, Cemagref UR AMM, Grenoble, 49 p.

BORNARD, A. ; BASSIGNANA, M., 2001, *Typologie agro-écologique des végétations d'alpages en zone intra-alpine des Alpes Nord-occidentales*, Projet Interreg France-Italie N° 110, Cemagref Grenoble, IAR Aoste, 134 p.

BORNARD, A. ; BERNARD-BRUNET, J. ; BERNARD-BRUNET, C. ; FAVIER, G., 2001, *La végétation des alpages des Alpes du Nord. Guide pour l'utilisation de la cartographie des types physiognomiques de la végétation d'altitude*, document technique, Cemagref UR AMM, Gis Alpes du Nord, 44 p.

BORNARD, A.(coord.) ; BLANCHET, B., BRAU-NOGUÉ, C. ; FOLLIET, X. ; LARRIEU, G. ; HAUWUY, A. ; TREVISAN, D., 1992, *Typologie de la végétation des alpages laitiers des Alpes du Nord. Fiches techniques*, Éd. GIS Alpes du Nord, SUACI Chambéry, Cemagref UR AMM Grenoble, 27 fiches.

BORNARD, A. ; DUBOST, M., 1992, Diagnostic agro-écologique de la végétation des alpages laitiers des Alpes du Nord humides : établissement et utilisation d'une typologie simplifiée, *Agronomie*, 12-8, p. 581-599.

BRAU-NOGUÉ, C. ; BORNARD, A. ; TRÉVISAN, D., 1997, *Évolution de la végétation des alpages laitiers ; fiches pour le diagnostic et le conseil*, Éd. GIS Alpes du Nord, SUACI Chambéry, Cemagref UR AMM Grenoble, 38 p.

CHERPEAU, A., 1996, *Téledétection et Agro-écologie, un essai de cartographie destinée à la gestion des milieux herbacés de haute montagne. Application au Parc National des Écrins*, thèse de doctorat, université J. Fourier, Grenoble, 230 p.

COZIC, PH. ; BORNARD, A., 1998, Milieux pâturés d'altitude. 1. Des milieux spécifiques : l'apport agro-écologique pour leur gestion, *Fourrages*, n°153, p. 69-79.

COZIC PH., 1987, Une méthode de diagnostic pastoral : de la composition de la végétation à la charge animale à préconiser, in *Exploitation de pelouses et landes subalpines par des bovins et des ovins*, Cemagref INERM, Grenoble, 211, p. 173-197.

DAGET, PH. ; POISSONET, J., 1969, *Analyse phytologique des prairies. Applications agronomiques*, Éd. CNRS-CEPE Montpellier, doc 48, 67 p.

JOUGLET, J.-P., 1999, *Les végétations des alpages des Alpes françaises du Sud. Guide technique pour la reconnaissance et la gestion des milieux pâturés d'altitude*, ATEN, Cemagref Éditions, 205 p.

SEA Savoie, 2000, *Diagnostic pastoral de l'alpage des Chamossières (Jarier, 73)*, Éd. SEA, 20 p.