



HAL
open science

Hautes Chaumes du Forez, suivi scientifique, évolution du couvert végétal entre 1998 et 2005

Bernard Etlicher, Christine Jacqueminet

► **To cite this version:**

Bernard Etlicher, Christine Jacqueminet. Hautes Chaumes du Forez, suivi scientifique, évolution du couvert végétal entre 1998 et 2005. 2006. ujm-00262414

HAL Id: ujm-00262414

<https://ujm.hal.science/ujm-00262414>

Preprint submitted on 11 Mar 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**HAUTES CHAUMES DU FOREZ :
SUIVI SCIENTIFIQUE**

**EVOLUTION DU COUVERT VEGETAL ENTRE
1998 ET 2005
D'APRES DES IMAGES SPOT**

Rapport

Septembre 2006

**Bernard ETLICHER
Christine JACQUEMINET
CRENAM
UMR CNRS 5600
Université Jean Monnet
6 rue Basse Des Rives
42023 SAINT ETIENNE CEDEX**



HAUTES-CHAUMES DU FOREZ : EVOLUTION DU COUVERT VEGETAL ENTRE 1998 ET 2005 D'APRES DES IMAGES SPOT

INTRODUCTION

Cette étude ayant pour objet le suivi du couvert végétal sur les Hautes Chaumes à l'aide de données satellitales, a débuté en 1994 (Jacqueminet Thébaud, 2000). La carte de 2005 est la troisième carte réalisée, elle succède à celles de 1994 et 1998.

De 1994 à 2005, les images satellitales utilisées n'ont pas exactement les mêmes caractéristiques (tableau n°1). Ces variantes sont liées à l'évolution de la technologie satellitale Spot ; la disponibilité des images entre aussi en ligne de compte. Le fait que nous n'ayons pas disposé exactement des mêmes données à chaque date, est à prendre en compte lors de la comparaison multitemporelle.

	Nbre d'images utilisées	Date	Résolution spatiale	Bandes spectrales
1994	1	24/08/1994	20 m	Visible, Proche Infrarouge
1998	2	11/09/1997 06/07/1998	20 m	Visible, Proche Infrarouge
2005	1	27/07/2005	10 m	Visible, Proche Infrarouge, Moyen Infrarouge

Tableau 1: Caractéristiques des images Spot utilisées pour la réalisation des cartes de végétation de 1994, 1998 et 2005

Ce rapport comporte deux parties. La première partie est consacrée à la réalisation de la carte physiologique de la végétation en 2005. Dans la seconde partie, la carte de 2005 est comparée à celle de 1998. Enfin la synthèse de ces évolutions sera complétée par une tentative de cartographie d'un « indice de pression humaine »

1 LA CARTOGRAPHIE DE LA VÉGÉTATION EN 2005

1.1 Caractéristiques des données

Le traitement de l'image Spot 5 du 27/07/2005 a bénéficié des nouveautés suivantes :

- la résolution à 10 m de l'image qui offre incontestablement une meilleure perception du paysage, les entités apparaissent avec des contours plus nets ;
- l'analyse du rayonnement des surfaces dans une gamme de longueur d'onde plus élargie, l'apport d'une bande spectrale dans le moyen infrarouge améliore les possibilités de discrimination des groupements végétaux ;
- la validation des traitements d'image nécessite l'utilisation d'informations annexes. Les données utilisées lors des études précédentes ont été : la carte de la végétation au 1/25 000 issue des travaux de Renard et Paris (1985), Roumet (1985), Thébaud (1988), Trecul et Delefortrie, (1986) ; les photographies aériennes et des observations ponctuelles sur le terrain. En 2005, nous bénéficions de la carte des Habitats sur le coté Loire des Hautes Chaumes (réalisée par le CREN Rhône-Alpes, d'après les ortho-photos de 2001 et le terrain de 2004). Cette carte des Habitats apporte une grande précision et permet d'approfondir la mise en adéquation d'une nomenclature physionomique, issue des données satellitaires, avec une nomenclature phyto-sociologique.

1.2 Méthodologie du traitement de l'image Spot5.

La reconnaissance des groupements végétaux est obtenue à l'aide de classifications statistiques. La classification des valeurs de rayonnement des pixels dans les intervalles de longueur d'onde du visible, du proche infrarouge et du moyen infrarouge permet de distinguer des groupes de pixels ayant des valeurs proches représentant les groupements végétaux.

Une exception concerne la partie sud de la forêt des Allebasses, recouverte d'un voile nuageux. Cette partie a été traitée par photo-interprétation.

La démarche employée est celle de la classification automatique. Elle se justifie par la grande hétérogénéité intrinsèque des groupements végétaux. La typologie des Habitats basée sur des critères phyto-sociologiques, associe dans certains cas, au sein d'un même habitat, des *formations* diversifiées au rayonnement varié. L'exemple de l'Habitat « lande montagnarde » qui regroupe aussi bien des ligneux bas que des herbacées, l'illustre bien. L'hétérogénéité résulte également des variations du taux de recouvrement des végétaux, de la présence de sols dénudés ou non, de l'état phénologique des diverses espèces qui composent un groupement végétal à la date d'enregistrement de l'image, d'un stress hydrique... Autant de paramètres difficiles à maîtriser qui influent sur le rayonnement des végétaux. Inversement, certains groupements phyto-sociologiques ne peuvent être distingués en raison d'un rayonnement très proche. C'est le cas des sapinières et des plantations.

Il n'y a pas de correspondance immédiate entre les types "Habitat" et les classes spectrales rendues par le capteur du satellite, d'où la proposition d'une nomenclature spécifique, que la démarche de classification automatique permet de construire. Cette nomenclature physionomique s'appuie sur les caractéristiques spectrales des végétaux : l'intensité de leur activité chlorophyllienne est un critère important.

La méthode consiste à réaliser des classifications automatiques en variant le nombre de classes à chaque essai. Les images classées résultantes sont ensuite confrontées avec les données de validation. Les classes montrant une bonne corrélation spatiale avec les taxons distingués sur les données de vérification sont sélectionnées.

La carte physiologique de 2005 a été obtenue en deux étapes : une première série de classifications a permis d'extraire les thèmes suivants : « Conifères », « Herbacées hautes », « Herbacées basses », « Sols nus » et « Eau ». Une deuxième série de classifications a porté uniquement sur les pixels non classés correspondant aux forêts composées de feuillus et aux landes. Ont alors été extraits, les thèmes « Forêt de conifères et de feuillus », « Forêt de feuillus », « Landes basses », « Landes mixtes » (tableau n°2).

Nomenclature 1997-98	Nomenclature 2005
1 : Forêt de conifères	1 : Forêt de conifères
2 : Forêt mixte, hêtraie et jeunes plantations de résineux	2 : Forêt de conifères et de feuillus
3 : Feuillus, Recolonisation forestière : manteaux à sorbiers denses, lisière forestière	3 : Forêt de feuillus
4 : Landes hautes : callunaies denses associées à de jeunes arbres diffus (sorbiers, pins sylvestre, bouleaux...)	4 : Landes basses (composées de ligneux bas : callune, myrtille)
5 : Landes basses : myrtilles, callunaies	
6 : Landes mixtes : ligneux bas et herbacées	5 : Landes mixtes (composées de ligneux bas et d'herbacées)
7 : Landes mixtes des milieux humides : tourbières	
8 : Prairies de fauche : la couverture herbacée est haute en 07/98 et rase en 09/97	6 : Herbacées hautes
9 : Herbacées rases ou sèches : prairies fauchées ou intensément pâturées (paille, nardaie)	7 : Herbacées basses
10 : Fumades : ces parcelles portent une couverture herbacée haute aux deux dates	6 : Herbacées hautes
11 : Sols nus	8 : Sols nus
12 : Eau libre	9 : Eau libre

Tableau 2: Mise en correspondance des nomenclatures physiologiques issues des images Spot 1997-1998 et de l'image Spot 2005

Nomenclature phytosociologique (issue de l'image Spot)	Typologie CREN (codes de la cartographie globale 2006)	Typologie CREN (Codes Corine biotope de la cartographie sectorielle 2006)
Formations forestières		
1 : Forêt de conifères	1 : Hêtraies-Sapinières 3 : Sapinière hyperacidiphile 6 : Tourbières boisées 15 : Pinèdes 16 : Plantations de résineux (épicéa, sapin, douglas)	41.12a : Hêtraie sapinière avec sapin dominant 42.2 : Sapinière hyperacidiphile 44.A2 : Tourbière boisée à pin 42.5 : Pinèdes à Pin sylvestre 83.31 : Plantations de résineux
2 : Forêt de conifères et de feuillus	1 : Hêtraies-sapinières 14 : Hêtraie-sapinière neutrocline à fétuque et Poa de chaix	41.12b : Hêtraie sapinière avec hêtre dominant 41.14 : Hêtraie-sapinière neutrocline à fétuque et Poa de chaix
3 : Forêt de feuillus	2 : Hêtraie subalpine à érables 6 : Tourbières boisées 17 : Fourrés et bois de feuillus 19 : Bosquets de saules, d'aulnes et sources	41.15 : Hêtraie subalpine à érables 44.A1 : Tourbière boisée à bouleaux 41.B et 31.8 : Bois de feuillus, lisières, fourrés et coupes forestières 44.92 : Bosquets de saules et d'aulnes
Landes		
4 : Landes basses composées de ligneux bas	5 : Tourbières hautes	51.1, 54.5 et 51.2 : Tourbière haute active, de transition et tourbière dégradée
5 : Landes mixtes composées de ligneux bas et d'herbacées	8 : Landes montagnardes 9 : Lande subalpine	31.2 et 31.842 : Lande montagnarde à callune, myrtille et genêt 31.44 : Lande subalpine à alchemille et airelle des marais
Pelouses		
6 : Herbacées hautes	7 : Mégaphorbiaies 18 : Prairies humides	37.8 : Mégaphorbiaies forestières, montagnarde et subalpine 37.21, 38.3a et 37.3 : Prairies humides méso-eutrophe à Canche cespiteuse
7 : Herbacées basses	4 : Bas-marais paratourbeux 11 : Pelouses subalpines 21 : Prairies et pelouses montagnardes pâturées	37.22 : Bas-marais paratourbeux à Jonc acutiflore et Carum verticillé 36.31 : Pelouses subalpines des congères tardives à Nard raide et Trèfle des Alpes 35.11 : Pelouse montagnarde surpâturée à Nard raide
6 : Herbacées hautes ou 7 : Herbacées basses, selon l'état des herbacées (fauchées, pâturées...)	10 : Pelouses montagnardes 12 : Prairies de fauche de montagne 20 : Cultures et prairies artificielles 21 : Prairies et pelouses montagnardes pâturées	35.12 et 35.13 : Pelouse montagnarde mésotrophe à Canche flexueuse, agrostis et fétuque 38.3b et 38.3d : Prairie de fauche de montagne (fumade) 81 et 82 : Cultures, prairies améliorées : semées ou fertilisées 38.1 et 38.3c : Prairies pâturées de montagne
Autres		
8 : Sols nus	13 : Eboulis 22 : Chemins, habitations et zones rudérales	34.11, 61.11 et 62.2 : Eboulis 87.2 : Chemins
9 : Eau	19 : Bosquets de saules, d'aulnes et sources	22.1 : Sources

Tableau 3: Correspondance entre la nomenclature phytosociologique issue de l'image Spot du 27/07/2005 et les typologies de cartographie des Habitats

(avec la collaboration de F. Frappa, CREN Rhône-Alpes)

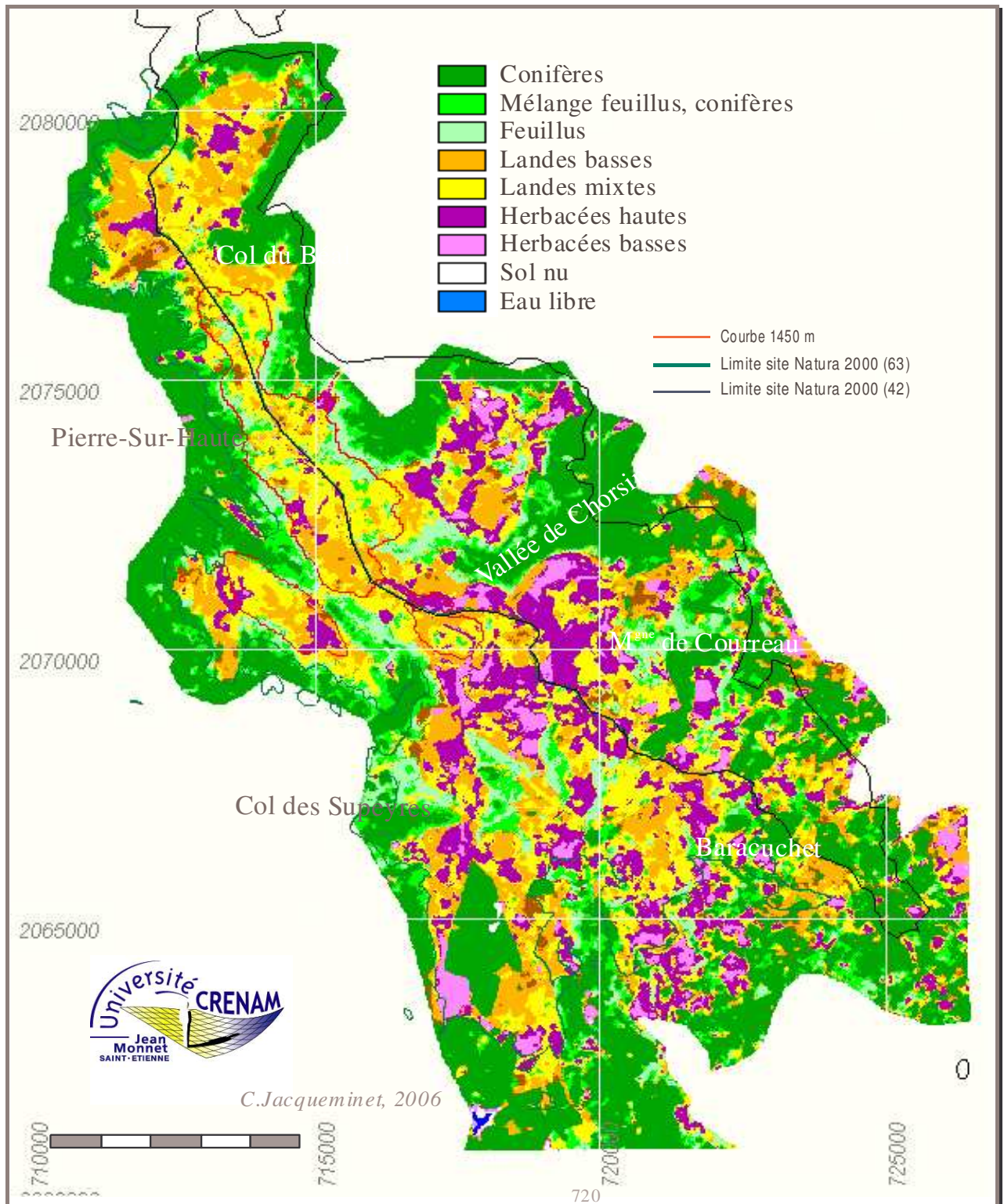


Figure 1. Carte physiognomique de la végétation en 2005

Issue du traitement de l'image Spot5 du 27 juillet 2005

1.3 Bilan de la cartographie des groupements végétaux

Certains thèmes ayant des caractéristiques spectrales spécifiques ressortent aisément. Il s'agit des résineux qui regroupent plusieurs Habitats, (tableau n°3), des sols nus, de l'eau ou encore des groupements herbacés. Les taxons herbacés occupent majoritairement les secteurs exploités (Garnier ...).

Les taxons « Landes » ont été plus difficiles à cartographier. La nomenclature Habitat ne rend pas compte de l'aspect physiognomique des landes et n'a apporté ici qu'une aide restreinte à la validation des traitements d'image d'une part. D'autre part, des confusions spectrales sont apparues ponctuellement entre les taxons de landes et ceux de « Forêt de conifères et de feuillus » et « Forêt de feuillus ». En s'appuyant sur la validation des taxons de forêt, par défaut, il a été possible de délimiter les secteurs de landes.

Ces difficultés expliquent pourquoi, nous avons renoncé à distinguer une classe « recolonisation forestière ». L'absence de données de validation le justifie. Déjà sur la carte de 1998, réalisée à partir de deux images satellitales, la perception des secteurs touchés par la recolonisation des ligneux s'était avérée particulièrement difficile. Sur la carte de 1998, deux taxons représentent ce processus : « Feuillus, recolonisation forestière : manteaux à sorbiers denses, lisière forestière » et « Lande haute : callunaies denses associées à de jeunes arbres diffus ». La reconnaissance des manteaux de sorbiers, tant qu'ils n'ont pas atteint un certain seuil de densité s'avère impossible. Cette limitation s'est également imposée dans l'examen des photographies aériennes où il est bien difficile de distinguer les sorbiers diffus.

Le thème des tourbières et des milieux humides n'est pas reconnu en raison de sa grande hétérogénéité. Ses composantes de haut-marais, bas marais... se mélangent avec les principaux groupements végétaux distingués.

1.4 Méthodologie de la comparaison multitemporelle 1998-2005

Les cartes physiognomiques de 1997-98 et de 2005 ne comportent pas exactement la même nomenclature. Le tableau n°3 indique de manière précise les correspondances adoptées entre les deux nomenclatures pour analyser l'évolution entre les deux dates. La nomenclature retenue pour la comparaison est celle de 2005 se composant de 9 taxons.

En 1998, l'analyse de deux images enregistrées à deux périodes différentes (Septembre 1997 et juillet 1998) a permis de distinguer plus de taxons qu'en 2005, grâce à la perception des changements d'états de surface entre les deux dates (Jacqueminet, Thébaud, 2000).

Ainsi, nous avons pu distinguer au sein des formations herbacées, les parcelles soumises à une exploitation pastorale (Prairies de fauche et Fumades) ou encore les formations faisant beaucoup de paille, de type nardaie, « Herbacées basses ». En 2005, seules deux classes d'herbacées sont distinguées : « Herbacées hautes » et « Herbacées basses ». On notera que le 27 juillet 2005, année sèche, les fumades et les prairies sont en majorité fauchées et, dans ce cas, elles apparaissent dans la classe « Herbacées basses » voire parfois « sol nu ».

La classe 2 « Forêt de conifères et de feuillus » correspond à l'Habitat « Hêtraies-sapinières avec Hêtre dominant ». En 1998, cette classe incluait également les jeunes plantations de conifères. Les jeunes plantations alors peu couvrantes portaient un sous-bois composé d'espèces à forte activité chlorophyllienne (myrtille...). Leur réponse spectrale se rapprochait de celle de peuplements mixtes. En 2005, les jeunes plantations de 1998 sont matures (les plantations de la montagne de Courreau) ou arrachées (au nord de Pégrol). De jeunes plantations de conifères n'ont pas été reconnues.

Les classes « Landes hautes » et « Landes basses » de 1998 sont regroupées dans la classe « Landes basses » de 2005. Le croisement des deux cartes montre que la classe « Landes basses » de 2005 recouvre assez fidèlement les deux classes de 1998. La nomenclature de 2005, en l'absence d'une classe « recolonisation » ne montre pas la dynamique des ligneux, c'est la comparaison multitemporelle qui permet de la percevoir.

Le taxon « Landes mixtes des milieux humides » dont la validité de la classe n'était pas parfaite en 1998, n'est pas distingué en 2005. Il est associé au thème « Landes mixtes » qui rend compte de leur hétérogénéité.

2 LE SUIVI DU COUVERT VEGETAL

La carte physionomique de la végétation de 2005 est comparée à celle de 1998. Cette comparaison a pour objectif de mesurer les évolutions constatées. Une première analyse globale permet de dégager les grandes tendances. Puis, l'étude par groupements végétaux révèle dans le détail et localement les caractères de cette évolution.

2005/1998	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	132925	15654	2584	5023	595	64	181	3	5	159503
2	9141	17761	4765	7359	1434	1109	138	0	2	41870
3	1003	9667	9769	8949	1865	1914	275	1	0	33555
4	10228	4470	2227	35577	19130	1018	897	15	11	73848
5	2903	2266	3190	28619	29843	10623	2189	39	1	79865
6	1693	188	464	7545	14196	19374	10280	250	3	54212
7	2125	416	119	2293	1747	4220	3517	321	66	14975
8	67	6	0	20	35	54	62	117	171	541
9	0	0	0	0	0	0	0	0	185	185
Total pixels	164647	50959	23430	95609	68980	38502	17667	754	468	1719725

2005/1998	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	80.73	30.72	11.03	5.25	0.86	0.17	1.02	0.40	1.07	9.27
2	5.55	34.85	20.34	7.70	2.08	2.88	0.78	0.00	0.43	2.43
3	0.61	18.97	41.69	9.36	2.70	4.97	1.56	0.13	0.00	1.95
4	6.21	8.77	9.50	37.21	27.73	2.64	5.08	1.99	2.35	4.29
5	1.76	4.45	13.62	29.93	43.26	27.59	12.39	5.17	0.21	4.64
6	1.03	0.37	1.98	7.89	20.58	50.32	58.19	33.16	0.64	3.15
7	1.29	0.82	0.51	2.40	2.53	10.96	19.91	42.57	14.10	0.87
8	0.04	0.01	0.00	0.02	0.05	0.14	0.35	15.52	36.54	0.03
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.53	0.01
%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tableau supérieur : valeurs en nombre de pixels de chaque classe

Tableau inférieur : valeurs en % du nombre de pixels de chaque classe rapporté au nombre total de pixels de l'image (masque externe exclu).

Classes : 1. Conifères ; 2. Forêts conifères et feuillus ; 3 feuillus ; 4 Landes basses ; 5 Landes mixtes ; 6 Herbacées Hautes ; 7 Herbacées basses ; 8 Sols nus ; 9 Eau libre.

Tableau 4: Evolution des classes entre 1998 et 2005

2.1 L'évolution globale 1998-2005

L'analyse de l'évolution globale du couvert végétal est obtenue par la comparaison pixel à pixel des deux images. Cette approche permet d'avoir un bilan synthétique (chiffré et cartographique) des pixels identifiés en 1998 et de leur devenir en 2005. L'analyse globale donne lieu à un tableau (Tab. n°4) qui présente les évolutions des taxons définis par la cartographie de 2005.

2.1.1 Précautions méthodologiques

Les valeurs des matrices du tableau n°4 indiquent une assez forte instabilité des taxons d'une année sur l'autre. Au mieux, dans le taxon 1 « Forêt de conifères », 80 % des pixels de 1998 se retrouvent dans la même catégorie en 2005. Pour les autres taxons, les pourcentages sont beaucoup plus bas, de l'ordre de 40 à 50 % seulement, mais ils s'abaissent à 15 et 19 % pour les classes 7 et 8. Cette variation importante en 7 ans, reflète d'une part des évolutions du tapis végétal mais aussi, l'empreinte des pratiques pastorales et les biais liés à la comparaison d'images de date, résolution et géométrie différentes.

Les variations résultant d'une évolution du tapis peuvent résulter soit d'une dynamique naturelle (croissance de plantations, embroussaillage etc...) soit d'interventions au cours de la période sur le milieu (déboisement, remise en pâture, fauche répétée conduisant au remplacement des landes par des pelouses herbacées etc...) que l'initiative soit individuelle de l'exploitant de la parcelle ou de la collectivité dans le cadre des mesures de gestion.

Le rôle joué par les pratiques pastorales intervient sur les taxons de landes, de pelouses et sur la classe « Sol nu ». Il est particulièrement perceptible pour la classe 7 « Herbacées basses ». Cette classe désigne les pelouses où les herbacées sont rases car fauchées ou pâturées ainsi que les pelouses développant de la biomasse sèche de type nardaie. Si l'on prend en compte : la réalisation ou l'absence de fauche ou de pâturage qui conduisent à une réponse différente de la végétation ; la date d'enregistrement des images qui varie entre 1998 et 2005 et la différence de nomenclature entre 1998 et 2005 (cf. § 1.4), cette faible valeur de similarité révèle avant tout l'état très changeant de ces pelouses. Ces changements ne reflètent pas en réalité une modification du milieu ou du système d'exploitation entre les deux dates.

La comparaison des deux cartes est entachée de biais liés aux images elles-mêmes. La différence de résolution entre les images des deux dates génère un biais important dans cette comparaison chiffrée de pixel à pixel. Les limites des entités sont plus précises en 2005 (résolution à 10 m) qu'en 1998 (résolution à 20 m). Même si elles n'ont pas bougé entre les deux dates, elles ne peuvent se superposer exactement. Ces effets de limites sont d'autant plus marqués que les entités sont fragmentées spatialement. On remarque que le taxon « Forêt de conifères » d'une grande contiguïté spatiale présente une valeur de similarité élevée entre les deux cartes.

Le géoréférencement des images introduit également un biais. Malgré tout le soin apporté à la correction géométrique des images, lors de leur superposition, des décalages sont inévitables, surtout dans les secteurs à forte pente où un glissement de quelques mètres en projection peut conduire à des décalages d'un ou plusieurs pixels. Ce décalage est d'autant plus sensible que beaucoup de zones de progression forestière se font sur les zones à forte pente précisément, soit à cause de la protection du vent dans ces secteurs, soit à cause de la faible emprise du pâturage dans ces secteurs délaissés par les troupeaux. Toutefois les analyses sur les taxons eau et sols nus du tableau n°4 montrent la validité de la démarche, ces taxons se

retrouvent de manière stable aux deux dates pour l'eau, et le glissement de la moitié des pixels d'eau vers le sol nu traduit le fait que le barrage des Pradeaux est à moitié vide en 2005, alors qu'il était plein en 1998.

C'est donc avec précaution que nous interpréterons ces valeurs chiffrées de l'évolution du tapis végétal qui s'exerce sur une période relativement courte de 7 ans. L'examen de l'image des changements et de la répartition spatiale des pixels permet d'évaluer l'impact des effets de limites liés à la comparaison des deux cartes. Grâce à cette image, nous pouvons considérer les changements significatifs, même si les chiffres restent entachés de ces biais méthodologiques. C'est pourquoi nous nous garderons de mesurer des superficies, un chiffre exprimé en hectares pouvant laisser croire à une précision illusoire et source d'incompréhension.

2.1.2 Les grandes tendances de l'évolution du tapis végétal

Le taux de stabilité est meilleur si l'on groupe les classes proches : les taxons 2 et 3 comportant des feuillus indiquent une stabilité entre 52 et 60 %, les landes (taxons 4 et 5) se maintiennent à 66 – 70 % et les pelouses (taxons 6 et 7) entre 61 et 70 %. L'analyse porte à la fois sur le nombre de pixels et les pourcentages.

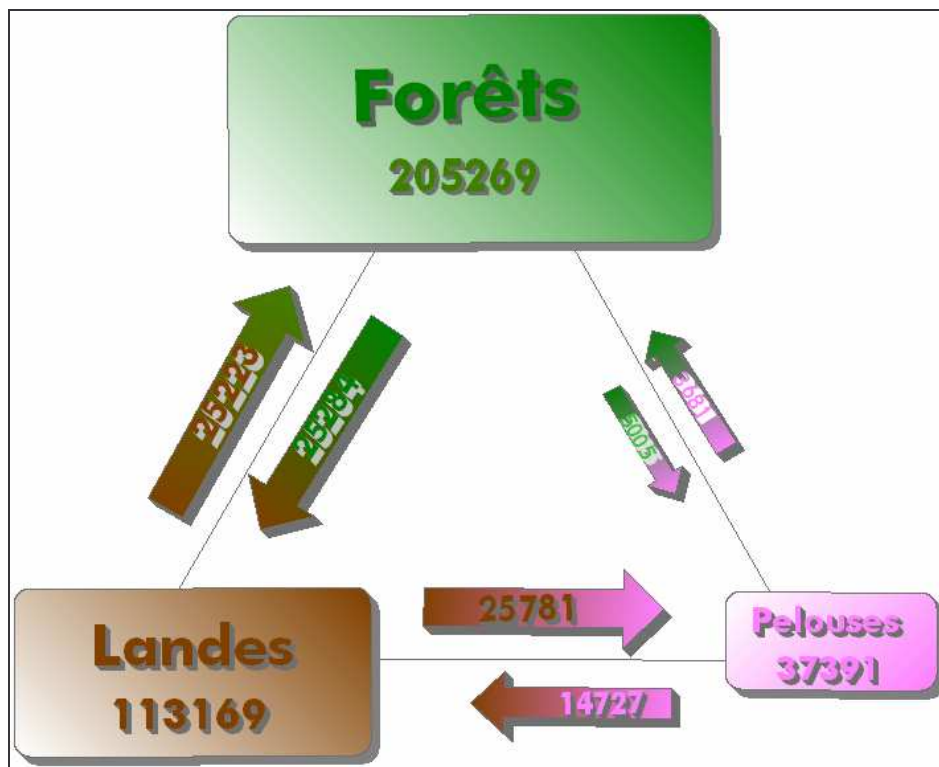


Figure 2 : Bilan des évolutions par grande formation végétale

(Les chiffres renvoient au nombre de pixels)

Compte tenu des réserves énoncées précédemment, les principales évolutions que l'on peut souligner, sont :

- Les glissements landes-forêts : ils sont surtout importants à partir des « Landes basses ». Ainsi, 20 000 pixels de « Landes basses » en 1998 apparaissent classés tant en conifères qu'en feuillus en 2005. Seulement 3 700 pixels de « Landes mixtes » évoluent en forêt. Mais on remarque également que 28 600 pixels de « Landes basses » deviennent des « Landes mixtes » en 2005 ;

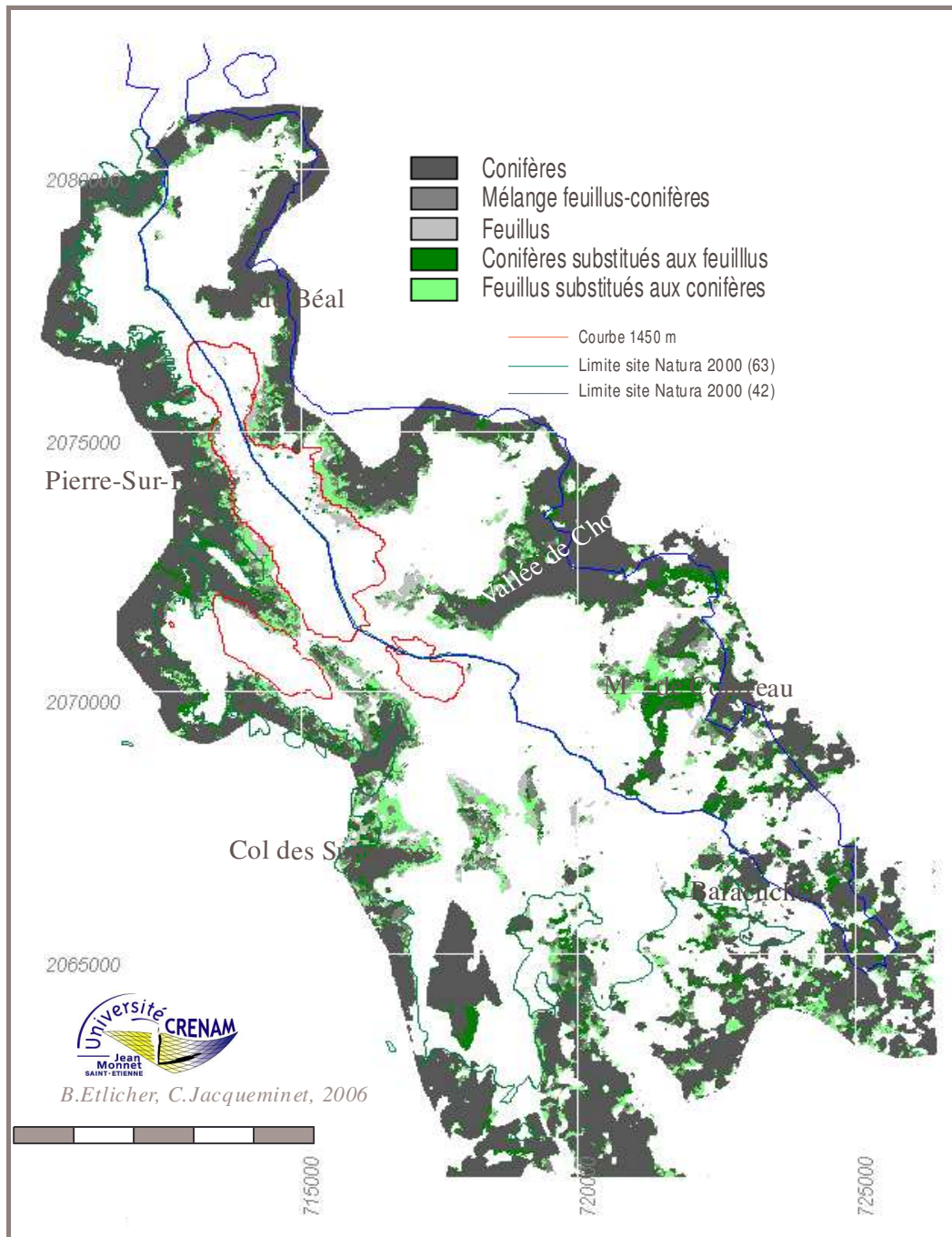


Figure 3: Les évolutions au sein des massifs forestiers

- Les glissements forêts-landes atteignent des valeurs importantes, à partir des trois taxons forestiers vers les deux taxons de landes (25 000 pixels). Le changement forêt-pelouse est beaucoup plus limité ;
- Les glissements landes-pelouses se font surtout à partir de la classe 5 « Landes mixtes » ;
- Les glissements pelouses-landes (12 000 pixels) sont surtout importants à partir des « Herbacées hautes », ce qui semble cohérent. Une large part de ces glissements se fait vers les landes mixtes herbacées-ligneux ;

- Les glissements sol nu-herbacées sont très importants en pourcentage mais ils affectent peu de pixels. Cette évolution traduit une recolonisation de la végétation le long des chemins, sur les éboulis (Allebasses), le long des pistes de ski mais aussi le retour de la végétation après le labour d'une parcelle.

2.2 L'évolution de la forêt

La forêt est représentée par les classes 1, 2 et 3, respectivement « Conifères », « Conifères et feuillus », « Feuillus ». La forêt de conifères se maintient dans l'état entre les deux dates à 80 %. Par contre, la forêt de conifères et feuillus montre un taux de stabilité de 35 % et celle de feuillus de 42 %. Ces deux formations sont affectées par une colonisation des espèces résineuses (30 % de la forêt de conifères et feuillus, deviennent forêt de conifères ; 20 % de la forêt de feuillus deviennent forêt de conifères et feuillus, et 11 % de conifères). Inversement au sein de la forêt de conifères et feuillus, on observe une progression des feuillus (19 %).

2.2.1 Les mutations internes à la forêt

La carte (Fig. 3) donne un aperçu des évolutions internes à la forêt. On observe :

- **L'extension des résineux en tâche d'huile**

Une progression en tâche d'huile à partir des massifs ou bosquets de résineux à l'intérieur des massifs s'observe par exemple, dans la hêtraie des Supeyres au bois de l'hôtesse, au Col des Supeyres, à Monthiallier, dans la vallée de Chorsin ; une forte progression au SE des Allebasses est également repérable. Il semble que la croissance des résineux dans ces boisements mixtes privilégie ces derniers. Il est aussi très visible dans des micro clairières dans la forêt sur le versant oriental notamment. Suite à des coupes, des chablis, les feuillus pionniers laissent la place ici à la sapinière.

Un autre cas est celui des plantations de résineux arrivées à maturité dans la Montagne de Gourgon : elles ne se distinguaient pas des forêts de conifères et feuillus en 1998 alors que leur réponse est clairement celle de résineux en 2005.

- **L'extension des feuillus dans l'aire de contact entre les résineux et la lisière de feuillus, à l'intérieur des massifs**

Cette évolution apparaît dans de nombreux secteurs, mais sur des surfaces réduites, en lisière bien souvent. On l'observe au S-W de Monthiallier, aux Supeyres, à l'Est du col de la Chamboîte. Elle semble liée à des espèces de feuillus colonisatrices.

Une autre forme de cette évolution est due à une recolonisation de la végétation après un défrichage, des chablis ou une coupe comme dans la partie sud des Hautes Chaumes : au nord du bois de l'hôtesse, Roche Gourgon, hêtraie des Supeyres.

2.2.2 Les gains de la forêt

L'analyse globale des gains forestiers depuis 1998 permet plusieurs observations. Il est paradoxal de parler de gains forestiers alors que le nombre total de pixels en forêt a diminué entre les deux dates d'environ 4000 soit environ un peu moins de 2%. Pourtant la carte montre clairement un effet de lisière, certes pas général, mais fréquent, qui traduit une dynamique forestière au détriment de la lande suivant un front organisé. Au contraire, et la suite de l'analyse le montrera, les glissements forêt-lande sont plutôt des trouées internes à la forêt, dispersées et à basse altitude, dont l'explication est certainement liée à l'activité humaine. L'analyse de la figure 4 montre trois situations :

- Une reconquête de lisière, en lisière de la ceinture forestière, sur les deux versants ;

- Un envahissement des éboulis où une végétation arbustive à base de sorbiers se développe particulièrement au Nord de Pierre sur Haute ;
- Une réoccupation des clairières au milieu de la forêt : il s'agit là plutôt de reprise après chablis ou coupes forestières. Peuvent être considérées comme relevant d'une même

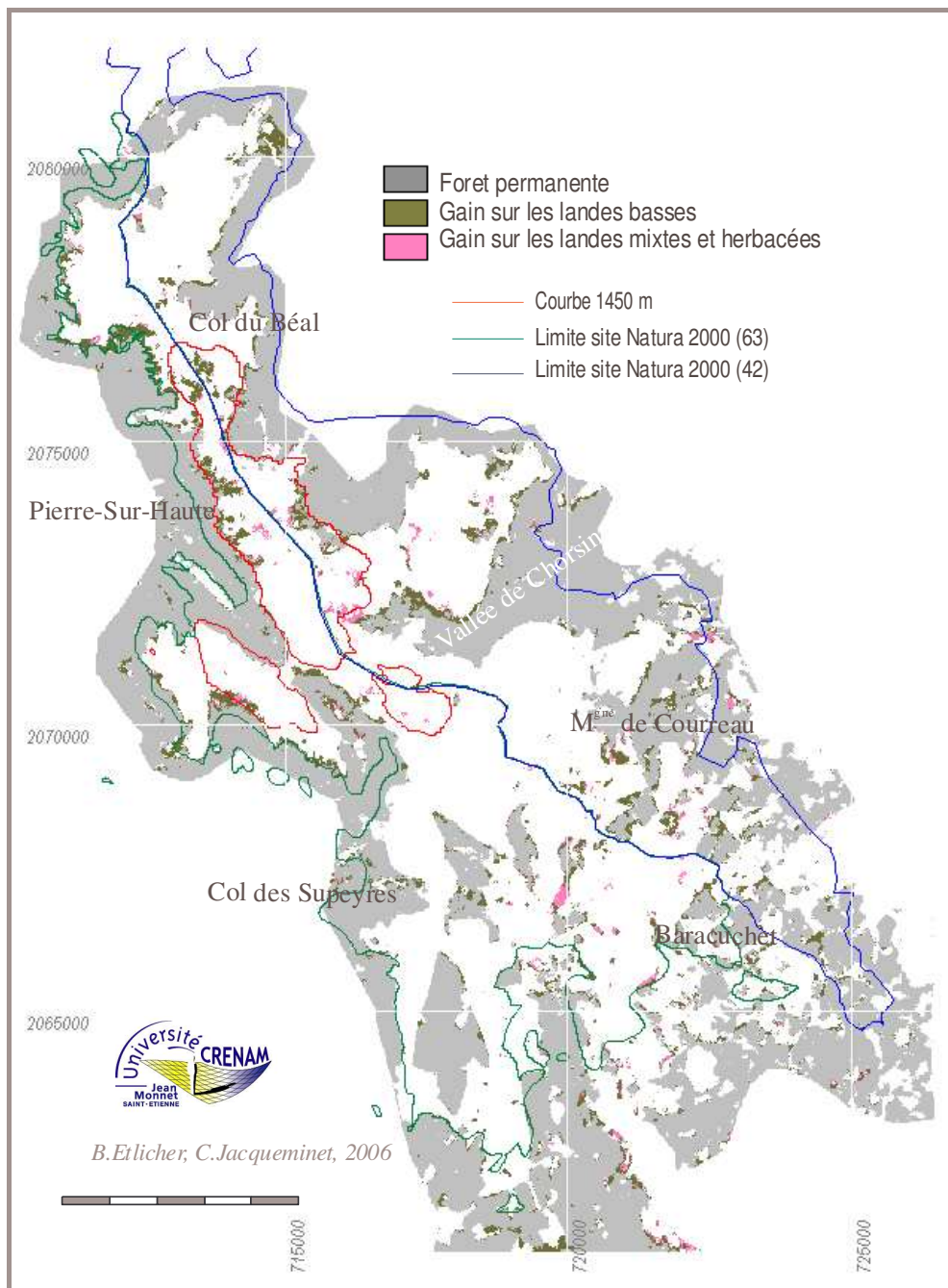


Figure 4: Les Gains de la forêt entre 1998 et 2005

problématique, la fermeture de pistes probablement ouvertes peu de temps avant 1998 et qui se referment (au moins au niveau de la canopée).

- **Le phénomène de grignotage à partir des lisières forestières est fréquent sur les deux versants.**

Son ampleur est variable, mais on assiste clairement à une remontée de la limite supérieure de cette ceinture. Le phénomène est particulièrement net sur le versant Nord de la vallée de l'Oule/Chorsin et à l'Ouest du Col du Béal au dessus de la route menant à St Pierre la B. De manière moins spectaculaire, le phénomène est bien présent sur le rebord de la vallée de l'Ance au Nord de Prabouré à l'Ouest de Monthiallier, vers Probois et la vallée du Vizézy, à l'extrême Nord Est des Hautes Chaumes vers le col de la Loge, dans la vallée des Reblats mais plutôt dans la partie basse le long du cours d'eau. Sur la région du Sud-Est au delà de Baracuchet, où des lambeaux forestiers « pointillistes » s'éparpillent partout, le phénomène existe mais il ne prend pas l'ampleur que l'on aurait pu craindre. De nouvelles taches apparaissent mais les taches de 1998 ne s'étendent pas partout.



Figure 5: Les gains forestiers au nord de Pierre-Sur-Haute

*(Pixels devenus forêt en 2005 représentés sur l'orthophoto de 1999)
Les lisières, les rochers et leurs cortèges d'éboulis sont les plus affectés.*

- **Une colonisation ponctuelle.**

Sur le plateau, des extensions apparaissent dans deux secteurs principalement : dans les secteurs rocheux de part et d'autre de la route militaire entre le Béal et la base militaire avec des prolongements vers le Sud en direction de la Richarde, d'une part, et d'autre part le long d'un axe Plan Chevallat-Bazanne-Gourgou où se constitue progressivement un couloir boisé de nature à isoler, à terme, les montagnes de Sichard- Baudoux-Bazanne du reste des Hautes Chaumes. Clairement, ces évolutions sont liées à une pression pastorale insuffisante, car les secteurs les plus élevés, au-dessus de 1450 m, peu utilisés par suite de la présence des rochers, sont affectés alors que les plateaux de Pégrol et Garnier, plus bas, mais mieux gérés pastoralement, ne le sont pas.

- **Des gains forestiers variables selon l'altitude.**

L'analyse par tranche d'altitude est utile : c'est entre 1250 et 1370 m que les gains forestiers sont les plus importants, mais il faut noter un assez long palier de l'histogramme de répartition des pixels entre 1370 et 1510 m ; même à ces altitudes, qui sont à la limite de l'étage subalpin, la dynamique est significative. Elle représente le tiers de celle des altitudes inférieures, ce qui est d'autant plus important que ces valeurs sont brutes et ne sont pas pondérées par l'importance respective des surfaces par tranche altitudinale. La décroissance est ensuite progressive traduisant peut être une limite écologique. En revanche, on constate assez clairement que les altitudes les plus basses (1200-1260 m) sont moins affectées par cette dynamique.

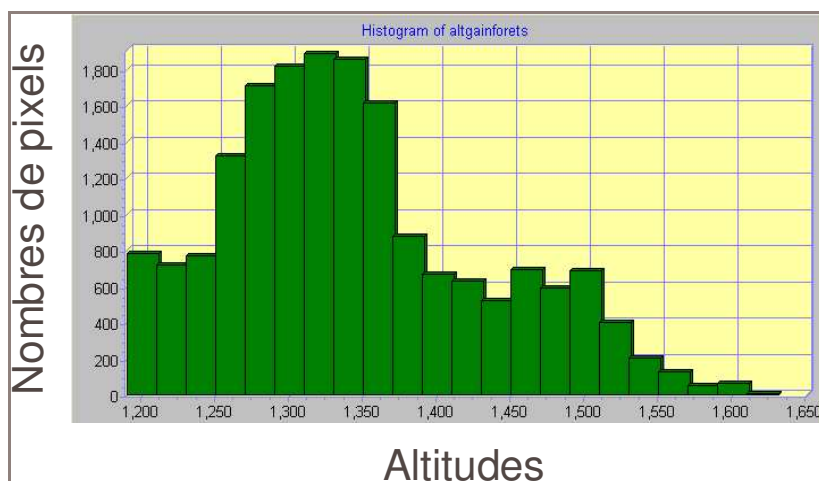


Figure 6: Les gains forestiers par tranche altitudinale

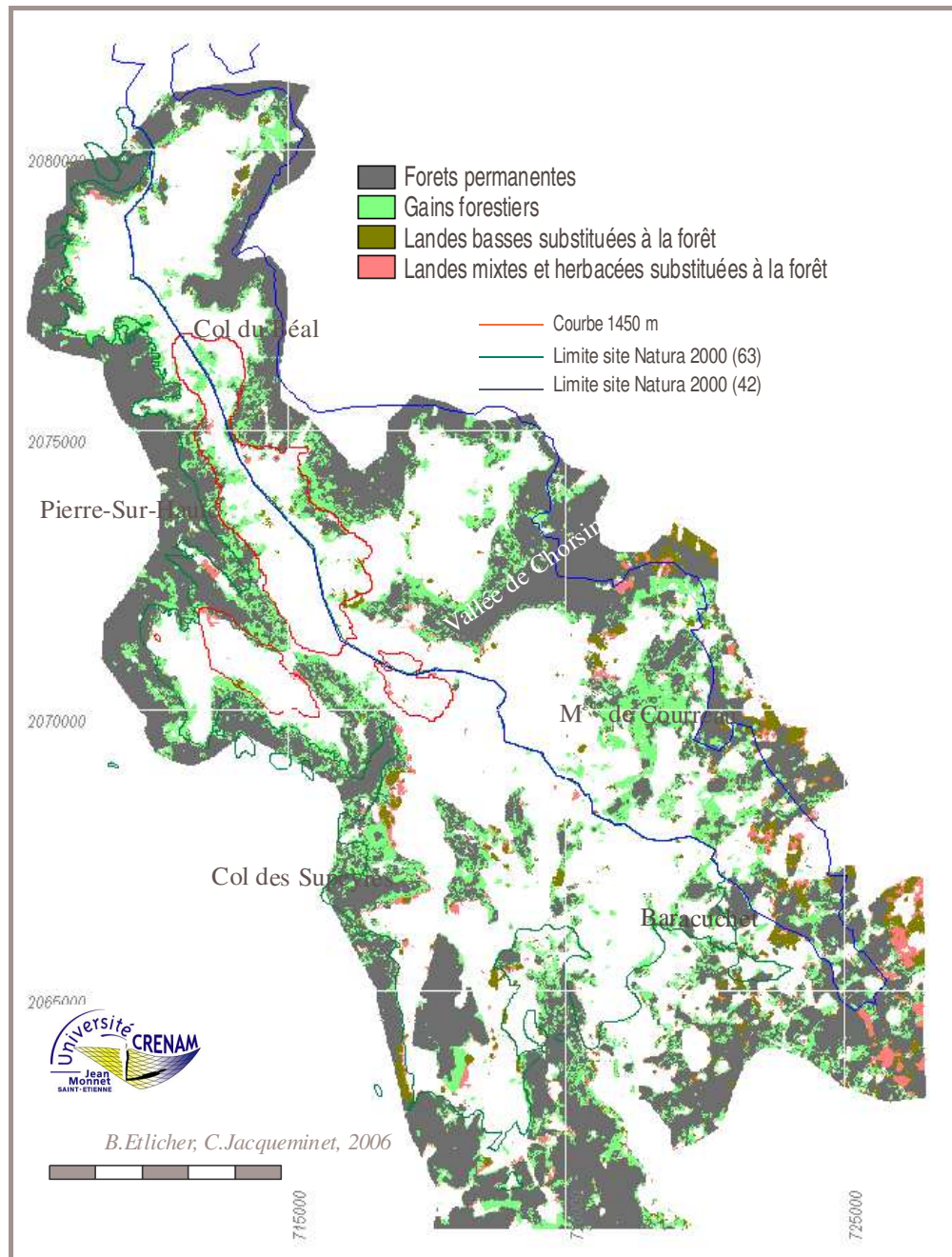


Figure 7: Les mutations de la forêt en landes et pelouses.

- **Les plantations : une source d'essaimage des ligneux ?**

Dans le détail, on constate que les reboisements autour des plantations ne s'étendent pas, l'exemple le plus démonstratif étant celui des Allebasses où même la recolonisation des secteurs détruits par les incendies et l'érosion, ne se fait pas ou peu. En revanche, les reboisements en timbre poste des pins sylvestres à l'Est essaient assez largement. L'explication est bien sûr liée à la dynamique pionnière de cette espèce.

2.2.3 Les reculs de la forêt

- **Une reconquête pastorale ?**

L'avancée des landes au détriment de la forêt affecte principalement la moitié sud des Hautes Chaumes, au sud d'une ligne joignant la vallée de Chorsin à la montagne de Monthiallier (Fig. 7). Les landes progressent en lisière de forêt. Plusieurs secteurs semblent particulièrement affectés par cette évolution dans la Loire notamment : la Montagne de Courreau, le secteur de Probois et l'extrême Est vers le Col de l'Homme Mort. Sur le versant occidental, la vallée du Fossat et le secteur de Monthiallier, les Allebasses. On peut raisonnablement interpréter l'essentiel de cette évolution comme une reconquête de la lande après remise en pâturage et éventuellement la destruction des arbustes sur la Montagne de Courreau (Fig. 8).



Figure 8: Secteurs boisés redevenus landes et pelouses sur la montagne de Courreau

(Report des pixels Spot sur l'orthophoto de 2001)

- **La régénération après coupes et chablis.**

Les landes se substituent aux forêts également parmi les reboisements en timbre-poste du SE, vers Probois et l'extrême Est, sous la forme de tâches plus ou moins géométriques traduisant des coupes ou des clairières recolonisées. De nombreuses trouées envahies par les framboisiers, les fougères, les épilobes apparaissent dans la base des Habitats du CREN qui confortent cette interprétation sur le versant oriental – on ne dispose pas d'une information équivalente sur le versant auvergnat. Et on ne peut préciser ce qui relève d'une exploitation normale de la forêt ou des effets des tempêtes Lothar et Martin de 1999, voire de chablis liés à des chutes de neige excessives.

La végétation forestière du S-E. des Hautes Chaumes, très discontinue dans l'espace, est à la fois soumise à une extension des formations forestières et à leur rétraction. Les deux processus se juxtaposent dans l'espace (Fig. 7). Localement, il peut s'agir de débroussailllements

pour l'activité touristique (remontées mécaniques de Chalmazel) ou de trouées après coupes et chablis (fig. 9).

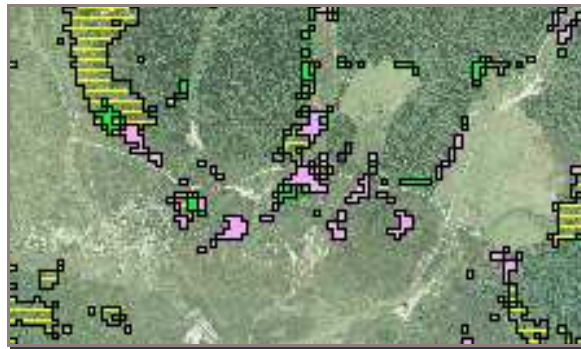


Figure 9: L'évolution aux marges forestières à la Chamboîte

(report des pixels Spot sur l'orthophoto de 1999)

En rose, les pixels signalant le défrichement des feuillus pour l'activité touristique

En jaune la reconquête des feuillus sur la lande

La comparaison chiffrée (Tabl.4) indique également un glissement des feuillus vers les landes mixtes. L'examen de l'image des changements montre que les pixels affectés sont des pixels de lisière. En raison du biais introduit par le changement de résolution des images, nous nous garderons de l'interpréter en terme d'évolution de la végétation.

2.3 L'évolution des landes

Les classes 4 « Landes basses » et 5 « Landes mixtes » ont un pourcentage de stabilité de l'ordre de 40 %. Les landes basses de 1998 évoluent vers les landes mixtes, pour 30 % et vers les formations forestières, pour 21 % en 2005. Les landes mixtes deviennent des landes basses à 28 % et des herbacées hautes à 20 %. Ces diverses transformations affectent différemment l'ensemble de la surface des Hautes Chaumes.

2.3.1 Les changements entre forêt et landes

Le retour vers la forêt est sensible : 21 % depuis les landes à callune et myrtille. En revanche il est très faible depuis les landes mixtes (taxon 6). Ce retour se fait vers les feuillus pour les $\frac{3}{4}$. C'est la signature de la reconquête forestière : cela pourrait signaler la progression des sorbiers, ou le développement de ceux-ci. En revanche la progression des pins semble plus limitée. Qu'il s'agisse de conquêtes nouvelles ou plus vraisemblablement d'une densification de la canopée par les sorbiers qui n'avaient pas été détectés radiométriquement en 1998, il s'agit d'une évolution indiscutable vers la fermeture du paysage. Les secteurs concernés sont décrits au paragraphe 2.2.2 et visibles sur les cartes 4 et 10.

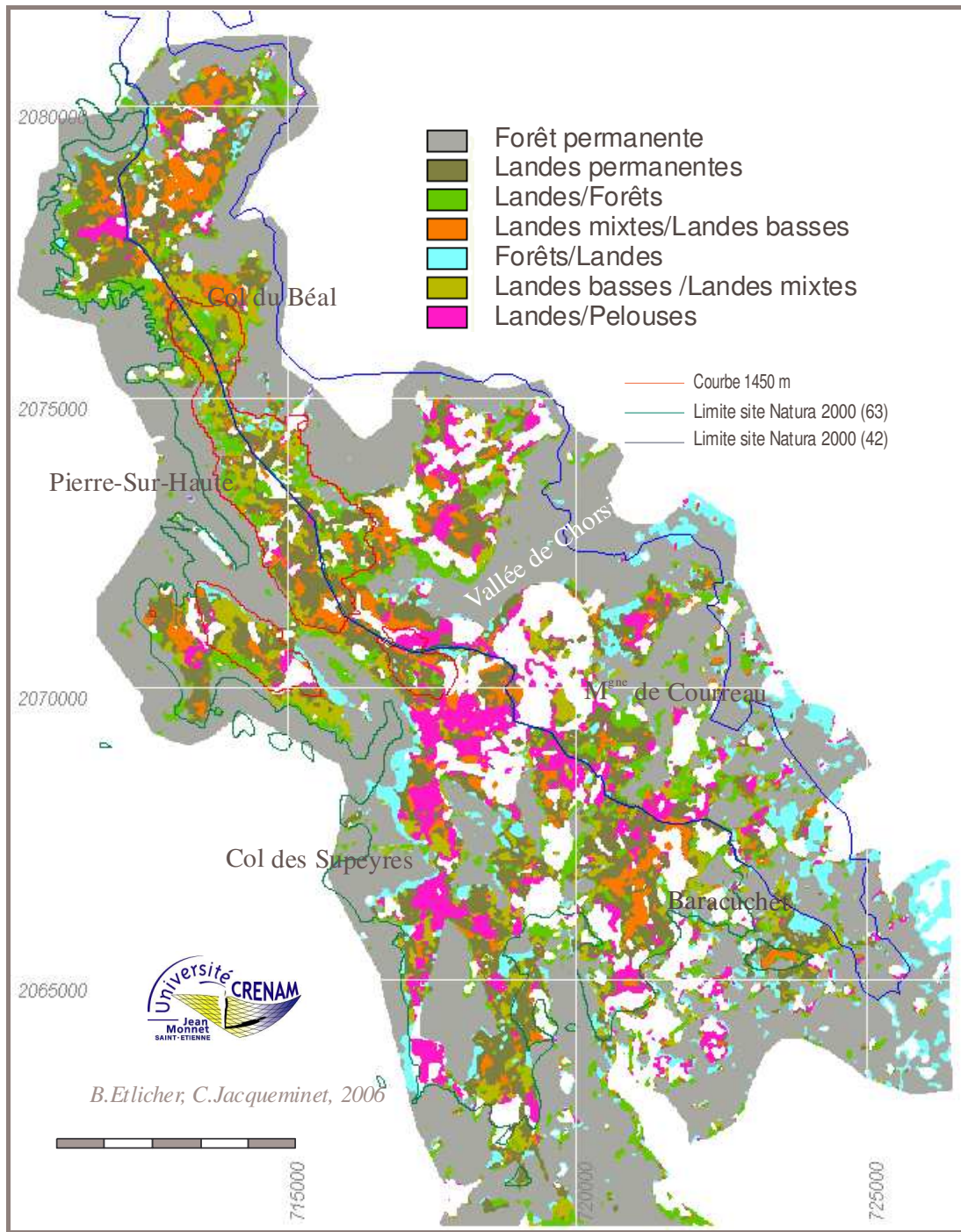


Figure 10 : Evolution des Landes

Le gain des landes est également perceptible : 8 % des conifères, 13 % des conifères et feuillus et 23 % des feuillus sont devenus des landes entre 1998 et 2005. L'analyse de la carte fig. 10, révèle une évolution contrastée des mutations lande-forêt entre la partie nord des Hautes Chaumes, au nord du plateau de Pégrol, et la partie sud.

- **La partie nord des Hautes Chaumes : les landes progressent en lisière forestière.**

La progression de la forêt au détriment de la lande se fait en lisière de forêt ou ponctuellement entre le Béal et la base militaire (§ 2.2.2) (fig. 10). La progression des landes au détriment de la forêt se réalise également en lisière. Ainsi le secteur situé au nord du col du Béal est affecté par des avancées et des reculs de la lisière forestière ; la lisière recule sur le versant est à Rocher pavé et avance sur ce même versant, aux jasseries de Colleigne ; sur la montagne de Monthiallier, la forêt progresse à l'ouest et régresse à l'est. Cependant la tendance à la progression de la forêt au détriment des landes reste majoritaire dans la partie nord des Hautes Chaumes.

- **La partie sud des Hautes Chaumes : une évolution contrastée spatialement.**

Inversement, dans la partie sud, les lisières forestières tendent à reculer. L'avancée des landes sur le versant ouest depuis la vallée du Fossat au sud de la forêt des Allebasses est remarquable. A l'est, la colonisation des landes se fait dans les nombreuses clairières des massifs forestiers (§ 2.2.3). Par contre, le secteur de Grand Pierre Bazanne jusqu'à la vallée de l'Ance est touché par la reconquête forestière (§ 2.2.2).

2.3.2 Les changements internes aux landes

Ces changements permettent de percevoir la densification des ligneux bas au sein des landes ou au contraire le développement des herbacées. Nous avons pu observer précédemment que le glissement vers la forêt se fait à partir des landes à ligneux bas.

La progression des landes basses au détriment des landes mixtes s'observe dans le secteur situé au nord du col du Béal, à Mont Chouvé, à la Richarde et à Grande Pierre Bazanne (fig. 10). Inversement, deux secteurs sont touchés par le progrès des landes mixtes au détriment des landes basses : la Chamboîte et la montagne de Monthiallier.

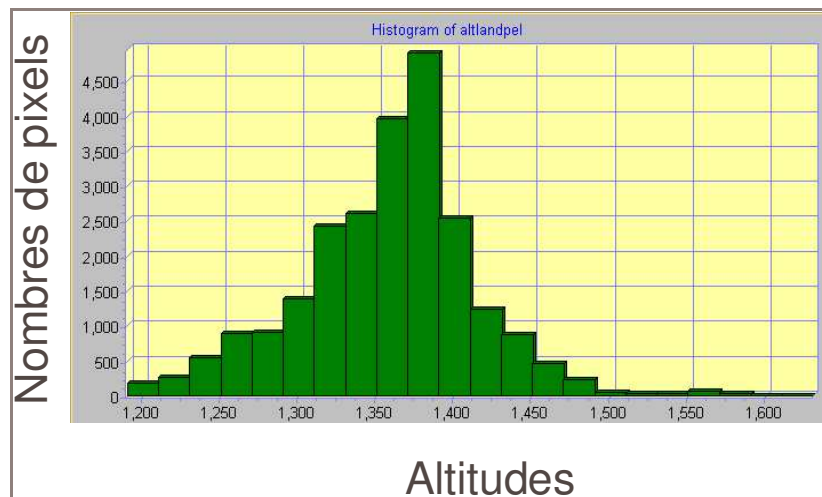


Figure 11 : Altitude des pixels de landes devenues pelouses ou landes mixtes

2.3.3 Les landes devenues pelouses

Les transformations de landes en pelouses s'exercent surtout dans la moitié sud des Hautes Chaumes, depuis Gros fumé et le plateau de Pégrol inclus. Cette transformation est remarquable sur le plateau de Pégrol, le plateau des Egaux et la partie située à l'ouest de la forêt des Allebasses. Elle affecte aussi le secteur de Plan Chevalat et la montagne de Courreau (fig. 10).

2.3.4 Des évolutions contrastées selon l'altitude

Le constat immédiat à la lecture de la carte est le contraste entre la partie haute, au-dessus de 1450 m et la partie plus basse. La lande subalpine est plutôt le domaine d'un retour vers la forêt, la lande montagnarde, plutôt celui d'un retour à la pelouse.

L'origine de cette opposition est bien évidemment à rechercher dans l'effet des pratiques pastorales : une intensification caractérise les parties basses qui se traduit par des remises en état de pâturage, des améliorations de lande etc... qui conduisent à une régression des landes basses au profit de landes mixtes et de pelouses. Au contraire, au-dessus de 1450 m, c'est davantage la dynamique naturelle suite à l'abandon qui prévaut. Cette remarque générale doit être fortement nuancée, car deux secteurs à basse altitude du département de la Loire échappent à cette intensification, le Sud Est au-delà de Bazanne en direction de Baracuchet, et, dans une moindre mesure le Nord Est extrême.

2.4 L'évolution des pelouses

Les pelouses sont représentées par les taxons « Herbacées hautes » et « Herbacées basses ». Les « Herbacées hautes » se maintiennent à 50 %, 10 % apparaissent basses en 2005 et 27 % se transforment en landes mixtes. Les herbacées basses, beaucoup moins étendues, restent basses à 20 % entre les deux dates et sont classées à 58 % dans le taxon « Herbacées hautes » en 2005, 12 % deviennent des landes mixtes.

2.4.1 Les mutations internes aux pelouses

A propos des herbacées, les taxons de 1998 et 2005 ne sont pas tout à fait identiques. Sur la carte de 1998, il avait été possible de distinguer grâce aux deux images utilisées (sept 1997 et juillet 1998), la permanence ou le changement d'état de ces pelouses (§ 1.4). Ce n'est pas le cas en 2005. La correspondance a été établie de la façon suivante :

Carte physiologique 1998	Carte physiologique 2005
Herbacées hautes au 6/07/98 et basses au 11/09/97	Herbacées hautes au 27/07/2005
Herbacées hautes aux deux dates	
Herbacées rases (nardaies) aux deux dates	Herbacées basses

Tabl. 5. Mise en correspondance des nomenclatures physiologiques issues des images Spot 1997-1998 et de l'image Spot 2005 (Extrait du tableau 2)

Les herbacées hautes ont été distinguées en 1998, au début du mois de juillet et en 2005, à la fin du mois de juillet. La fauche peut être intervenue à la fin du mois de juillet 2005.

Nous pouvons distinguer :

- **Les herbacées hautes permanentes**, ce sont des formations herbacées à forte biomasse chlorophyllienne (mégaphorbiaies, prairies humides) et des pelouses et des prairies non encore fauchées ou pâturées au 27/07/2005. Ce taxon est présent sur l'ensemble des Hautes Chaumes, partout où il y a des pelouses et des prairies.

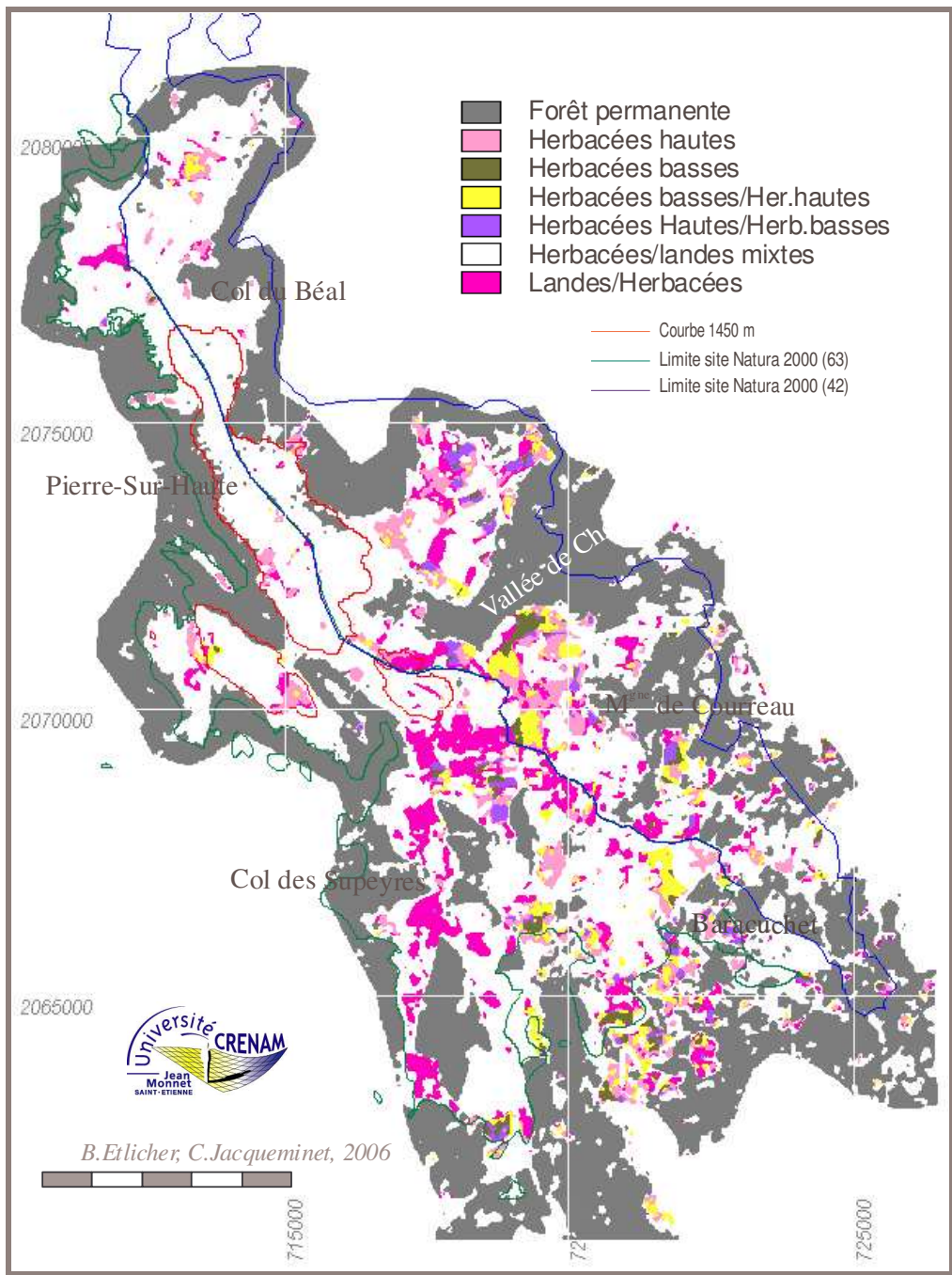


Figure 12 : Evolution des Pelouses herbacées.

- **Les herbacées basses permanentes**, il s'agit de pelouses sèches, plus ou moins envahies par le nard. Cette classe est peu répandue, les parcelles les plus étendues sont à Garnier, sur la montagne de Courreau, au nord des jasseries de Pégrol, aux jasseries du Grand Genévrier et au lieu-dit les Garnais-le Fayt au sud (Fig. 12).
- **Les herbacées hautes devenues basses** : ces pelouses ont connu un moindre développement chlorophyllien en 2005 ou sont pâturées ou fauchées. Sur la carte, fig. 12, elles apparaissent dans la partie est des Hautes Chaumes, à l'est d'une ligne partant de Gros Fumé aux jasseries de la Fayolle. Elles occupent de vastes surfaces sur le plateau du Gros Fumé notamment vers le Gourd des Aillères, les jasseries Renat, de nombreuses clairières du secteur de Baracuchet (Montagne de Baudoux),

les jasseries de Pégrol, le plateau du Goulet, la vallée du Vizézy, Probois et les jasseries de la Fayolle. Il semble assez probable qu'il faille y voir l'empreinte de l'exploitation pastorale soit par pâturage, soit par fauche : sur la carte, les pixels d'herbacées hautes devenues basses, ont la forme caractéristique de parcelles agricoles. Cette classe traduit la fauche, le 27 juillet 2005, on aurait peut-être pu s'attendre à la voir davantage représentée.

- Les herbacées basses devenues hautes** correspondent à des pelouses ayant connu un regain chlorophyllien en 2005 par rapport à 1997 et 1998. Cette classe est présente sur l'ensemble des Hautes Chaumes, depuis le secteur au nord du Béal à la montagne de Baudoux, en passant par Mont Chouvé, les jasseries du Grand Génévrier, les jasseries de Viallevieille, les Gorces mais surtout sur la Montagne de Garnier tout autour de la Roche Gourgon, et vers Bazanne où se trouvent les plus vastes étendues gagnées. Sur la carte, ces pixels appartiennent à quelques parcelles mais en majorité à des entités diffuses au sein du domaine pastoral. On peut ici s'interroger sur les causes de ce regain chlorophyllien : naturelles ou anthropiques. Est-ce le signe d'une déprise conduisant à l'abandon des pratiques de pâture ou de fauche ? Aux communaux, de larges parcelles sont touchées par cette évolution. Les terrains alentours connaissent une progression des landes basses au détriment des landes mixtes. Cette évolution globale sur ce secteur semble attester en effet d'une déprise. C'est la même évolution au Grand Génévrier, où la forêt a reconquis les landes environnantes. Par contre, à Garnier, les herbacées basses devenues hautes s'insèrent dans l'aire des pelouses. Il peut s'agir d'une intensification due à la substitution de prairies artificielles à des prairies naturelles. Par contre à Garnier, sur le secteur de l'Oule et à Croix de Barras, ce faciès est observé au sein de pelouses montagnardes régulièrement pâturées. Nous ne pouvons expliquer ce changement.

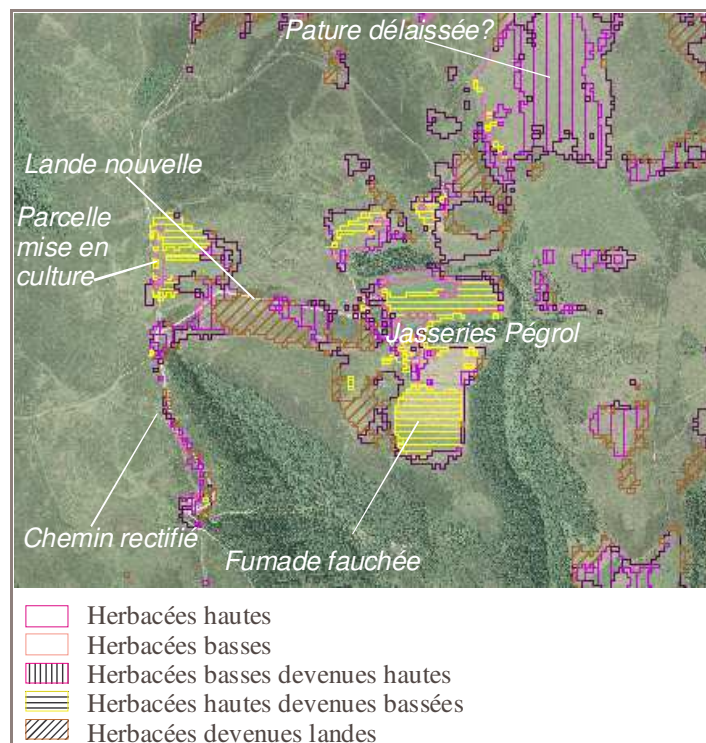


Figure 13 : L'extension des pelouses aux dépens des landes.

L'exemple des jasseries Pégrol : (Pixels reportés sur l'orthophoto de 1999)

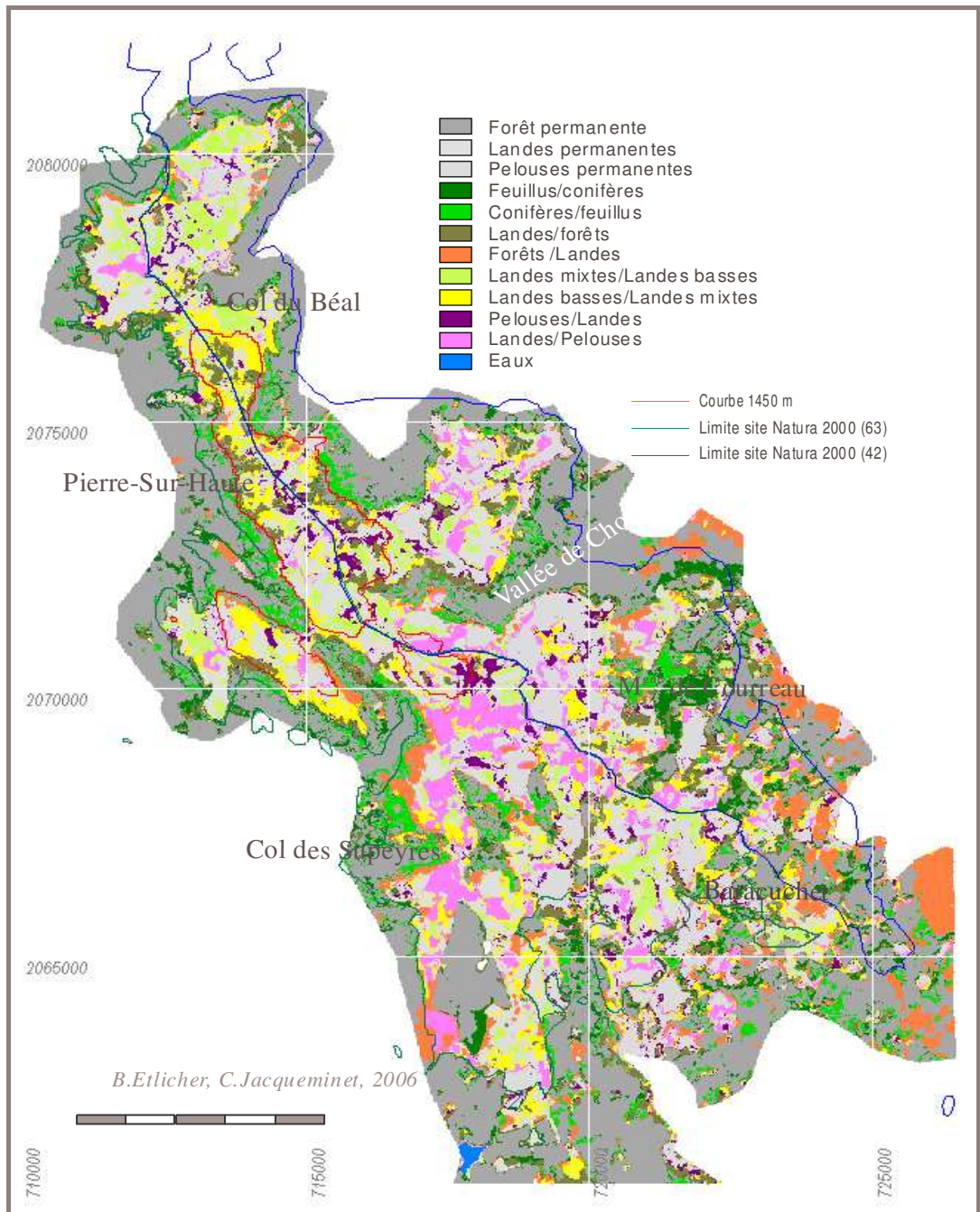


Figure 14 . Evolution globale des groupements végétaux

2.4.2 Les changements entre landes et pelouses.

L'évolution de la pelouse vers la lande se fait largement vers les landes mixtes. Elle affecte l'ensemble des Hautes Chaumes sous la forme d'un pointillisme. La bordure ouest, depuis la montagne de Monthiallier aux jasseries de la Fayolle au sud des Allebasses, n'est pas touchée par ce changement. La progression des landes prend une extension plus importante au nord du col du Béal, du col de la Chamboîte à la Richarde, sur le plateau de Pégrol et Garnier et autour des Gorces.

Le passage des landes aux pelouses se réalise dans les secteurs pastoraux (cf. 2.3.3). La partie allant du col du Béal à Pégrol est épargnée. L'exemple du secteur au Nord des Supeyres donne une bonne illustration de cette évolution (fig. 13). Alors que les landes occupaient l'essentiel de l'espace en 1998, les pelouses et landes mixtes s'étendent très largement autour de la tourbière des Egaux, le long de la piste principale et entre celle-ci et les fumades de Pégrol. Tout cet ensemble se présente aujourd'hui comme une extension de l'ensemble de pelouses de Garnier situé plus au Nord Est.

3 SYNTHÈSE DES ÉVOLUTIONS RÉGIONALES.

Cette analyse permet de dresser un bilan des tendances de l'évolution du tapis végétal sur la période 1998 à 2005 (fig. 14) : la recolonisation forestière se réalise dans les secteurs de landes basses, globalement aux lisières et dans les trouées forestières. Une proportion équivalente de landes basses a évolué en landes mixtes. Ce processus n'est pas inéluctable ! Le comblement des trouées est contrebalancé par l'apparition de nouvelles ouvertures qui sont à leur tour occupées par la lande. Cette recolonisation touche peu les faibles altitudes (1200-1260 m) mais affecte l'étage subalpin. On observe également au sein des massifs forestiers des mutations conifères-feuillus qui révèlent localement la prédominance de certaines espèces sur d'autres.

3.1 Les oppositions nord-sud du couvert végétal.

La carte de synthèse des évolutions rend compte de la variété des changements du couvert végétal. Nous pouvons distinguer deux ensembles majeurs : la partie nord des Hautes Chaumes soumise à une progression de la forêt et des landes et la partie sud, au sud de Gros Fumé et du plateau de Pégrol, où les landes et les pelouses gagnent du terrain. Ces deux ensembles ne sont homogènes, la comparaison des images permet de saisir localement les nuances.

3.1.1 La partie nord des Hautes Chaumes

Le secteur au nord du col du Béal montre une tendance générale à la progression des ligneux sous les formes d'une progression de la forêt au détriment des landes et d'une progression des landes basses au détriment des landes mixtes. Cette évolution est faiblement contrebalancée par le développement des landes à l'emplacement de la forêt et des pelouses au lieu des landes.

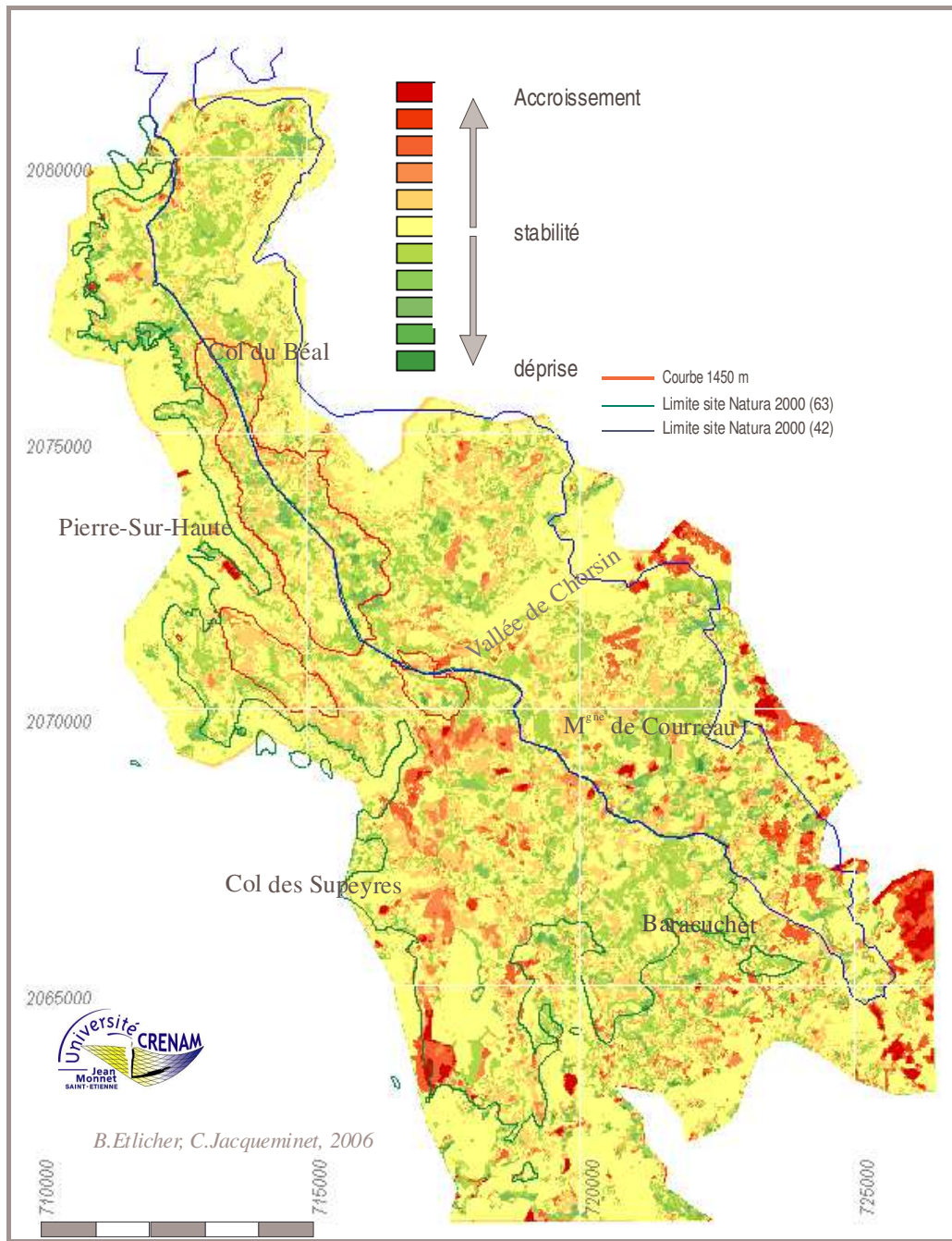


Figure 15: La carte de la pression humaine.

A la Chamboîte, les ligneux colonisent les Grands Rochers mais la progression des landes mixtes au détriment des landes basses est importante.

Du col de la Chamboîte à la Richarde, les ligneux progressent en lisière forestière, l'avancée sur la partie amont de la vallée de Chorsin est remarquable. Si les landes basses évoluent en landes mixtes, les pelouses reculent au profit des landes. Les jasseries de Renat et de Pradoux sont particulièrement touchées. Entre Mont Chouvé et la montagne de Monthiallier, un contraste apparaît entre le N-W, colonisé par les ligneux et le S-E où les ligneux reculent au profit des landes basses et des landes mixtes.

3.1.2 La partie sud des Hautes Chaumes.

On observe également un processus de recolonisation forestière en deux endroits : selon une diagonale allant de Glizieux aux jasseries du Grand Génévrier (fig.16), en passant par Grande Pierre Bazanne et, en lisière des boisements de la partie S-E des Hautes Chaumes. Les communaux situés entre ces deux bandes connaissent une transformation des landes mixtes en landes basses et un regain des herbacées hautes qui semblent traduire une déprise pastorale.

Ailleurs, les évolutions portent sur des changements landes-pelouses. Certains secteurs connaissent localement une progression des landes au détriment des pelouses et inversement. Il s'agit de Gros Fumé et Garnier.

D'autres secteurs, par contre, se caractérisent par le recul des ligneux, observable par le passage de la forêt aux landes, celui des landes basses au landes mixtes et enfin, celui de la lande aux pelouses. Cette évolution est peu contrebalancée par le processus inverse. Elle affecte de larges superficies, sur le versant S-W des Hautes Chaumes, depuis le plateau de Pégrol au sud des Allebasses, en passant par le plateau des Egaux et les jasseries des Supeyres. Sont également concernés : la montagne de Courreau, le plan Chevalat, les jasseries de Viallevieille et de la Fayolle au S-E des Allebasses.

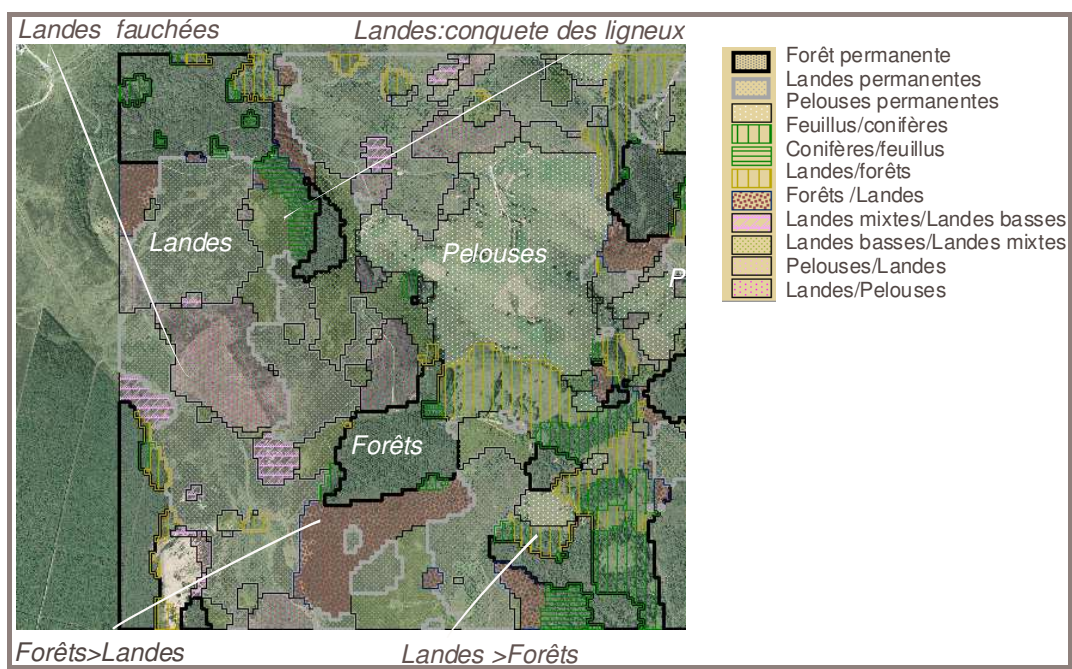


Figure 16: Les évolutions dans le secteur Allebasses- Genévrier.

L'influence des facteurs stationnels sur la déprise ou au contraire l'intensification de l'activité est bien évidemment une thématique classique qui a été explorée (fig.17) La conclusion principale est que ces facteurs semblent secondaires par rapport aux politiques volontaristes mises en place ou par rapport à d'autres facteurs comme le statut foncier ou la structure de celui-ci lorsque l'on considère globalement l'indice ; il est probable qu'une conclusion différente devrait être formulée à partir de l'étude de chacune des évolutions prises séparément.

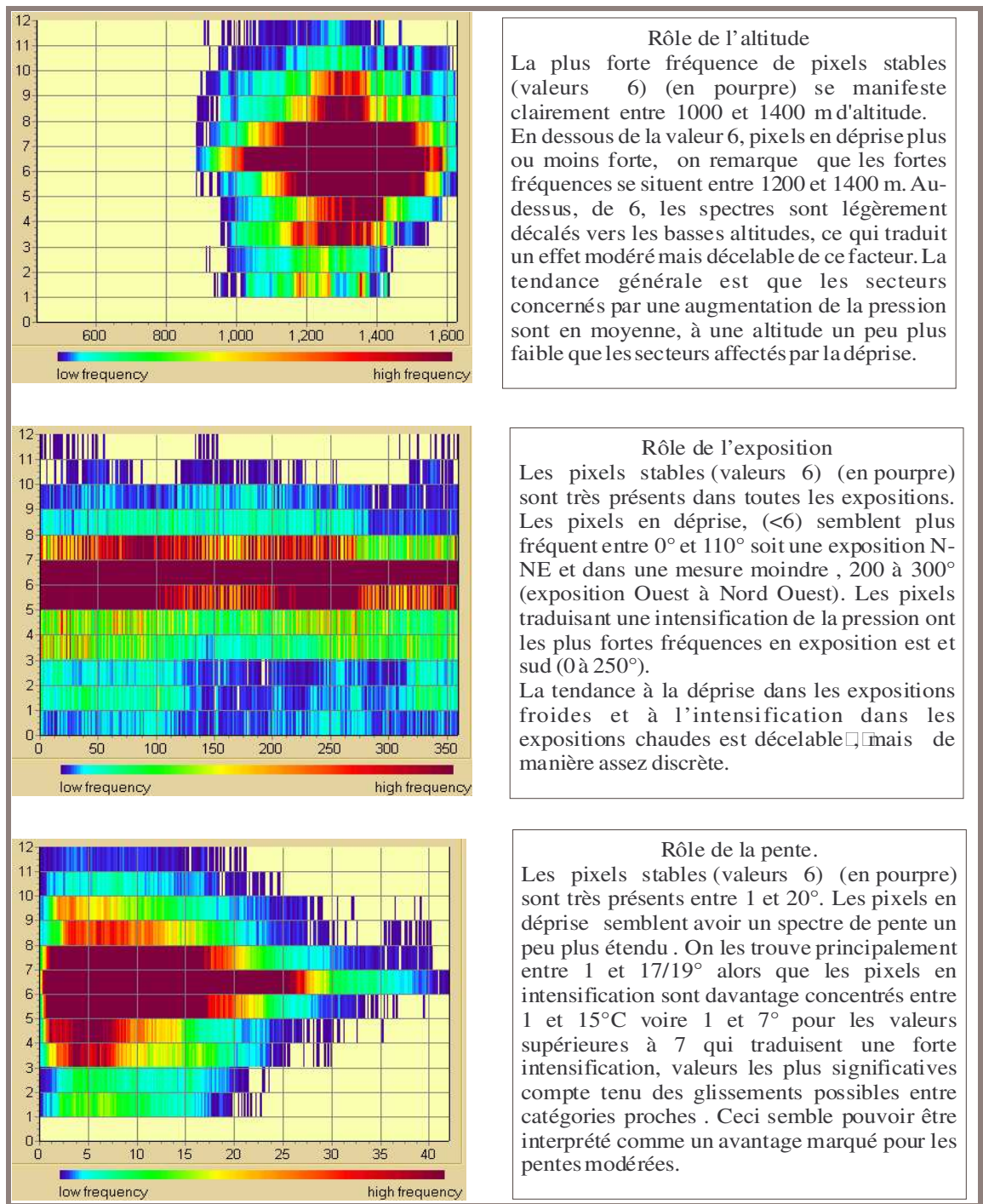


Figure 17: Pression humaine, altitude, pente et exposition

Même l'altitude n'apparaît pas déterminante : les évolutions sont surtout sensibles aux altitudes intermédiaires, 1200 - 1400 m, les altitudes supérieures et inférieures évoluant, semble-t-il, moins rapidement... Une tendance à l'intensification s'observe principalement entre 1200 et 1400 m, alors que la déprise se développe à la fois plus haut en altitude également et parfois plus bas.

Les facteurs pentes et exposition sont peu exprimés également. Il faut largement invoquer le périmètre de l'étude, qui, il faut le rappeler, ne comprend que des surfaces réduites en contrebas du plateau sommital, et que les pentes forestières sont consacrées à la forêt depuis toujours. La pente s'exprime peut être un peu mieux : on voit assez nettement que les tendances

à l'intensification forte (valeurs 7 et au-dessus) se cantonnent en dessous de 10° voire moins pour les valeurs supérieures.

Cette exploration aussi sommaire soit-elle, montre que pour être véritablement interprétable une telle étude doit être menée plus finement.

3.2 Synthèse des changements du couvert végétal par département au sein des limites du périmètre Natura 2000.

3.2.1 L'évolution du tapis végétal dans le Puy de Dôme entre 1998 et 2005 .

Sur le tableau n°5, 50 % de la couverture végétale est affectée par un changement d'état. Ces chiffres, comme il est précisé dans le paragraphe 2.1.1, sont à prendre avec précaution eu égard à la différence de méthode employée pour réaliser la carte de la végétation à chaque date (2 images en 1998, 1 image en 2005) et au changement de résolution du capteur entre 1998 et 2005. Les changements commentés ci-après affectent donc seulement une partie du secteur décrit, ils reflètent avant tout des tendances. Ils sont représentés sur la carte de l'évolution globale des groupements végétaux (fig. 14).

On observe une légère progression de la forêt, celle-ci se réalise au détriment des secteurs de landes basses. Les autres groupements végétaux ouverts ne sont pas touchés. Dans la partie nord, jusqu'au sud de la montagne de Monthiallier, la forêt gagne du terrain en lisière forestière. Au sud, cette progression s'exerce sur le pourtour des massifs forestiers (hêtraie des Supeyres, forêt des Allebasses et les boisements de la vallée de l'Ance).

Des mutations sont perceptibles au sein de la forêt : une progression des conifères à l'intérieur des ensembles forestiers sous la forme de taches (vallée du Fossat, hêtraie des Supeyres, S-E du massif des Allebasses) ; par contre, un regain des formations mixtes et des feuillus sur les lisières depuis le Béal jusqu'au col des Supeyres. La hêtraie des Supeyres est également touchée (cf. § 2.2.1).

Inversement, la progression des landes sur la forêt est visible dans la vallée du Fossat, au S-E de la montagne de Monthiallier, mais ce phénomène est particulièrement étendu au contact de la forêt sur le plateau des Egaux et dans le secteur des Jasseries des Supeyres.

Dans les milieux ouverts, du nord au sud, on observe sur le Béal, dans une proportion égale, par endroits la progression des landes basses au détriment des landes mixtes et par ailleurs, la progression des pelouses au détriment des landes.

Du col du Béal aux burons de la Richarde, les changements perçus indiquent une colonisation des ligneux : des secteurs de landes ont été conquis par la forêt ; des landes mixtes sont devenues des landes basses. La progression des landes mixtes sur les landes basses se réalise également mais affecte moins de surfaces.

Sur la montagne de Monthiallier, on observe deux tendances opposées : sur le flanc occidental, les ligneux s'étendent (les landes basses remplacent les landes mixtes à Mont Chouvé ; au sud du rocher de la Fromagère, la lisière forestière s'étend), par contre à l'est et au sud, les landes remplacent la forêt et les landes basses évoluent en landes mixtes.

Au plat de la Richarde, les landes mixtes succèdent aux landes basses. Inversement, dans le secteur situé entre les Jasseries de l'Oule, le plateau de Pégrol et les jasseries de Garnier, les landes se développent au détriment des pelouses et des landes mixtes se transforment en landes basses.

Depuis le plateau de Pégrol jusqu'à la pointe sud des Hautes-Chaumes, à l'exception de la partie S-E (à l'est de la vallée de l'Ance et au sud du plan Chevallat) on observe une véritable reconquête des pelouses et des landes : des pelouses remplacent les landes ; les landes basses deviennent des landes mixtes sur de larges superficies sur le flanc sud du plateau de Pégrol, sur le plateau des Egaux et les Jasseries des Supeyres. Cette tendance s'ajoute à la reconquête des

lisières forestières occidentales par la lande, processus précédemment cité. Seules les Jasseries de Pégrol échappent à cette évolution : les landes s'étendent au détriment des pelouses et des landes mixtes évoluent en landes basses.

Dans la partie S-E des Hautes-Chaumes marquée par une extension des boisements, malgré la présence de quelques parcelles où les pelouses remplacent les landes, la principale transformation des milieux ouverts observée est le passage des landes mixtes aux landes basses.

	Puy de Dôme Nombre de pixels	Puy de Dôme Pourcentage	Loire Nombre de pixels	Loire Pourcentage
Groupements inchangés				
Forêt	26 560	17.9	46 280	29.1
Lande	35 053	23.5	24 449	15.4
Pelouse	12 798	8.6	17 908	11.3
total	74 411	50	88 637	55.8
Groupements changés entre 1998 et 2005				
Feuillus/conifères	4 318	2.9	10 146	6.4
Conifères/feuillus	6 646	4.5	6 229	4.0
Landes/forêt	10 020	6.7	11 825	7.5
Forêt/landes	7 790	5.2	7 787	4.9
Landes mixtes/ landes basses	10 306	7.0	9 621	6.1
Landes basses / landes mixtes	14 482	9.8	10 607	6.7
Pelouses/landes	5 694	3.8	5 459	3.4
Landes/pelouses	15 010	10.1	8 478	5.2
Total	74 266	50	70 152	44.2
Ensemble	148 677	100	158 789	100

Tableau 5. Evolution des groupements végétaux entre 1998 et 2005 présentée par département dans les limites du périmètre Natura 2000

3.2.2 L'évolution du tapis végétal dans la Loire entre 1998 et 2005 .

Sur le tableau 5, 44 % de la couverture végétale subit un changement d'état. Les mutations analysées secteur par secteur, ne concernent qu'une partie de la surface du secteur étudié et comme indiqué précédemment, ils traduisent avant tout les tendances de l'évolution du tapis végétal. Ces changements sont visibles sur la carte de l'évolution globale des groupements végétaux (fig. 14).

On observe également une colonisation de la forêt au détriment des landes sur la lisière forestière orientale mais également sur le pourtour des boisements isolés du S-E (à l'est de la vallée du Vizézy). Sont particulièrement touchés par cette avancée : la pointe N-E du Béal, le col du Béal, la lisière longeant le secteur allant de Pierre-sur-Haute aux Burons de la Richarde, et surtout le flanc nord et la pointe ouest du bois de l'Oule.

Inversement, on observe une progression des landes sur les lisières forestières, au Béal (contrebalançant ainsi la colonisation forestière au N-E), au nord de Pierre-sur-Haute et sur le

flanc sud du bois de l'Oule. Dans la partie S-E des Hautes-Chaumes, de larges trouées au sein de la forêt, certainement liées à des chablis, sont recolonisées par la lande.

La forêt est affectée par des mutations internes : au sein de taches à l'intérieur des massifs forestiers, les conifères deviennent dominants sur des peuplements de conifères et feuillus. Les reboisements arrivés à maturité, du Pic de Glizieux à Grande Pierre Bazanne, sont classés en 2005 en conifères, le sous-bois plus chlorophyllien n'est plus autant développé qu'en 1998.

Inversement, la progression des feuillus sur les conifères est observée sur les lisières (à la hauteur de Pierre-sur-Haute, dans la vallée du Vizézy et à Glizieux) et à la Roche Gourgon (cf. §2.2.1).

Les espaces ouverts connaissent localement des évolutions contrastées :

Le secteur de Béal est affecté par la progression des landes : ponctuellement des pelouses sont remplacées par des landes, mais la principale évolution observée est le développement des landes basses au détriment des landes mixtes.

Du col du Béal au col de la Chamboite, c'est pratiquement l'ensemble du secteur qui est touché par des mutations physionomiques : de Peyre Mayou à Procher, des bosquets d'arbres ont reconquis la lande. Au N-E, les landes mixtes sont devenues des landes basses. Par contre, dans la partie centrale, sur une large superficie, les landes basses sont devenues mixtes.

Des Burons de la Richarde aux Jasseries de Colleigne, on observe une progression des ligneux bas (des pelouses évoluent en landes ; des landes mixtes en landes basses).

Les changements observés au Gros fumé sont marqués par le progrès des pelouses sur les landes. Localement, la lande se développe au détriment des pelouses et des landes mixtes évoluent en landes basses. Ces secteurs touchés par la colonisation des ligneux bas coïncident souvent avec les tourbières.

Sur le plateau de Pégrol, les pelouses se développent au détriment de la lande. De Garnier au Plan Chevalat, ponctuellement, des secteurs de landes sont devenus des pelouses et inversement. Les landes basses régressent au profit des landes mixtes.

La montagne de Courreau est soumise à une évolution régressive des ligneux : la lande a reconquis des secteurs de forêt, des landes sont devenues des pelouses.

Dans le secteur de Grande Pierre Bazanne, on peut observer la progression des pelouses et des landes mixtes au détriment des landes basses, à l'exception de la tourbière représentée par des ligneux hauts en 2005.

CONCLUSION

Le suivi par images satellitales est un outil sensible pour saisir les mutations du couvert végétal, grâce à son exhaustivité spatiale. Même si la méthode est limitée par une nomenclature composée uniquement de neuf taxons et les biais liés au changement de résolution entre les images comparées, la comparaison pixel à pixel offre un rendu fin de ces mutations dans l'espace.

L'examen des évolutions du couvert végétal soulève la question du rôle joué par les pratiques pastorales. La hiérarchisation des neuf classes observées (moins le taxon eau) en 1998 et en 2005 en fonction de l'emprise de l'homme sur le milieu peut constituer un indicateur des évolutions sur cet espace.

On a considéré que la pression humaine était croissante du taxon 1 au taxon 8 sols nus. Ce classement est certes critiquable dans le détail : s'il est vrai que la sapinière est bien la formation climacique et que le sol nu résulte d'une dégradation ultime (surpâturage, ravinement etc.) Les plantations de conifères par exemple ne peuvent être considérées comme étant la manifestation d'une absence de pression.

Dans la mesure où cette analyse n'a d'autre but que de montrer les évolutions entre les deux dates, cet inconvénient reste mineur. Il faudrait, ce qui sera envisagé ultérieurement, prendre en compte certains aspects, notamment que la formation climacique n'est pas la forêt au-dessus de 1500 m et les formations artificielles.

L'objectif est de montrer qu'entre les deux dates, la pression humaine sur le milieu s'est accrue dans certains secteurs, s'est relâchée dans d'autres. Cette carte mérite d'être comparée à la carte du risque de fermeture des Hautes Chaumes en 1998 (Etlicher, Jacqueminet, 2001) qui visait à prédire les secteurs où le risque de fermeture était le plus important si les évolutions antérieures se poursuivaient. Elle permettra de voir si les évolutions se sont réalisées ou non, et si les mesures mises en oeuvre à la suite de cette prédiction ont permis ou non d'inverser les tendances.

Le document (fig. 14) fait clairement apparaître deux domaines : le Nord où l'accroissement de pression reste modéré, avec beaucoup de secteurs qui sont même en déprise au Nord du Béal et vers la Richarde. L'accroissement de la pression se manifeste surtout à Monthiallier et sur le plateau du Gros Fumé ainsi que dans une mesure moindre au NE du Procher.

En revanche au Sud d'une ligne des Reblats à la Vallée de Chorsin, la situation est beaucoup plus contrastée : à côté de secteur en forte déprise vers Baracuchet, plusieurs secteurs voient la pression augmenter de manière très forte, sur le rebord du plateau coté forézien d'une part, dans la région des Supeyres- Pégron d'autre part, en plein coeur de la zone Natura 2000. Cette évolution mérite bien évidemment d'être affinée mais il n'empêche qu'elle est suffisamment nette pour que l'on s'interroge sur la pertinence des actions menées. Elle n'empêche pas le mouvement de déprise de se poursuivre dans certains secteurs (Baracuchet Bazanne) là où la prédiction de 1998 sur le risque de fermeture était le plus important.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ETLICHER B., JACQUEMINET C., 2001. Hautes Chaumes du Forez, Suivi scientifique, rapport 2000. Parc Naturel Livradois Forez ; 25 p. Inédit.
- JACQUEMINET C., THEBAUD G., 2000 : Caractérisation et suivi de formations de landes montagnardes à l'aide de l'information satellitale, pp. 379-384, dans J.-M. Dubois, R. Caloz, P. Gagnon, La télédétection en Francophonie : analyse critique et perspectives - Actes des VIII^e journées scientifiques de Lausanne 1999. Edit. Agence Universitaire de la Francophonie, Sherbrooke, 463 p.
- RENARD F. et PARIS F., 1985 : Réflexions sur l'aménagement des Hautes Chaumes du Forez d'après la cartographie de sa végétation. Mémoire de fin d'études de Maîtrise Sciences et Techniques, Université de Rennes I, 132 p.
- ROUMET, C., 1985 : Cartographie de la végétation des Hautes Chaumes de la commune de Saint Pierre la Bourlhonne. Mémoire de fin d'études de Maîtrise Sciences et Techniques, Université Rennes I, 105 p.
- THEBAUD, G., 1988 : Le Haut-Forez et ses milieux naturels : apports de l'analyse phytosociologique pour la connaissance écologique et géographique d'une moyenne montagne cristalline subalpine. Thèse d'état Sciences naturelles, Université de Clermont Ferrand II, 330 p.
- TRECUL, C. et DELEFORTRIE, J., 1986 : Cartographie de la végétation des Hautes-Chaumes sur les communes de Job et de Valcivières. Mémoire de fin d'études de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles de Clermont Ferrand, 82 p.
- CREN, Rhône-Alpes, 1996 : carte des habitats Loire- au 1/10 000, digitalisée au 1/25 000 (CREN *rhône-Alpes, document interne*)

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Tableau 1: Caractéristiques des images Spot utilisées pour la réalisation	3
Tableau 2: Mise en correspondance des nomenclatures physionomiques issues des images Spot 1997-1998 et de l'image Spot 2005.....	5
Tableau 3: Correspondance entre la nomenclature physionomique issue de l'image Spot du 27/07/2005 et les typologies de cartographie des Habitats.....	6
Tableau 4: Evolution des classes entre 1998 et 2005.....	9
Tableau 5. Evolution des groupements végétaux entre 1998 et 2005 présentée par département dans les limites du périmètre Natura 2000	31
Figure 1. Carte physionomique de la végétation en 2005	7
Figure 2 : Bilan des évolutions par grande formation végétale.....	11
Figure 3: Les évolutions au sein des massifs forestiers	12
Figure 4: Les Gains de la forêt entre 1998 et 2005	14
Figure 5: Les gains forestiers au nord de Pierre-Sur-Haute	15
Figure 6: Les gains forestiers par tranche altitudinale	16
Figure 7: Les mutations de la forêt en landes et pelouses.....	17
Figure 8: Secteurs boisés redevenus landes et pelouses sur la montagne de Courreau	18
Figure 9: L'évolution aux marges forestières à la Chamboîte	19
Figure 10 : Evolution des Landes.....	20
Figure 11 : Altitude des pixels de landes devenues pelouses ou landes mixtes.....	21
Figure 12 : Evolution des Pelouses herbacées.	23
Figure 13 : L'extension des pelouses aux dépens des landes.....	24
Figure 14 . Evolution globale des groupements végétaux	25
Figure 15: La carte de la pression humaine.....	27
Figure 16: Les évolutions dans le secteur Allebasses- Genévrier.....	28
Figure 17: Pression humaine, altitude, pente et exposition.....	29

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	3
1 LA CARTOGRAPHIE DE LA VEGETATION EN 2005	4
1.1 Caractéristiques des données	4
1.2 Méthodologie du traitement de l'image Spot5.....	4
1.3 Bilan de la cartographie des groupements végétaux.....	8
1.4 Méthodologie de la comparaison multitemporelle 1998-2005	8
2 LE SUIVI DU COUVERT VEGETAL	9
2.1 L'évolution globale 1998-2005.....	10
2.1.1 Précautions méthodologiques	10
2.1.2 Les grandes tendances de l'évolution du tapis végétal	11
2.2 L'évolution de la forêt.....	13
2.2.1 Les mutations internes à la forêt	13
2.2.2 Les gains de la forêt	13
2.2.3 Les reculs de la forêt	18
2.3 L'évolution des landes	19
2.3.1 Les changements entre forêt et landes	19
2.3.2 Les changements internes aux landes	21
2.3.3 Les landes devenues pelouses	21
2.3.4 Des évolutions contrastées selon l'altitude	22
2.4 L'évolution des pelouses.....	22
2.4.1 Les mutations internes aux pelouses.....	22
2.4.2 Les changements entre landes et pelouses.....	25
3 SYNTHESE DES EVOLUTIONS REGIONALES.....	26
3.1 Les oppositions nord-sud du couvert végétal.....	26
3.1.1 La partie nord des Hautes Chaumes.....	26
3.1.2 La partie sud des Hautes Chaumes.	28
3.2 Synthèse des changements du couvert végétal par département au sein des limites du périmètre Natura 2000.	30
3.2.1 L'évolution du tapis végétal dans le Puy de Dôme entre 1998 et 2005	30
3.2.2 L'évolution du tapis végétal dans la Loire entre 1998 et 2005	31
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	34
LISTE DES ILLUSTRATIONS	35