

UNIVERSITE LOUIS PASTEUR
U.F.R. DE GEOGRAPHIE

(INSTITUT DE GEOGRAPHIE ET D'AMENAGEMENT)

3, rue de l'Argonne
67083 STRASBOURG CEDEX

L'EVOLUTION DE
L'OCCUPATION DU SOL
A ENCHASTRAYES

(ALPES DE HAUTE - PROVENCE)
DANS LA PERSPECTIVE DE SES
RELATIONS AVEC LES MOUVEMENTS
DE TERRAIN ET
L'EROSION HYDRIQUE

(PROJET DE RECHERCHE)

Catherine AUGIER

Directeur de Recherche :

M. Le Professeur J.C. FLAGEOLLET

STRASBOURG OCTOBRE 1991

A V A N T - P R O P O S

Je tiens à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce mémoire.

Je remercie tout particulièrement Monsieur FLAGEOLLET qui a structuré ce travail, ainsi que la Mairie d'Enchastrayes et l'O.N.F. de Barcelonnette pour les documents qu'ils m'ont fourni.

Je n'oublie pas tous mes amis de Barcelonnette, surtout Cécile et Philippe qui m'ont souvent accompagnée sur le terrain, et ma mère qui a eu la lourde tâche de taper ce travail.

T A B L E D E S M A T I E R E S

	Pages
INTRODUCTION	5
1ère Partie : LES CONDITIONS DE L'ETUDE	7
1.1. Les travaux antérieurs	7
1.2. Les outils	8
1.2.1. Reconnaissance sur le terrain	9
1.2.1.1. Le domaine alpin	9
1.2.1.2. Les domaines subalpin et montagnard	9
1.2.1.3. Le relief glaciaire	9
1.2.2. Les photographies aériennes	12
1.2.2.1. Les missions utilisées	12
1.2.2.2. Les missions existantes	13
1.2.2.3. Observations	13
1.2.3. Les problèmes soulevés	15
2ème Partie : L'Occupation du Sol	
2.1. Traits généraux de l'occupation du sol	16
2.1.1. L'occupation naturelle des sols	16
2.1.1.1. Le paysage forestier	16
2.1.1.2. La dynamique forestière	18
2.1.1.3. Les espèces dominantes	18
2.1.2. L'occupation anthropique des sols	19
2.1.2.1. Les hameaux et leur vocation	19
2.1.2.2. Le Villard-de-Faucon	20
2.1.2.3. La Chaup	20
2.1.3. Les problèmes de conservation	20
2.2. Les changements observés	21
2.2.1. Les éléments du paysage en 1948	22
2.2.2. Les éléments du paysage en 1974	24
2.2.3. Les éléments du paysage en 1982	24
3ème Partie : PERSPECTIVES METHODOLOGIQUES	
3.1. La représentation des changements spatiaux	30
3.2. Le rôle des changements dans l'érosion géomorphologique	32
3.2.1. L'évolution géomorphologique	32
3.2.2. Le rôle des évènements climatiques	33
3.3. Méthodes d'approche possibles	36
3.3.1. Responsabilité des facteurs	36
3.3.2. La combinaison des facteurs	37
3.3.3. Les facteurs déclenchant des mouvements observés	37
3.3.4. Synthétisation de la notion de facteurs	39
3.3.4.1. Par addition ou superposition	40
3.3.4.2. Par combinaison pondérée	41
3.3.4.3. L'utilisation des résultats	45
CONCLUSION	46
BIBLIOGRAPHIE	47

I N T R O D U C T I O N

Ce travail s'intègre à un programme intitulé : programme EPOCH. Ce dernier a pour thème principal l'analyse spatiale et temporelle des risques de mouvements de terrains dans différentes situations morphodynamiques en Europe.

Le Bassin de Barcelonnette est un des secteurs géographiques retenus avec l'Italie du Sud, l'Espagne ... Le but des recherches est de fixer le rôle des facteurs humain, climatique et tectonique dans le déclenchement des mouvements de terrain. Les différents facteurs se combinent de manière complexe pour aboutir au glissement de terrain.

Ces recherches doivent également mettre en évidence les caractéristiques des phénomènes à différentes dates. Pour cela, il faut s'attacher à une étude diachronique de missions de photographies aériennes et à l'étude systématique de toutes les sources écrites, tant journalistiques que scientifiques.

L'existence de ravinement et de glissements de terrain importants a déjà été signalée dans une carte géomorphodynamique. Cette carte au 1/10.000^e couvre l'ensemble de la commune d'Enchastrayes (fig.1) à l'exception du Vallon de Terres-Plaines qui est isolé du reste du territoire par la crête de la Montagne de l'Alpe.

Dans cette région, des torrents aux larges bassins de réception, dans des terrains sensibles, peuvent se charger en matériaux et devenir dangereux en l'espace de quelques heures.

L'étude qui suit complète en quelque sorte le travail précédent. Elle attire davantage l'attention sur l'occupation du sol et sur son évolution dans le temps. Il faut déterminer les changements survenus dans l'occupation du sol, tant agricoles qu'anthropiques avec le développement des stations de sports d'hiver. On peut considérer que cette évolution joue un rôle important dans l'évolution géomorphologique du secteur sur les terrains de montagne, les surfaces exploitées par l'agriculture ont considérablement diminué. Ils n'en constituent pas moins les zones morphoclimatiques les plus sensibles. Si les travaux de restauration, principalement de reforestation, y ont fait régresser l'érosion due au ruissellement, on y relève néanmoins de nouveaux dégâts causés par l'urbanisation des sommets pour les sports d'hiver.

Pour parvenir à cartographier l'occupation du sol, les photographies aériennes constituent de précieux témoins de la surface de la terre, à des dates bien déterminées. Leur comparaison met en évidence les changements survenus, pour des objets identifiables, sur des clichés d'époques différentes. Ces documents sont une source inépuisable d'informations et aussi ont-ils servi de base aux cartographies antérieures.

précieuse

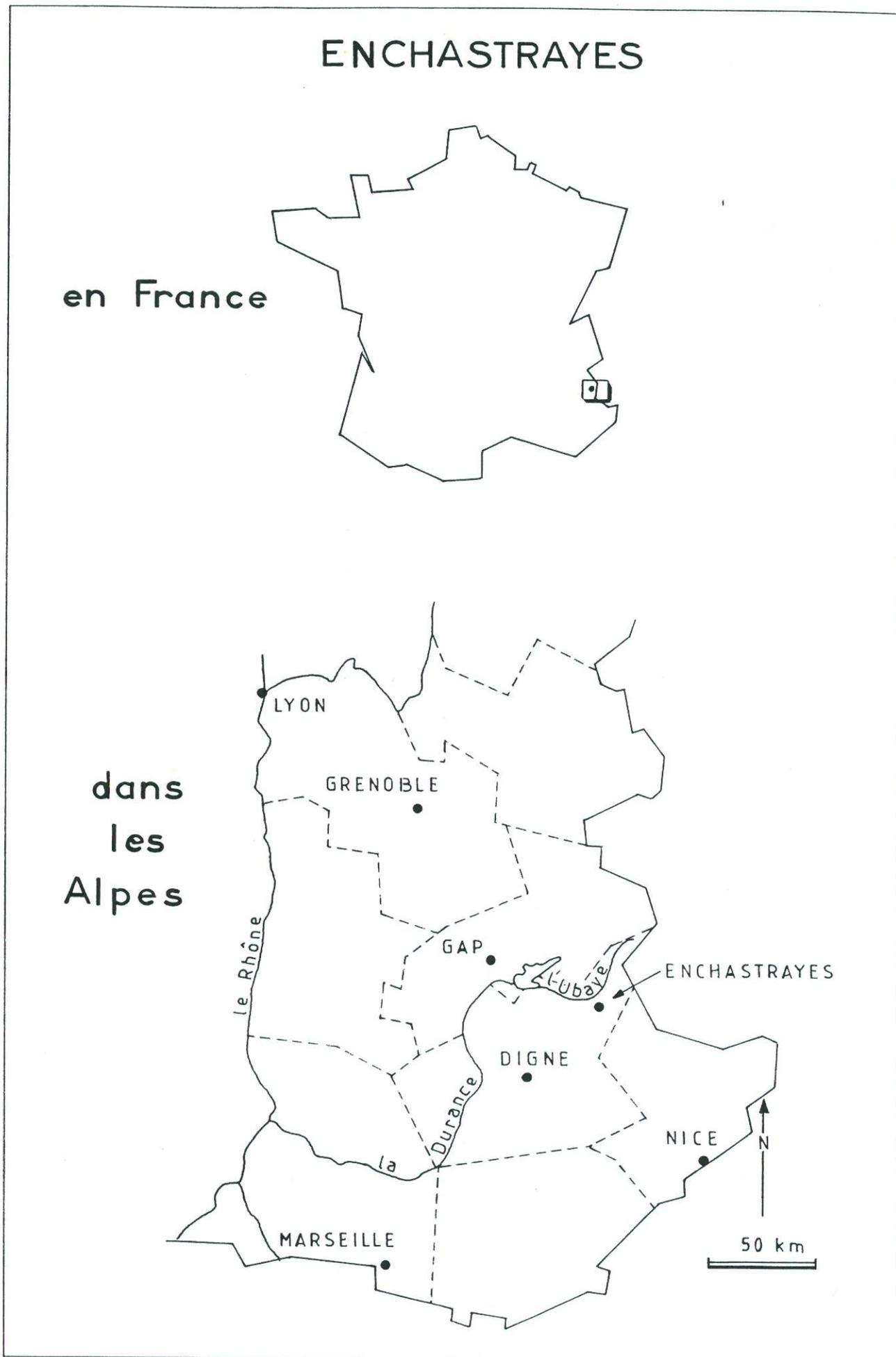


Figure 1

lère Partie : LES CONDITIONS DE L'ETUDE

Pour replacer cette étude dans son contexte géographique, il convient de présenter brièvement le milieu.

Enchastrayes, petite commune du Sud-Est du Bassin de Barcelonnette, s'étend sur 4262 hectares. La commune est établie sur une vaste cuvette dominée par une crête à l'Est. Cette dernière est constituée par les sommets de la Croix de l'Alpe (2593m), de la Tête Dure d'Enchastrayes (2653m), du Vallon Julien (2775m), de la Rouchinière (2718m), du col de Fours (2314m), des Brec Premier et Brec Second (2540m et 2596m) et du Chapeau de Gendarme (2685m).

Cette crête adoucie par l'érosion aboutit en contre-bas à un vaste plateau incliné en forme de cirque. Ce plateau est exposé au Nord/Nord-Est et Nord-Ouest. Il constitue le domaine skiable à partir du Sauze (1400m) jusqu'aux sommets.

Au-dessous de cette altitude, se trouve le secteur d'érosion de la rivière Ubaye, zone caractérisée par des ravins abrupts en état de dégradation lente mais constante.

Le territoire communal est limité à la base par le cours de la rivière Ubaye entre 1150m et 1200m d'altitude.

Cette étude n'inclue pas la rive Ouest du Vallon de Terres Plaines, vallon d'orientation générale Nord-Est comprenant de vastes alpages en pente douce s'étendant jusqu'à 1950m.

Ce secteur a fait l'objet d'une cartographie géomorphodynamique en 1990 et, au cours de cette étude, d'une cartographie de l'occupation des sols à l'aide d'outils essentiellement photographiques.

1.1. Les travaux antérieurs

Une carte géomorphodynamique a été réalisée en 1990 à partir des cartes géologiques et ZERMOS ainsi que la mission de photographies aériennes I.F.N. 04, 1982. Cette cartographie a été appuyée par une observation d'environ un mois sur le terrain en 1989. Cette dernière a permis de vérifier la nature des éléments du paysage. C'est une carte d'inventaire des éléments géomorphologiques du secteur, qui donne une idée relative de leur dynamique. Le choix de l'échelle, à savoir le 1/10.000^e, a conditionné une capacité de représentation supérieure aux cartes précédemment établies.

Trois couleurs prédominent sur cette carte : le gris, le rouge et le bleu.

Au grisé, sont associées toutes les formes « éteintes » du paysage. Ces formes sont, dans la majeure partie des cas, le résultat du passage des glaciers würmiens. Il s'agit aussi bien des glaciers rocheux éteints, de protalus rempart, que de moraines latérales. A ces vestiges du Quaternaire, s'ajoutent les tabliers d'éboulis stabilisés. Leur stabilisation a deux origines possibles : soit, ils ont ennoyé les abrupts rocheux qui les alimentaient, soit, ils ont été conquis par une végétation pionnière. La différence entre ces éléments a été précisée par des figurés distincts.

Toutes les teintes s'étalant du rose au rouge, en passant par l'orange, sont associées à la dynamique actuelle du paysage. Contrairement au gris, ces couleurs ont été choisies pour trancher afin de bien localiser les secteurs considérés en évolution.

Le bleu, enfin, est associé à tout ce qui concerne l'eau. Il s'agit aussi bien du réseau hydrographique que du ravinement des formations en place. Il avait été possible de détailler le ravinement en laissant apparaître la régression amorcée dans les chenaux principaux et son évolution vers l'amont.

Une quatrième couleur a été surimposée. Elle ne concerne en rien la morphologie du secteur. Le vert traduit sur la carte l'extension du couvert forestier, sans distinction d'essences ni d'état de la végétation.

Cette cartographie ne permet pas de décrire le pouvoir stabilisateur de la végétation. Elle ne laisse pas paraître s'il s'agit d'une forêt malade ou s'il n'y a pas un risque d'éveil du ravinement et peut-être même de mouvements de masse.

malade
La forêt est le seul élément végétal représenté. Mais, cela ne permet pas de déduire un quelconque rôle au sein de la conservation des sols. On ne sait pas s'il s'agit d'une forêt naturelle. Pourtant, on sait que l'homme a employé ses forces à la reforestation. Son oeuvre accompagne de nombreux aménagements le long des torrents, du type enrochement, endiguement et construction d'épis.

Une cartographie plus précise de l'occupation des sols est donc souhaitable. Il est nécessaire de faire apparaître l'emprise de l'homme sur les versants de la commune du point de vue agricole et urbanistique. La connaissance de ces éléments devrait permettre la mise en évidence de leur impact sur le milieu.

Pour aboutir à ce résultat, il fallait s'appuyer sur un certain nombre de documents. Pour cette étude, c'est essentiellement la comparaison de différentes missions de photographies aériennes qui a été utilisée.

1.2. Les Outils

Pour connaître le paysage actuel, des levés directs sur le terrain s'imposent. L'étagement des formes, celui de la végétation et dans une certaine mesure des aménagements anthropiques s'analysent principalement grâce à des facteurs physiques. Trois facteurs principaux peuvent être cités ici : la lithologie, la structure et le climat.

L'occupation du sol sera reprise plus loin. Le paysage est marqué par un étagement des formes en fonction de l'altitude et de la lithologie. Mais, il a surtout été marqué par le passage des glaciers au Würm. L'étagement peut être décrit en trois domaines observables :

les domaines alpin, subalpin et montagnard.

1.2.1. Reconnaissance sur le terrain (fig.2)

1.2.1.1. Le domaine alpin

Le domaine alpin est caractérisé par les falaises massives alimentant les écroulements et les éboulis. Les calcaires ont été mis en saillie par l'érosion qui les a libérés de leur enveloppe de flyschs. Au niveau des crêtes, on relève des pentes comprises entre 30 et 60°, mais elles peuvent atteindre 90° dans les falaises taillées dans les calcaires.

1.2.1.2. Les domaines subalpin et montagnard

Les domaines subalpin et montagnard caractérisés par les flyschs noirs et les marnes noires, présentent une topographie de bad-lands caractéristique. Les entailles des versants dans les terres noires, par les torrents drainant la commune sont à l'origine de l'incision régressive générant le ravinement.

Des coulées accompagnent régulièrement les affleurements de terres noires, parfois sur des surfaces considérables. Le matériau les constituant provient le plus souvent de l'affleurement. Mais, certaines coulées prennent naissance à la base des replats glaciaires entraînant dans leur mouvement des portions d'affleurements de flyschs ou de calcaires glissés en masse.

Les cônes de déjection ont souvent une taille disproportionnée par rapport au débit des torrents qui les ont édifiés. Citons ici le cône du torrent des Galamonds qui réunit les torrents de Bourre, d'Enchastrayes et du Sauze et le cône du torrent de Poche.

L'explication de phénomène n'est possible qu'en tenant compte de la nature du substratum et du climat. Le bassin de réception est généralement creusé dans les éboulis post-glaciaires ou moraines ; le chenal d'écoulement est entaillé dans les flyschs à Helminoïdes et le cône de déjection s'étale sur les terres noires. Le climat et l'altitude sont responsables de la pauvreté du couvert végétal et les pluies d'été bien que rares sont très violentes.

Il en résulte de véritables coulées de boues qui dévalent le chenal d'écoulement pour s'étaler dans la vallée où elles vont être remaniées par le ruissellement.

1.2.1.3. Le relief glaciaire

La période glaciaire a marqué le paysage par une topographie particulière. Seules les lignes de crêtes devaient émerger des glaces. (fig.3)

aux dépens d'une surface d'érosion / l'incision régressive / Vallée.

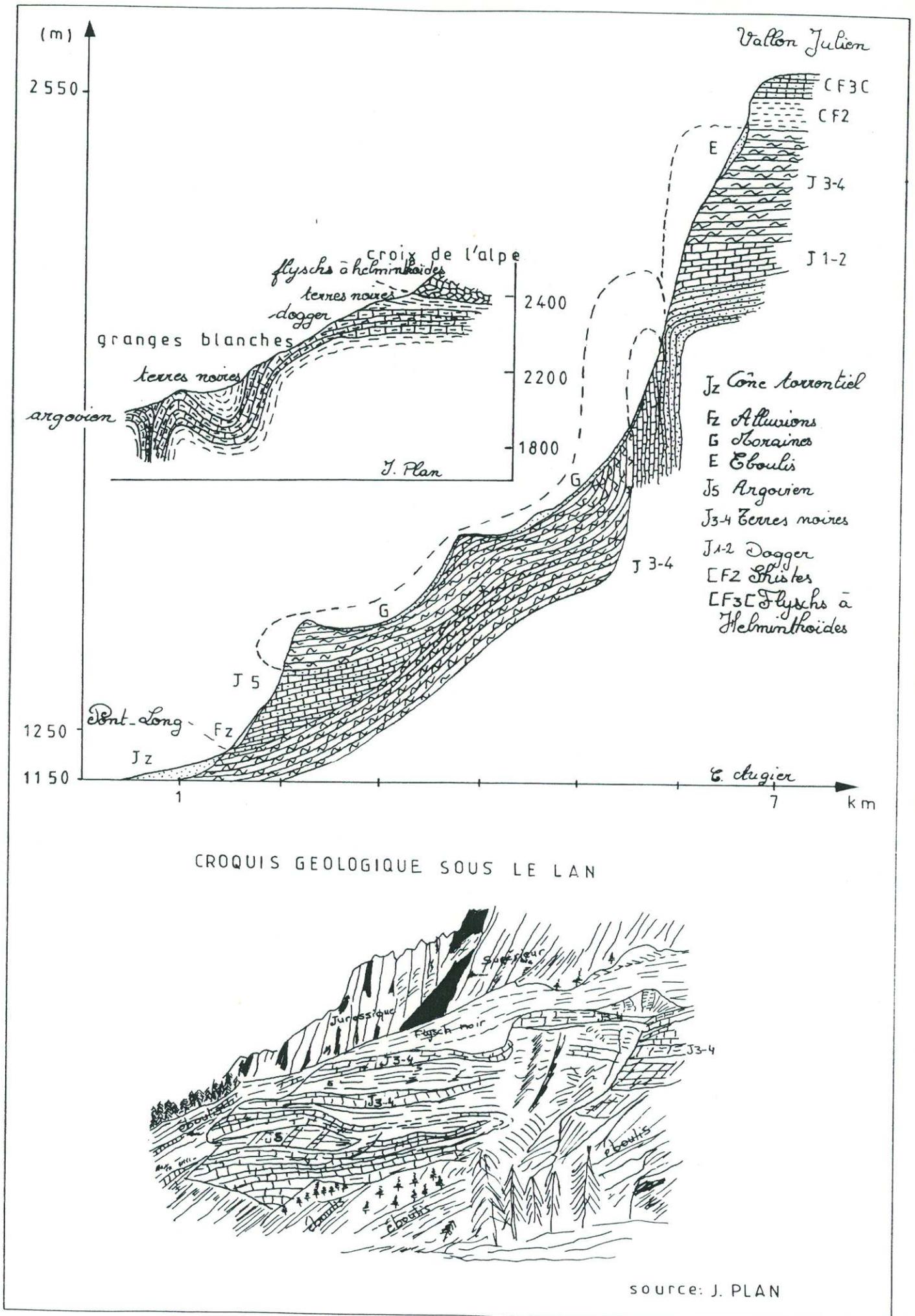


Figure 2

REPARTITION DES TERRAINS GLACIAIRES

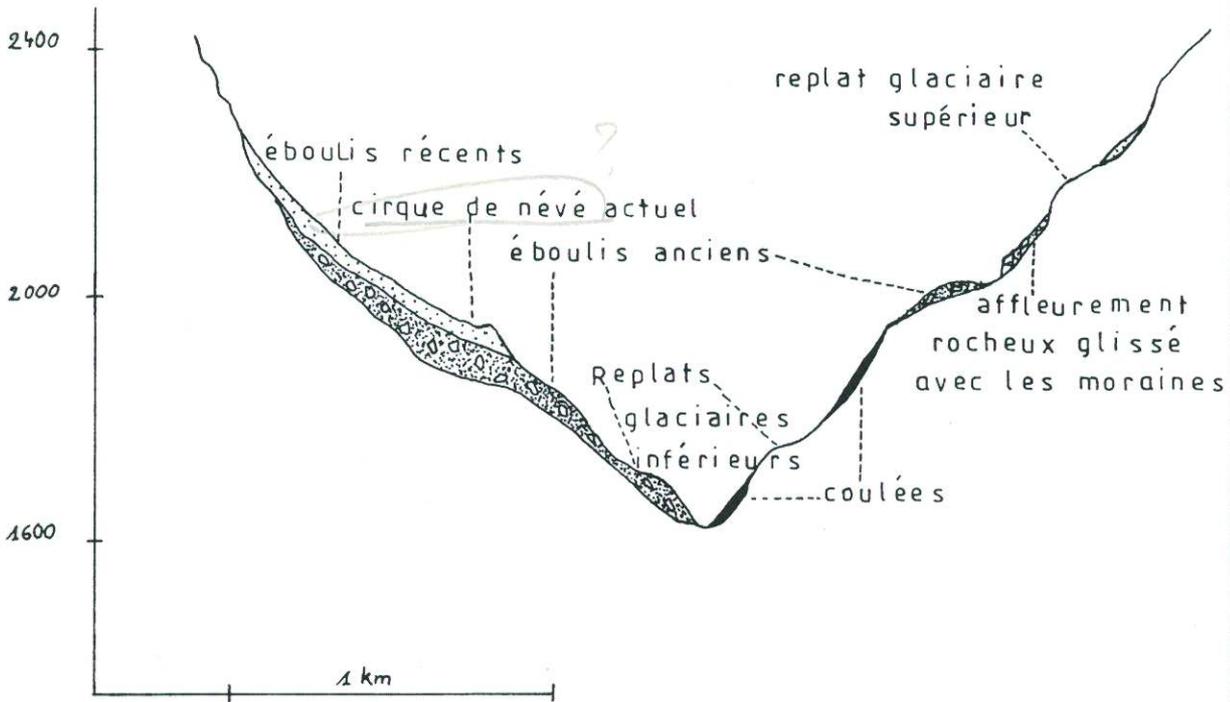


Figure 3

Les formes du domaine alpin (altitude supérieure à 2000m) sont héritées pour les cirques glaciaires, et retouchées par l'action cryonivale. Les versants présentent des lobes de gélifluxion affectant la prairie alpine. Les formations de versant mises en place pendant la dernière glaciation, se déplacent sous l'effet de la gélifluxion. Appartenant au même domaine, sont observables un certain nombre de glaciers rocheux.

Les uns se distinguent par leur aspect en bourrelets en arc de cercle orientés dans la pente. Ils sont totalement couverts de prairie. Les autres, à des altitudes légèrement inférieures apparaissent comme un amoncellement chaotique de blocs. Un détail les unit ; ils sont tous localisés au fond de dépressions.

Le retrait des glaciers a été suivi par l'ébouilisation des flyschs à Helminthoïdes sous la Tête Dure d'Enchastrayes et dans les calcaires sous le Chapeau de Gendarme.

Dans les domaines inférieurs, c'est le ravinement torrentiel qui prédomine. Autour de 1700m, il a laissé intacts des replats bien délimités par des ruptures de pente. Au niveau des Terres Noires, les replats sont moins bien individualisés, mais facilement repérables : Enchastrayes, la Conche et le Sauze.

*Vestiges d'une
vallée ancienne
ou glaciaire ?*

L'ensemble des domaines cités est affecté par les glissements de terrains générés par les circulations d'eau entre les assises rocheuses et l'Autochtone marneux. On observe le même phénomène au contact entre les moraines et les marnes. Mais tous les mouvements déclenchés ne sont pas profonds. On peut également observer des mouvements superficiels liés à la saturation des terrains lors du dégel.

L'ensemble de ces éléments fait partie de l'observation directe sur le terrain, mais les levés ne permettent pas de poser les limites des différents éléments, notamment lorsqu'ils sont de grande ampleur.

1.2.2. Les photographies aériennes

Les photographies aériennes permettent de tracer les limites des formes et des formations, et mieux encore, elles mettent en évidence l'existence de changements. En effet, la comparaison de missions de photographies aériennes d'époques différentes est susceptible d'apporter des renseignements en ce qui concerne l'évolution de l'occupation des sols.

Pour cette étude, il a été possible de travailler sur deux missions complètes et sur un secteur d'une troisième.

1.2.2.1. Les missions utilisées

blan
La couverture 04 I.F.N. 1982 qui a déjà servi pour la cartographie géomorphodynamique a été reprise. Cette fois, notre attention s'est portée sur l'occupation des sols. Lors des recherches aux archives de l'O.N.F. de Barcelonnette, d'autres missions ont été trouvées. La première, incomplète, est celle de 1974. Son avantage : elle est à la même échelle que celle de 1982, soit au 1/17.000^e. Même s'il ne s'agit que d'un secteur restreint de la commune, notamment le bassin de réception du torrent du Sauze, une comparaison avec la mission de 1982 peut être utile. Elle va permettre de mettre en évidence les changements survenus entre les deux dates. Le résultat de cette comparaison déterminera la validité de la méthode. Dans le cas où cette dernière est jugée positive, on peut envisager une extension à l'ensemble du territoire étudié.

Une troisième mission est disponible : la mission 04 I.F.N. 1948. L'inconvénient de cette mission est son échelle au 1/30.000^e (Mission Guillestre - Allos - clichés 136 à 140 et 154 à 160). Mais elle a l'avantage d'être complète.

La représentation n'a pas pu être établie à la même échelle, mais on peut malgré tout reconnaître les différents secteurs et comprendre leur évolution.

Par exemple, en 1948, le torrent de Poche était totalement dépourvu de boisements sur sa rive gauche. Le Villard-de-Faucon était occupé dans son ensemble par les cultures, il en est de même pour les rives du torrent des Galamonds.

D'autres transformations peuvent être relevées, mais elles sont surtout de l'ordre des aménagements anthropiques.

1.2.2.2. Les missions existantes

Les missions utilisées font parties de la longue série existante sur le territoire étudié. A l'heure actuelle, il en existe neuf en panchromatique.

Années	Echelles	Mission
1948	1/30.000 ^e	Allos-Guillestre
1956	1/25.000 ^e	Nyons-Larche
1971	1/30.000 ^e	Barcelonnette 04
1973	1/17.000 ^e	Barcelonnette 04
1974	1/17.000 ^e	Barcelonnette 04
1978	1/30.000 ^e	Barcelonnette 04
1982	1/17.000 ^e	Barcelonnette 04
1987	1/30.000 ^e	Barcelonnette 04
1988	1/30.000 ^e	Barcelonnette 04

Si pour la cartographie géomorphodynamique, les photographies ont été utilisées pour connaître l'extension des phénomènes, pour celle de l'occupation des sols, elles fournissent la localisation exacte de chaque élément.

Pour la reconnaissance des différents éléments, il faut tenir compte de la date de prise de vue. Ceci est important si l'on observe l'occupation végétale du sol.

Cette date peut être déterminée par photo-interprétation. Il n'est pas possible de l'obtenir par l'intermédiaire de l'I.G.N.

1.2.2.3. Observations

On distingue un certain nombre de types d'occupation du sol. Chacun de ces types est reconnaissable par un certain nombre de critères.

La forêt : Elle est facilement reconnaissable sur le secteur étudié. Elle est essentiellement constituée de résineux et apparaît très foncée sur les clichés. Pour distinguer l'essence principale qu'est le mélèze, il vaut mieux disposer d'une mission prise à la chute des aiguilles, en automne, ou au printemps quand les feuilles de l'arbre sont encore d'un vert très tendre.

L'inconvénient d'une mission réalisée en automne, c'est que la neige peut déjà camoufler une partie du reste de l'occupation des sols.

On préférera, par conséquent, une mission réalisée au printemps après la fonte des neiges.

Pour une meilleure connaissance des essences, un levé sur le terrain se révèle indispensable.

Les prairies d'altitude et les alpages : Prairies et alpages, comme leurs noms l'indiquent, appartiennent à l'étage alpin. Elles se cantonnent entre la limite forestière, à la limite des prés-bois à mélèzes et les sommets où la végétation est totalement absente ou clairsemée. En effet, les conditions climatiques rudes de ce paysage n'empêchent pas quelques espèces de conquérir les tabliers d'éboulis et même parfois les grands écroulements.

Les champs et les prés de fauche : Les champs et les prés de fauche sont à des altitudes inférieures. Ils s'étendent de la limite du couvert forestier jusque dans la vallée.

Les champs de ce secteur sont des parcelles de petites dimensions afin de limiter les pertes de matériaux lors des précipitations orageuses. On n'aura aucune difficulté à les distinguer sur les photographies aériennes.

Les prairies de fauche correspondent au reste du territoire non boisé, et, contrairement aux champs, ne sont pas marquées par un parcellaire visible.

Les pistes : Les pistes s'étendent à partir du Sauze jusqu'aux sommets. On ne peut les distinguer ni des prairies de fauche, ni des alpages. La plus simple raison étant que le domaine skiable s'est développé sur des parcelles appartenant aux exploitants agricoles. Les seules choses qui puissent mettre en évidence l'existence de ces pistes sont tous les aménagements du domaine skiable, c'est à dire toutes les remontées de pente. Au-dessus du Super Sauze, on identifie leur présence par des couloirs défrichés sur le versant.

L'Immobilier : La reconnaissance de l'immobilier ne pose aucun problème. La vue stéréoscopique permet même de distinguer les immeubles du pavillonnaire.

Les routes, les chemins et les sentiers : La distinction entre les différentes voiries est parfois délicate. Le problème vient de la couleur des terrains sur lesquels ils sont édifiés.

Certains éléments plus ponctuels vont être relevés. Mais, dans tous les cas, l'observation des photographies aériennes n'est pas suffisante. Elle doit absolument être complétée par des contrôles sur le terrain. Seuls, ces derniers peuvent permettre d'établir une cartographie complète et précise d'un secteur.

1.2.3. Les problèmes soulevés

X
Le problème le plus important de la photo interprétation a été souligné précédemment. Il se pose essentiellement dans le cas d'une étude comparative : le problème d'échelle. L'idéal serait de pouvoir reporter les limites observées sur la photographie sur un fonds à échelle constante. Mais, cela est difficile pour plusieurs raisons. La première concerne les déformations géométriques de la photo. On n'est à la verticale qu'au centre de la photographie. Plus on s'éloigne du centre, plus les déformations sont importantes. Il y a une raison plus simple : les différentes missions couvrant le secteur étudié sont à des échelles variables.

Pour la représentation de l'occupation des sols de la commune d'Enchastrayes, il a été utilisé un stéréosketchtransfertscope. Même si l'utilisation de cet appareil permet une représentation plus précise, on a toujours les problèmes de déformation. On ne peut que très difficilement reporter les observations sur un fond topographique de base. L'utilisation d'un autre appareil, le stéréozoomtransfertscope est peut-être souhaitable, mais cela reste à vérifier.

Il serait intéressant pour les travaux à venir d'effectuer une étude plus approfondie en utilisant une méthode photogrammétrique. Cette étude permettrait notamment de déterminer des vecteurs de déplacement à partir d'objets facilement repérables sur la photographie.

Ce type de procédé est conseillé et utilisé lors du déclenchement de phénomènes naturels. Mais, ne peut-on pas également envisager le suivi d'un mouvement de terrain dans l'histoire ?

Pour le secteur étudié, deux torrents pourraient être concernés par ce type d'étude. Il convient de rappeler qu'Enchastrayes tire son nom du latin incastratus qui signifie emboîté, reserré. La commune l'est effectivement par deux torrents qui, au siècle dernier la dévastaient souvent et qui évoluent actuellement en glissements de terrain.

Je cite ici le torrent de Poche à l'Est du territoire communal et le torrent du Sauze à l'Ouest.

*voir au Téléph
à la voy*
*Ce n'est pas
votre problème*

2ème partie : L'OCCUPATION DU SOL

En France, le ruissellement provoque la dégradation morphogénique des sols. Les Alpes constituent pour ce phénomène un terrain de prédilection. C'est à l'origine de la décision d'adoption de lois sur la restauration des terrains en montagne (R.T.M.) à la fin du XIXème siècle et des grands reboisements qui en ont résulté. Ces derniers ont déjà montré leur efficacité par la diminution de l'érosion en montagne. Les conditions climatiques rudes sont plus favorables à la forêt qu'aux exploitations humaines qui ont du mal à la concurrencer.

2.1. Traits généraux de l'occupation du sol

L'occupation des sols du secteur d'étude est partagé entre les terrains agricoles cultivés, les prairies de fauche, les alpages et les espaces boisés. Depuis les années 1930, une nouvelle emprise s'est développée avec les sports d'hiver.

Les prairies de fauche et les alpages sont soumis à l'implantation d'un complexe hôtelier et de résidences secondaires.

Type d'occupation en 1990	Surface
- Prairies entretenues	50%
- Céréales et divers	5%
- Forêt de mélèze	30%
- Eboulis impraticable	15%

2.1.1. L'Occupation naturelle des sols

La température est le facteur principal de l'étagement de la vie sur les pentes de la montagne. On peut établir un schéma de l'étagement de la végétation en bandes horizontales. Les associations de végétaux se distribuent selon l'altitude et le substratum.

2.1.1.1. Le paysage forestier

Les forêts, par les produits qu'elles livrent à la consommation, par leur action météorologique, par leur influence sur la conservation des sources, présentent un intérêt considérable. Sur les pentes des hautes montagnes, leur importance revêt un caractère spécial de par leur nécessité.

A L P I N

2000 m

S U B A L P I N

1700 m

M O N T - A G N A R D

1000



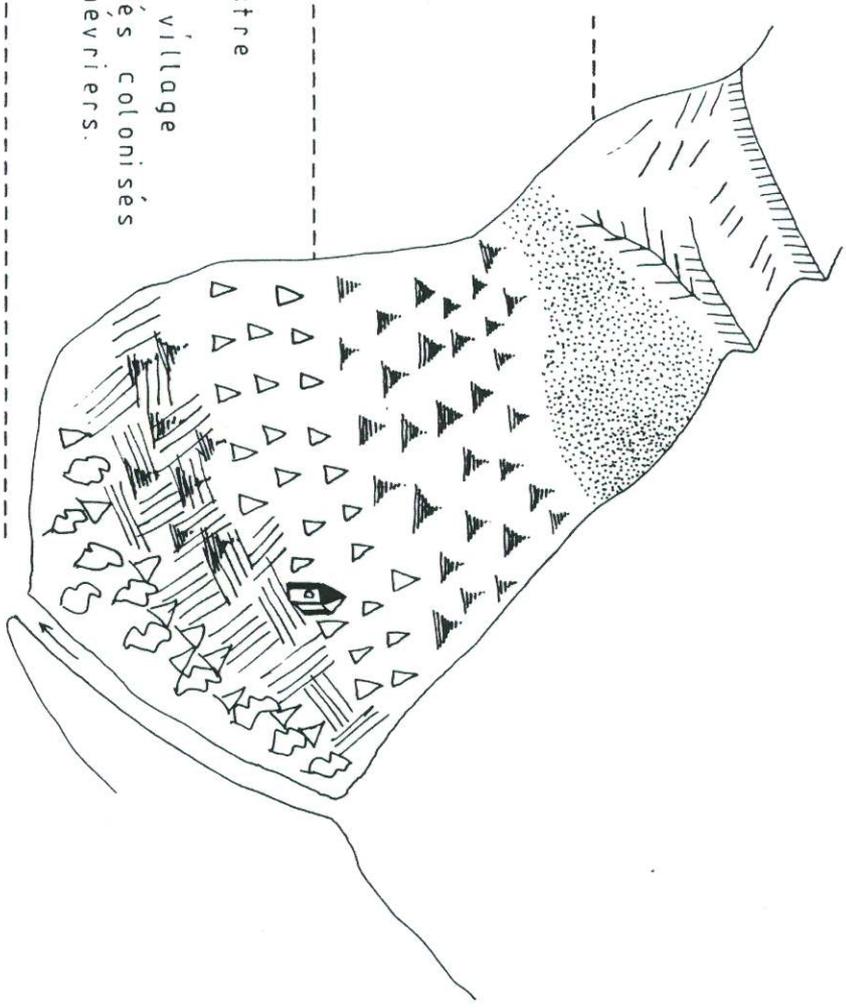
rochers
éboulis

pelouse

mélèze

pin sylvestre

champs et village
anciens près colonisés
par les genevriers.



ETAGEMENT
DE LA VIE (ubac)

Figure 4

P. Augier

Trois éléments majeurs caractérisent les paysages forestiers de la région. Les résineux représentent 95% de la couverture forestière. Leur répartition varie en fonction de l'exposition et de la volonté humaine, puisqu'une part importante de ces boisements est d'origine artificielle.

2.1.1.2. La dynamique forestière

La dynamique forestière est très importante et l'extension des surfaces boisées s'est fortement accrue au cours des 150 dernières années. Tous les dix ans, un inventaire forestier est réalisé à l'échelle nationale. Le dernier en date est celui de 1986. Il décrit la couverture forestière de chaque région de manière détaillée.

Pour la vallée de l'Ubaye, il donne les chiffres suivants par essence :

Mélèze d'Europe	10.200 ha
Pin Sylvestre	8.700 ha
Epicea commun	2.600 ha
Sapin Pectiné	2.000 ha
Pin à Crochet	1.200 ha
Pin noir d'Autriche	600 ha
(principalement sur les adroits ravagés par les torrents)	
Pin Cembro	350 ha
Hêtre	350 ha
autres feuillus	1.000 ha

Pour la commune d'Enchastrayes, la proportion d'arbres reste la même.

2.1.1.3. Les espèces dominantes

Le pin sylvestre et le mélèze couvrent à eux seuls plus des deux tiers des surfaces boisées du secteur étudié.

Le mélèze que l'on rencontre très bas sur les pentes d'Enchastrayes et qui pousse en bouquets ou isolé au-delà de 2000 m est une espèce pionnière.

Ce cousin du cèdre escalade les ubacs. Il est exigeant en lumière. C'est un arbre conique pouvant atteindre 20 à 30m.

Sa croissance est rapide et il est très longévif. Des individus de 8 à 10 siècles ont été trouvés dans une vallée voisine. Son écorce épaisse est de couleur brun-rouge. Elle le rend très résistant au froid en s'associant au fait qu'il est un des rares conifères à perdre ses feuilles.

Son feuillage est capable d'évacuer autant d'eau qu'un feuillu. Ceci explique sa répartition en haute montagne. Il supporte parfaitement les grandes teneurs en eau des substrats marneux et morainiques au moment de la fonte des neiges.

Du fait de sa grande longévité, il devient intéressant pour la dendrogéomorphologie. Dans le Vallon de Gialorgues, on a pu remonter grâce à l'étude des cernes annuelles des mélèzes jusqu'en 1320.

Biblio?

Dans son jeune âge, le mélèze craint la concurrence de la végétation herbacée et arbustive. Cela lui a valu son qualificatif de pionnier des terrains qu'il colonise : les couloirs d'avalanches sous la Tête Dure d'Enchastrayes, les pelouses écorchées par le pâturage au-dessus de la Rente et du Super-Sauze, les talus des chemins et les glaciers pierreux où le matériel fin a été emporté, sous le Queiron et sous le Brec Second. Les semis de mélèzes sont absents dans les sous-bois du mélèze. Par contre, le dernier constitue une excellente réserve d'herbe fraîche pour le passage des troupeaux transhumants.

Le sapin pectiné et l'épicéa se comportent comme des espèces post-pionnières au sein de ce mélézin. On les rencontre jusque 2000 à 2100 m d'altitude.

Des feuillus accompagnent ces résineux sur l'ensemble de la commune. Ces diverses essences, sont isolées ou en bouquets à des altitudes et des expositions variables. On trouve des alisiers blancs, des merisiers, des sorbiers des oiseleurs, des érables sycomores et champêtres, des peupliers trembles, des aulnes blancs et des frênes communs.

2.1.2. L'occupation anthropique des sols

La commune a maintenu son activité agricole. Les prairies entretenues sont favorables à un bon enneigement. Elles constituent d'ailleurs la majeure partie du territoire communal.

L'implantation de zones à urbaniser et à équiper se fait au détriment des cultures et des prairies de fauche.

Cela contribue à la fois à un atout économique important et à une difficulté pour le développement touristique de la commune. En effet, ce développement entraîne l'abandon de certaines terres agricoles à son profit. Certaines exploitations, devenues trop petites et trop peu rentables, contraignent l'exploitant à quitter la vallée. Les fermes et les cabanes tombent en ruines et ainsi meure le patrimoine d'une commune déjà modeste. D'autres exploitants vont résister à cette nouvelle emprise et la freiner dans son élan.

Depuis le début du siècle, un léger dépeuplement des hameaux s'est fait sentir. Cela, principalement dans les hameaux non équipés pour les sports d'hiver. Les autres, mieux desservis, sont en nette progression.

2.1.2.1. Les hameaux et leur vocation

Le Sauze, le Super-Sauze et la Chaup ont connu une nette progression pour la construction de lotissements. Au contraire, la Conche, le Villard-de-Faucon, la Conchette et Enchastrayes ont subi un ralentissement.

La difficulté rencontrée est la conciliation de l'occupation touristique et agricole. Le cas de la Conche est le plus complexe. Le terrain est impropre aux sports d'hiver, mais est très agricole. Cela s'explique sans peine par sa situation topographique, son exposition et son excellente alimentation en eau.

2.1.2.2. Le Villard-de-Faucon

Le Villard-de-Faucon s'étale au Nord de la Montagne de l'Alpe, de 1200 m, au niveau de l'Ubaye à 1950 m. Les terrains y sont de qualité inférieure à ceux de la Conche. A 1750 m, c'est le domaine des alpages. Le boisement très faible du secteur est favorable au ski de niveau moyen. Au-dessous de 1500 m, les terrains sont de moindre qualité agricole. C'est à cette altitude que se sont implantées les habitations individuelles avec toutes les précautions que nécessite la proximité de l'Ubaye.

2.1.2.3. La Chaup

La Chaup est un secteur qui ne présente pas un grand intérêt. Elle est cernée à l'Ouest par la limite communale et à l'Est par le torrent des Galamonds. Elle est favorisée par le développement d'un lotissement à Pont-Long, qui s'étire lentement vers le Sud. Un camping attire de nombreux touristes pendant la saison estivale. Elle doit son développement à la proximité de Barcelonnette et son accès facile à toutes les saisons.

Le meilleur moyen de préserver le site est inscrit dans le plan d'occupation des sols de la commune d'Enchastrayes (POS. 1974 revu et corrigé en 1989). Ce dernier conseille notamment de maintenir l'activité agricole et de s'opposer aux implantations sauvages. Il prévoit de regrouper au maximum les habitations en hameaux et pour donner un aspect plus attrayant à la route du Super-Sauze, d'autoriser la construction tout le long.

2.1.3. Les problèmes de conservation

L'occupation des sols de la commune d'Enchastrayes se heurte à une dynamique érosive active. La végétation contribue à la stabilisation des versants, mais n'est pas toujours suffisante. De plus, elle doit être protégée contre les abus d'utilisation, qu'ils soient agricoles ou liés à l'urbanisation intensive du secteur.

La première réglementation remonte à 1414. L'homme était parvenu à ruiner un patrimoine précieux. Il a fait appel à l'Etat à plus d'une reprise pour parvenir à une amélioration de la situation.

Pourtant, il a fallu attendre le 28 juillet 1860, pour que l'on essaie, pour la première fois, une loi pour le reboisement de la montagne. Cette mesure a soulevé les protestations de la population et pour adoucir la décision, le gazonnement est substitué au reboisement dans certains cas.

Depuis 1860, pour lutter contre l'érosion des sols et le réveil des torrents, des reboisements ont été effectués en Ubaye. Les colonisations successives montrent que le peuplement forestier est changeant.

Les Romains appelaient cette vallée, la Vallée Noire. Mais, la fin du XVIII^e siècle et le début du XIX^e siècle ont été marqués par un déboisement maximum.

et là ?

Que montre la
carte de "Coronin" existant-elle ?
site pour le secteur ?

La forêt n'a regagné du terrain, sous l'influence de la dépopulation et des forestiers qu'à la fin du XIX^e siècle. C'est le résultat du code forestier de 1827 et des lois de restauration des terrains en montagne entre 1860 et 1882. Les anciens prés de fauche sont abandonnés. Ils sont progressivement recolonisés par le pin sylvestre entre 2100 et 2300 m et par le mélèze sur la totalité du secteur.

En avril 1882, des mesures préventives ont été prises pour le maintien en état des terrains non dégradés. C'est la loi de restauration et de conservation des terrains en montagne.

L'Etat s'est alors engagé à acquérir ces terrains et à y effectuer les travaux jugés nécessaires à leur restauration. C'est ainsi que sont nés les périmètres de reboisement dans les Alpes de Haute-Provence. En Ubaye, ce périmètre concerne alors 3.922ha de terrain où sont constatés des dangers contre 13.000ha actuellement.

La mise à nu des terrains peut entraîner un ravinement intense. Toute végétation basse, même envahissante, ne peut remplacer le peuplement forestier. Les racines des arbres étaient capables de prélever une importante quantité d'eau qui était évaporée par la suite. Cette eau reste dans les terrains qui peuvent ainsi être amenés à saturation.

Tous les travaux de reforestation et de correction des torrents ont contribué à la stabilisation des terrains.

On peut considérer aujourd'hui les torrents comme assagis. Les routes ne sont plus coupées, et les champs ne sont plus engravés. Ce résultat exige un entretien constant des ouvrages de protection et la mise en oeuvre de moyens de lutte contre les risques naturels dans leur ensemble. Ces mesures sont devenues indispensables du fait de la haute fréquentation de la région à toutes les saisons.

2.2. Les changements observés

L'observation et l'analyse des différentes missions aériennes ont permis de distinguer les différents éléments du paysage et de faire apparaître leur changement entre deux dates relativement éloignées. Cette étude se base essentiellement sur la comparaison des photographies de 1948 et de 1982. Mais, il a été possible d'introduire une esquisse de comparaison plus locale entre les missions 1948, 1974 et 1982.

Ces comparaisons, même succinctes, devraient permettre de déduire la nature et l'importance des changements survenus.

2.2.1. Les éléments du paysage en 1948

Les éléments retenus pour cette étude sont ceux qui ont trait à l'occupation des sols. Cependant, afin de rendre comparable cette carte à celle de l'occupation actuelle des sols qui accompagne la carte géomorphodynamique du secteur, certains éléments géomorphologiques du paysage ont été repris.

Cette carte situe les différents types d'occupation du sol et fixe leurs limites. Ces limites restent relatives à cause des déformations qui n'ont pu être évitées sur la cartographie effectuée à partir de la photo-interprétation de la mission de 1948.

Les principales déformations se situent sur le secteur du torrent du Sauze. Ce problème entrave la démarche comparative de l'occupation des sols de ce secteur entre 1948, 1974, 1982 et 1990.

La carte privilégie l'extension de la forêt plutôt que le type d'espèces rencontrées. En fait, il suffira de se reporter à la cartographie de l'occupation actuelle des sols (p.28 et 29) pour connaître le détail de cette occupation.

En effet, seule l'extension des types d'occupation des sols a changé. Les espèces rencontrées restent les mêmes.

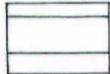
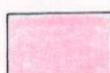
Elle met aussi l'accent sur l'occupation anthropique des sols. Elle traduit l'espace occupé par les cultures, les prairies de fauche. Les alpages sont également représentés. Ces éléments sont différenciés par des couleurs vertes et roses pour les forêts et les alpages ; par des traits horizontaux et obliques pour les cultures et les prés de fauche.

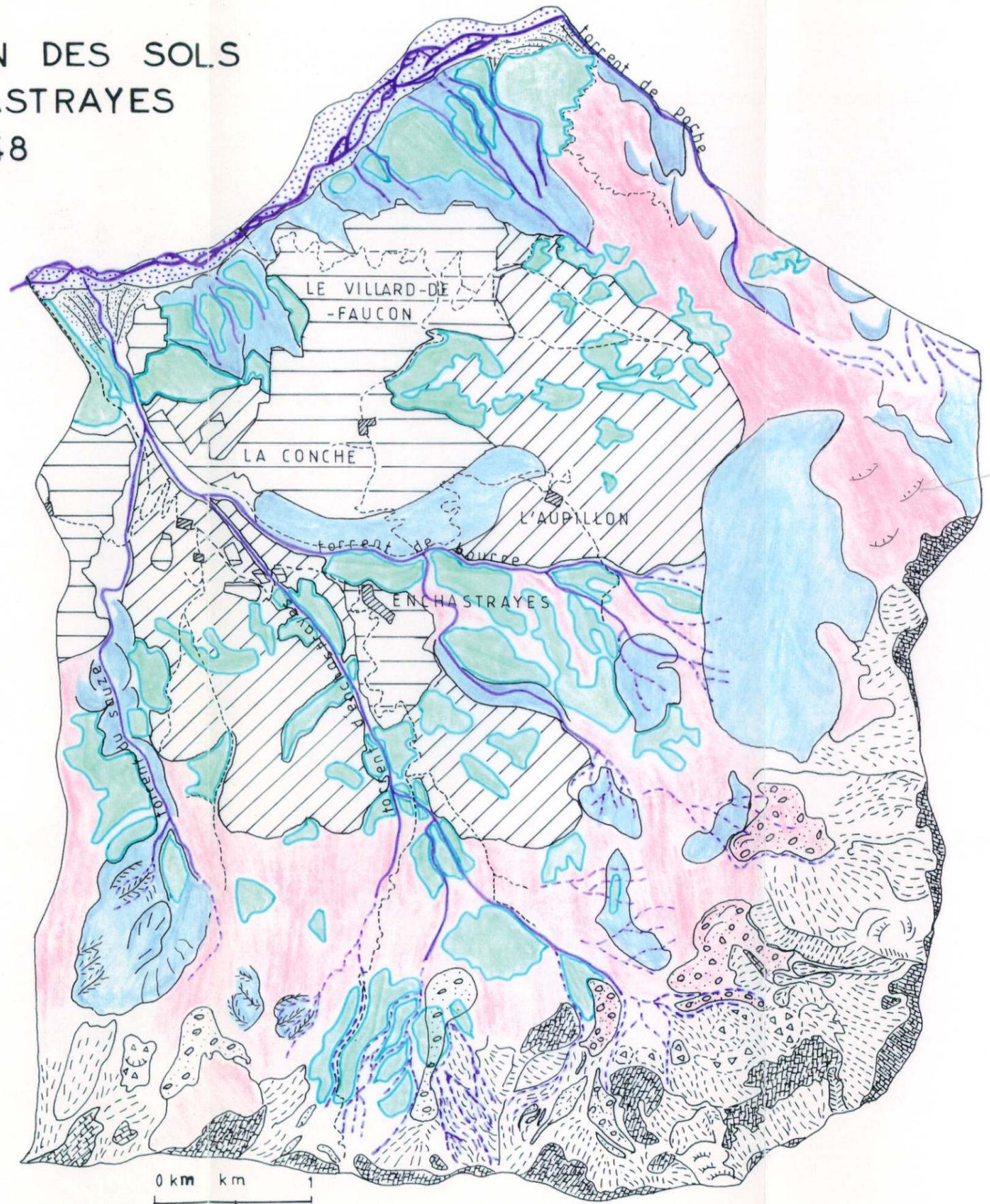
Les différents aménagements urbains et de voirie ne sont pas négligés dans la mesure où l'échelle du cliché et sa netteté permettaient leur tracé. Les routes et les chemins sont représentés de manière indifférenciée par des tiretés, et les hameaux par des traits obliques serrés sur l'étendue de la surface occupée.

Il n'existait pas de hameau au Villard-de-Faucon, mais un certain nombre de fermes isolées qui n'ont pas pu être représentées.

Il faudrait pouvoir remonter jusqu'au milieu du XIX^e siècle à l'aide des archives, car l'occupation des sols par les cultures était à son maximum à cette période. (fig. 5)

OCCUPATION DES SOLS A ENCHASTRAYES 1948

-  exploitations agricoles *champs?*
-  prés de fauche
-  extension forestière
-  prairies et alpages
-  zones ravinées
-  zones urbanisées
-  routes et chemins
-  principaux cours d'eau
-  glacier rocheux
-  moraine
-  éboulis
-  écroulement
-  affleurement rocheux



2.2.2. Les éléments du paysage en 1974 : Bassin de réception du Sauze

Sur ce secteur très restreint de la commune, les seuls éléments pris en compte sont la forêt, les alpages, les chemins et, dans la mesure du possible (à cause des importantes déformations liées à la comparaison de clichés diachroniques) de la progression du glissement des Roubines.

A titre de comparaison, le même secteur a été repris à la même échelle pour 1982.

On retrouve les mêmes éléments géomorphologiques du paysage comme pour la cartographie de l'état de la commune en 1948. Cette fois on est privilégié, la représentation de la forêt en vert, des prairies d'altitude et des alpages en rose, et le ravinement en bleu. (fig. 6 et 7)

2.2.3. Les éléments du paysage en 1982

Il ne serait pas juste de donner pour titre à la carte " Occupation des Sols en 1982 " car des modifications ont été apportées en fonction des changements observés sur le terrain entre 1989 et 1991 au cours des différents passages.

Mais, il ne faut pas oublier que les principaux traits ont été tracés à partir de la photo-interprétation de la mission de 1982.

A la différence des cartes citées précédemment, elle a été réalisée à la même échelle que la carte géomorphodynamique du secteur (1/10.000^e). Ce qui permet à cette carte d'être beaucoup plus précise quant aux informations qu'elle porte. (fig. 8)

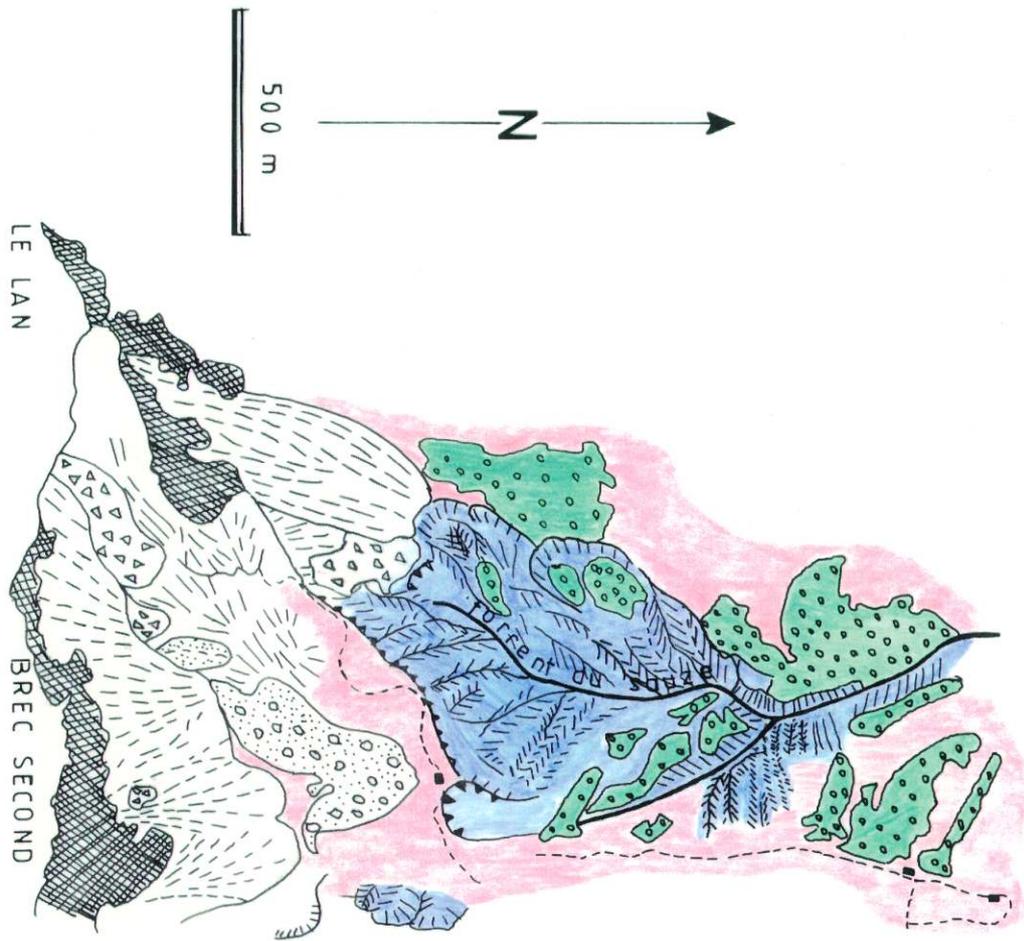
Il a été possible de représenter le type d'espèces constituant le couvert forestier en s'aidant de l'observation sur le terrain et des archives de l'O.N.F. Les prairies de fauche et les alpages ont été représentés par des traits obliques et des tiretés horizontaux ; les cultures par des traits horizontaux.

L'extension des hameaux a été représentée par des croisillons, et les maisons isolées ont été désignées telles qu'elles sont. Les aménagements de protection tels les digues et les gabions sont indiqués par des signes distinctifs.

Les changements observés sur le territoire communal ne sont pas nombreux, mais très localisés. L'occupation des sols par l'agriculture a beaucoup diminué entre 1948 et 1982, notamment entre le plateau de la Conche et le Villard-de-Faucon. La naissance et l'extension des pistes de ski se sont étalées entre 1954 et 1991 avec la création toute récente de pistes de ski sur herbe sous la Rente.

Des reboisements ont été effectués principalement sur le torrent de Poche. Le reste des changements est surtout lié à un phénomène de société. L'urbanisation des sommets réclame une accessibilité améliorée et un mouvement très récent ouvre la montagne à tous. Cette ouverture se fait par la création de sentiers plus larges qui conduisent sans risque les promeneurs même inexpérimentés jusqu'aux cimes. Tous ces changements observés entre 1948 et 1991, n'ont pas forcément le même impact sur le paysage.

OCCUPATION DES SOLS EN 1974
BASSIN DE RECEPTION DU SAUZE



*il faudrait
une carte de
modification
des limites*

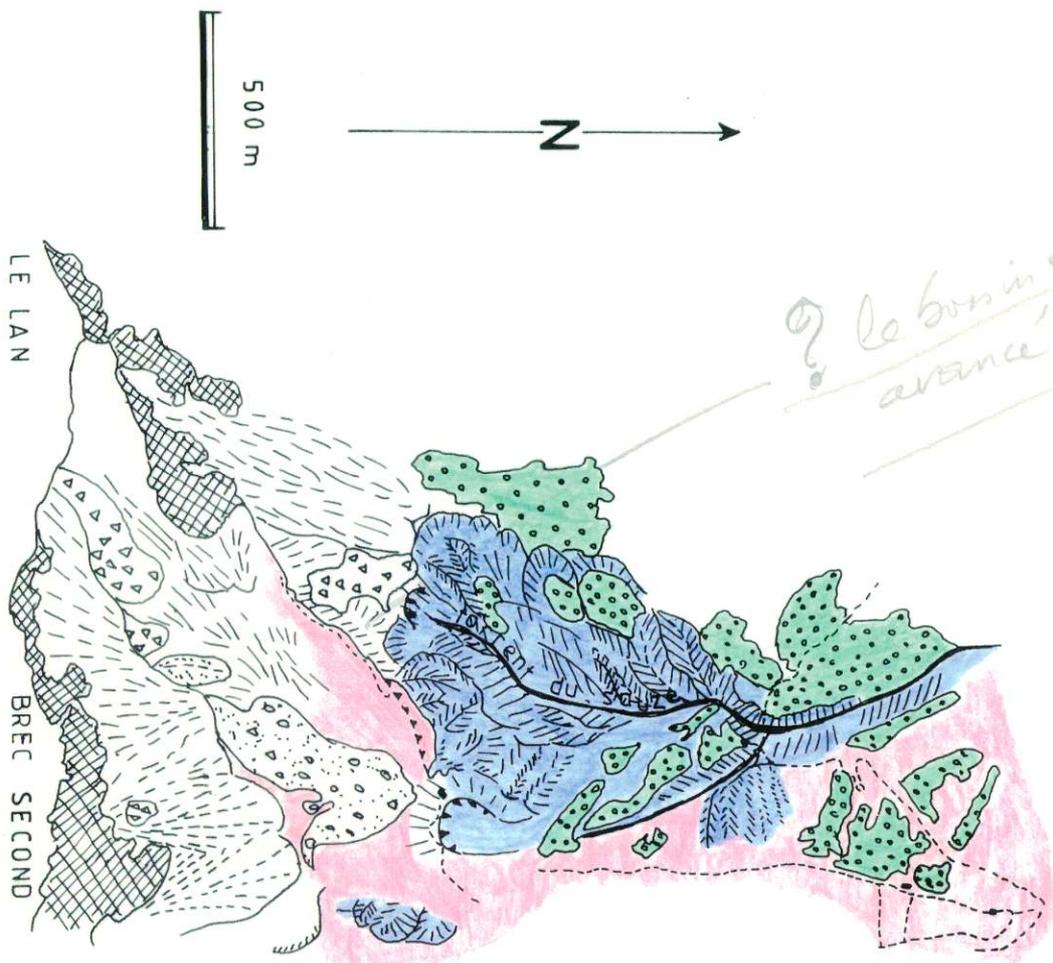
-  ravinement
-  forêt
-  prairie et alpages
-  chemin
-  cabanes
-  cours d'eau
-  écoulement
-  glacier rocheux
-  éboulis
-  affleurement rocheux

C. AUGIER

Figure 6

OCCUPATION DES SOLS EN 1982
BASSIN DE RECEPTION DU SAUZE

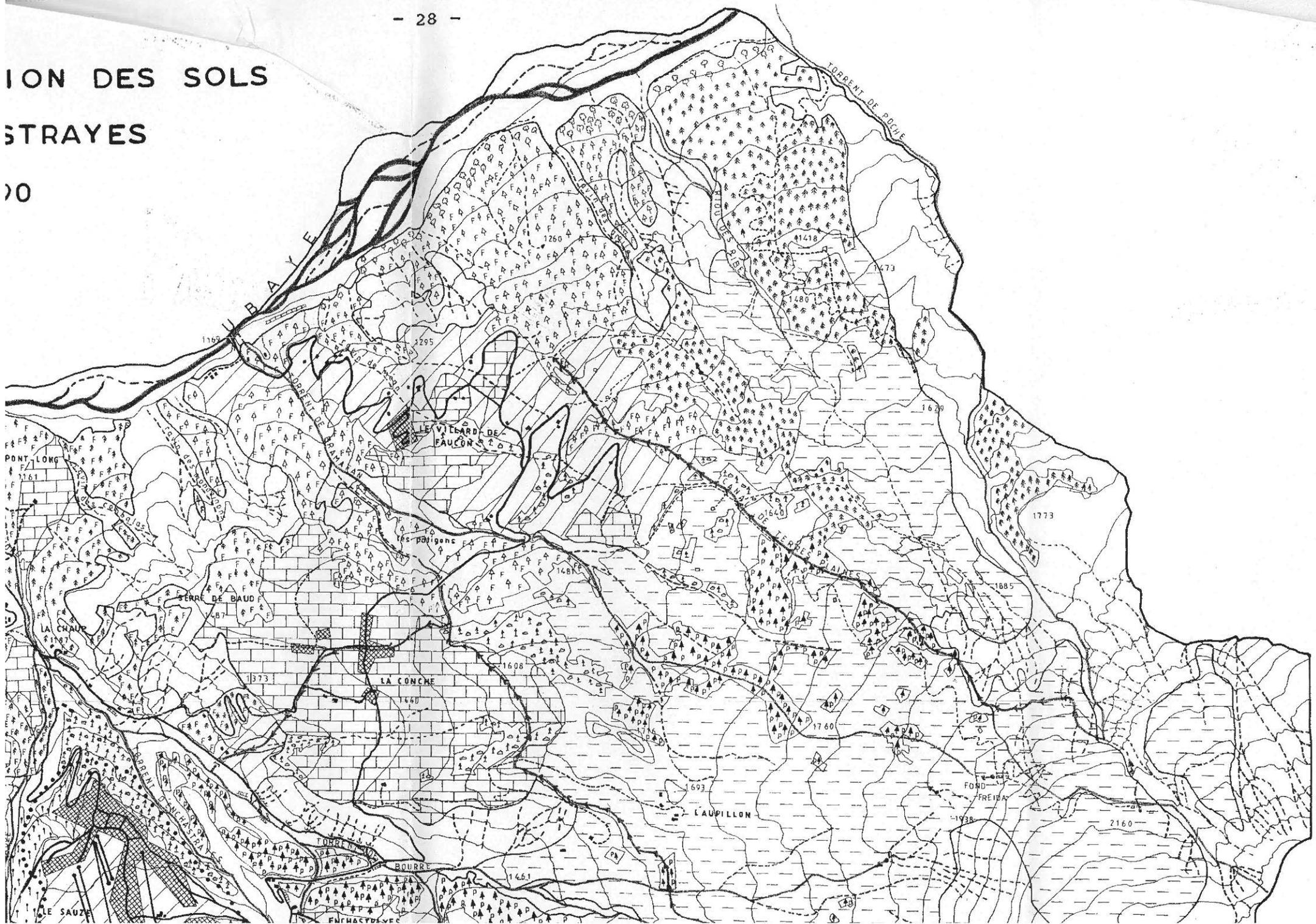
? le bassin ?
avancé



- ravinement
- forêt
- prairie et alpages
- chemin
- cabanes
- cours d'eau
- éboulis
- écroulement
- glacier rocheux
- affleurement C. AUGIER rocheux

Figure 7

ION DES SOLS
STRAYES
00



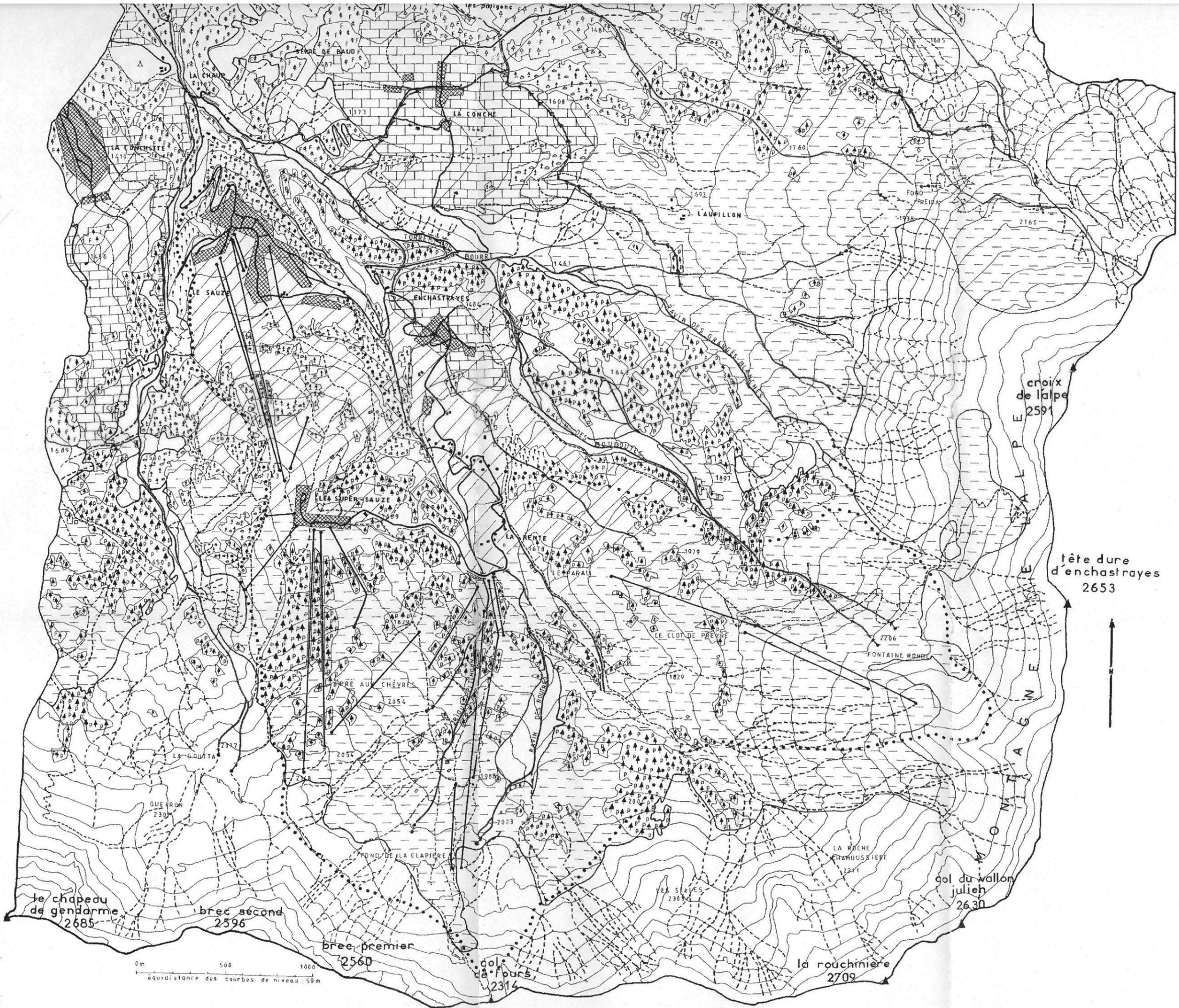


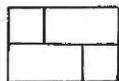
Figure 8

LEGENDE : L'OCCUPATION DES SOLS
commune d'Enchastrayes

occupation anthropique



habitat groupé



champs



habitat dispersé



prairie de fauche



cabane ou bergerie



limites du domaine skiable



route départementale



chemin ou sentier



remonte pente



cours d'eau canalisé

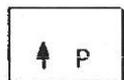
occupation naturelle



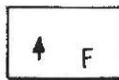
pelouse alpine



boisement morcelé
de feuillus



pré-bois à mélèzes



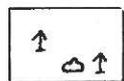
futaie de mélèzes



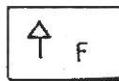
boisement lâche
de pins



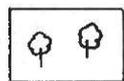
futaie de pins



forêt morcelée
de conifères



futaie de pins sylvestres



forêt ripicole



UBAYE



torrent



écoulement occasionnel



source

3ème partie : PERSPECTIVES METHODOLOGIQUES

Afin d'aboutir à une cartographie préventive des risques naturels en montagne, un certain nombre de facteurs vont être pris en compte. Les changements survenus dans l'occupation des sols constituent l'un de ces facteurs. Il faut donc s'attacher à déterminer le rôle de ce facteur dans le déclenchement de processus géomorphologiques. Comme il s'agit d'un facteur complexe au sein duquel se combine un nombre important d'éléments, son approche s'avère délicate.

3.1. La représentation des changements spatiaux

La cartographie va exiger un certain nombre de choix. Il serait possible de représenter l'occupation des sols comme elle a été observée précédemment sur les photographies aériennes. On considérerait alors, chacun des éléments, la forêt, les champs, le bâti et les autres d'une manière tout à fait ponctuelle. Il s'agirait d'une carte d'inventaire, comme celle qui a été réalisée pour la mission aérienne de 1982.

Cependant, une représentation du paysage par type d'élément peut sembler mieux adaptée, c'est à dire, en cartographiant chaque facteur à prendre en compte sur un fond distinct. Ce type de travail peut permettre d'établir par superposition les liens entre la lithologie, la dynamique des terrains et l'occupation des sols.

Par exemple, les sols des pentes calcaires ou marneuses, sont généralement peu profonds et fragiles. Leur pouvoir de rétention en eau est faible. Ces sols sont soumis au ravinement dès que le couvert végétal est dégradé. Il ne s'agit pas en effet de donner de l'occupation des sols une image correspondant aux conceptions des écologistes ou des phytosociologues. Il convient davantage de la considérer sous son aspect hydrologique; c'est à dire, en fonction de son influence sur l'interception des précipitations, sur la protection du sol vis-à-vis de l'érosion pluviale et sur le ruissellement.

On peut ainsi distinguer plusieurs grandes catégories d'occupation des sols :

- Les surfaces bien protégées en permanence contre l'érosion pluviale. La végétation, occupation principale des sols dans ce cas, empêche les transports trop importants de fines. on considère que les forêts jouent le même rôle protecteur que les friches et les landes. il en va de même pour les surfaces couchées en herbe de manière permanente.

- Les surfaces protégées inégalement dans le temps et l'espace sont soumises à un ruissellement plus ou moins intense. Le sol sur ces surfaces est partiellement à nu entre les plantes pendant une partie de l'année. Sont prises en considération, ici, les zones de labours. Il resterait à distinguer le type de cultures le plus favorable au déclenchement du ravinement.

9 - Un troisième ensemble de surfaces n'est jamais protégé par la végétation. Il s'agit des surfaces bâties, des surfaces goudronnées ou des rochers à nu.

Le ruissellement domine dans les bad-lands et sur les dalles rocheuses nues. Mais, il domine également après saturation des sols minces peu conducteurs, mais essentiellement argileux.

Ces surfaces jouent parfois un rôle aggravant dans la mesure où elles favorisent la concentration des eaux.

Dans tous les cas, il faut tenir compte des propriétés du sol et du sous-sol vis-à-vis de l'érosion.

Il reste à intégrer dans cette représentation les mutations du paysage au cours du temps. A l'intérieur des trois catégories détaillées plus haut, il est possible de faire intervenir l'idée d'une certaine progression. Chacune de ces catégories est un phénomène aéal. Il reste à définir si cet espace est stable dans le temps, s'il n'est soumis à aucun changement interne. Par contre, il peut être en voie de développement aux dépens ou au profit des secteurs qui l'encadrent. On aboutit ainsi à trois secteurs qui sont dans trois situations possibles : en voie de régression, stable, ou en voie de progression.

Par exemple, le secteur du torrent de Poche, qui est retenu dans cette étude (fig. 10) comme témoin, peut être découpé en plusieurs secteurs. Un secteur, bien protégé en permanence par la prairie et la forêt, correspondant à la première catégorie. Un deuxième secteur très raviné où les marnes noires sont à nues, correspond au troisième ensemble. Le premier secteur bordant le second est en voie de régression au profit de ce dernier.

Il reste à définir si la progression est liée à une aggravation de la situation ou si elle est liée à une amélioration.

L'évaluation d'appartenance d'un quelconque secteur à une des trois catégories est effectuée à partir de toutes les données dont on dispose. Entrent en compte pour ce classement, ~~l'occupation des sols~~, la pente et l'exposition des versants, la lithologie ... Mais il y a une part importante de subjectivité liée à un choix tout à fait personnel d'un certain nombre de critères.

Une représentation de ce type n'est pas immuable dans la mesure où elle introduit le choix par un individu. Cette représentation sort du cadre de cette étude dans laquelle ne nous intéressent que les changements survenus dans l'occupation des sols, mais sera nécessaire si l'on veut aboutir à une cartographie des risques.

C'est pour cette raison, que ne sera retenu ici que la cartographie des changements de l'occupation des sols dans ses rapports avec les risques naturels.

*infilt
en
aval*

*de celui que l'
Magin*

3.2. Le rôle de ces changements dans l'érosion géomorphologique

L'évolution de l'occupation du sol ne peut être analysée, comme nous l'avons vu, que de façon diachronique.

Il faut respecter ce diachronisme pour l'étude de l'évolution de tout autre élément du paysage.

Toute étude destinée à appuyer ces changements spatiaux devra être effectuée entre les mêmes dates.

L'évolution géomorphologique du paysage qu'il est nécessaire de suivre pour atteindre le but fixé de l'étude, devra être réalisée entre les mêmes dates.

De même, cette étude devra être accompagnée d'une étude climatologique sur la période.

La connaissance des événements climatiques, pour la même période, peut permettre l'explication de certains processus.

3.2.1. L'évolution géomorphologique

Une observation patiente et minutieuse révèle que la réalité est complexe. Elle interdit toute schématisation hâtive. Les processus érosifs et les mouvements de masse peuvent jouer sur n'importe quel versant. Très souvent, dans l'état actuel des systèmes d'érosion, on constate que les pentes inférieures des versants ne peuvent pas toujours assurer l'évacuation de ce qui a été mobilisé plus haut. C'est à dire que même sur des versants couverts de végétation, la situation d'équilibre n'est pas réalisée.

Ceci entraîne la nécessité de ne pas se fier aux apparences et vouer à un type d'occupation des sols une confiance sans limite. Le suivi de l'évolution géomorphologique se révèle par conséquent indispensable.

Deux types de documents peuvent être utilisés pour localiser les phénomènes géomorphologiques tels que ravinements, glissement de terrains et coulées. D'une part, il y a les photographies aériennes dont les qualités ont déjà été décrites précédemment, et d'autre part, il y a les plans cadastraux.

Les plans cadastraux décrivent et garantissent la propriété. Leur exploitation (plans actuels et plans anciens) est utile pour évaluer les modifications survenues sur les rives des cours d'eau et les changements liés aux glissements de terrain. Les plans cadastraux ne fournissent qu'une idée de déplacement horizontal dans la mesure où ils ne figurent pas les altitudes du parcellaire représenté. Le principe de comparaison de ces plans peut sembler simple, mais elle peut se révéler difficile lors de son application à cause des différences d'échelle.

La référence aux documents cadastraux du XX^e siècle est préférable. Ils sont plus précis et plus fiables que les anciens plans. L'évaluation des déplacements peut être obtenue avec une relative grande précision.

La comparaison de plans cadastraux d'époques différentes peut fournir une grande densité d'informations, même dans les zones boisées où les levés spéciaux sont difficiles et la photogrammétrie ne peut pas être appliquée.

L'utilisation des deux types de documents est bien complémentaire. L'étude en parallèle de ces documents devrait permettre un suivi précis de la géomorphologie d'un secteur qui devrait aboutir à une mise en relation de l'occupation des sols et de l'érosion géomorphologique.

3.2.2. Le rôle des événements climatiques

Le climat, plus que les événements climatiques, est un des facteurs dictant l'évolution de l'occupation des sols. Mais, la connaissance du climat n'est pas suffisante pour fixer les relations existantes entre l'occupation des sols et les mouvements de terrains.

Dans le cadre d'une étude consacrée aux mouvements de terrain où la dynamique hydrogéologique est déterminante, il est difficile de raisonner à partir de moyennes. Elles peuvent, en effet, masquer des phénomènes extrêmes s'avérant primordiaux dans le déclenchement de processus. La variabilité des pluies et leur répartition caractérisent le régime pluviométrique. Il faut pouvoir dégager les périodes de l'année qui sont favorables à l'alimentation et à la remontée des nappes phréatiques. En effet, les pluies ne sont érosives que si elles tombent en période froide, pendant laquelle l'évapotranspiration est nulle ou faible. Elles sont appelées précipitations efficaces.

$$\text{Précipitation Efficace : } | P' = P - \text{ETP} |$$

La connaissance de ces précipitations efficaces doit être alliée à un bilan hydrologique. En effet, l'eau ayant une influence directe sur la stabilité des terrains et sur le déclenchement des mouvements, une analyse des relations entre nappe et pluviométrie doit être abordée par un bilan hydrologique (Maquaire O., 1990).

Les mouvements varient au cours des saisons et leur amplitude est en relation directe avec le climat. Les effets des fortes précipitations combinées avec la fonte des neiges ne sont plus à démontrer (crue de juin 1957). Les effets de précipitations décadaires ou mensuelles ont des poids relatifs suivant qu'ils s'inscrivent dans des successions pluriannuelles de hautes ou de basses eaux.

Il faut caractériser les structures pluviométriques et les successions d'années hydrologiques selon leur période de retour, et situer les épisodes pluviométriques d'intensités différentes.

Mais pour estimer les variations de vitesses de déplacements au cours des différentes saisons, il est indispensable d'installer un réseau de surveillance.

Pour l'instant, plus de détails à ce sujet, ne nous seraient pas utiles. Dans le cadre de l'évolution de l'occupation des sols, une connaissance succincte du climat s'avère suffisante.

On peut d'ores et déjà dire que sur l'ensemble du secteur étudié le climat est sec. (fig. 9) Les précipitations sont saisonnières et à caractère méditerranéen. Elles sont en général de courte durée, mais de forte intensité.

Les chutes de neige qui assurent l'alimentation des pistes de ski se produisent aux mois de novembre à décembre et de février à mars.

Les températures sont basses en raison du climat très sec de cette région totalement abritée des vents doux provenant de l'Atlantique. Ces baisses spectaculaires se produisent malgré une élévation de température due à un ensoleillement intense au cours de la journée.

Ces quelques renseignements permettent d'établir des liens avec l'occupation des sols de la commune (voir graphiques page suivante).

L'ensoleillement permet les sports d'hiver au-dessus de 2000 m dans de très bonnes conditions de visibilité.

Durée de l'enneigement

SAUZE 1350 m	du 15.12 au 1.04	3 mois 1/2
SUPER SAUZE/ RENTE 1700 m	du 15.12 au 30.04	4 mois 1/2
au-dessus 2000 m	du 1.12 au 30.05	6 mois

Ces derniers renseignements permettent de distinguer trois étages. L'étage alpin, au-dessus de 2000 m : Il est caractérisé par une température moyenne annuelle proche de 2,2°C.

Ces températures impliquent un type de processus essentiellement lié à l'action du gel. Cela entraîne une quasi absence de la végétation, mais aussi, cet étage est hostile par ses conditions trop rudes à l'installation de l'homme.

L'étage subalpin, entre 1350 et 2000 m est caractérisé par des températures annuelles moyennes de 5,2°C. La végétation est essentiellement constituée par les alpages et par la forêt. Les conditions un peu moins rudes permettent l'expansion urbaine entre 1350 et 1700 m.

Le dernier étage est le domaine montagnard. Il est essentiellement occupé par les terrains agricoles, les prairies de fauche et la forêt. C'est là que l'Ubaye montre son maximum d'activité.

Les données climatologiques peuvent être intéressantes dans le cadre de cette étude en respectant surtout la période au cours de laquelle les changements d'occupations des sols et géomorphologiques sont observés.

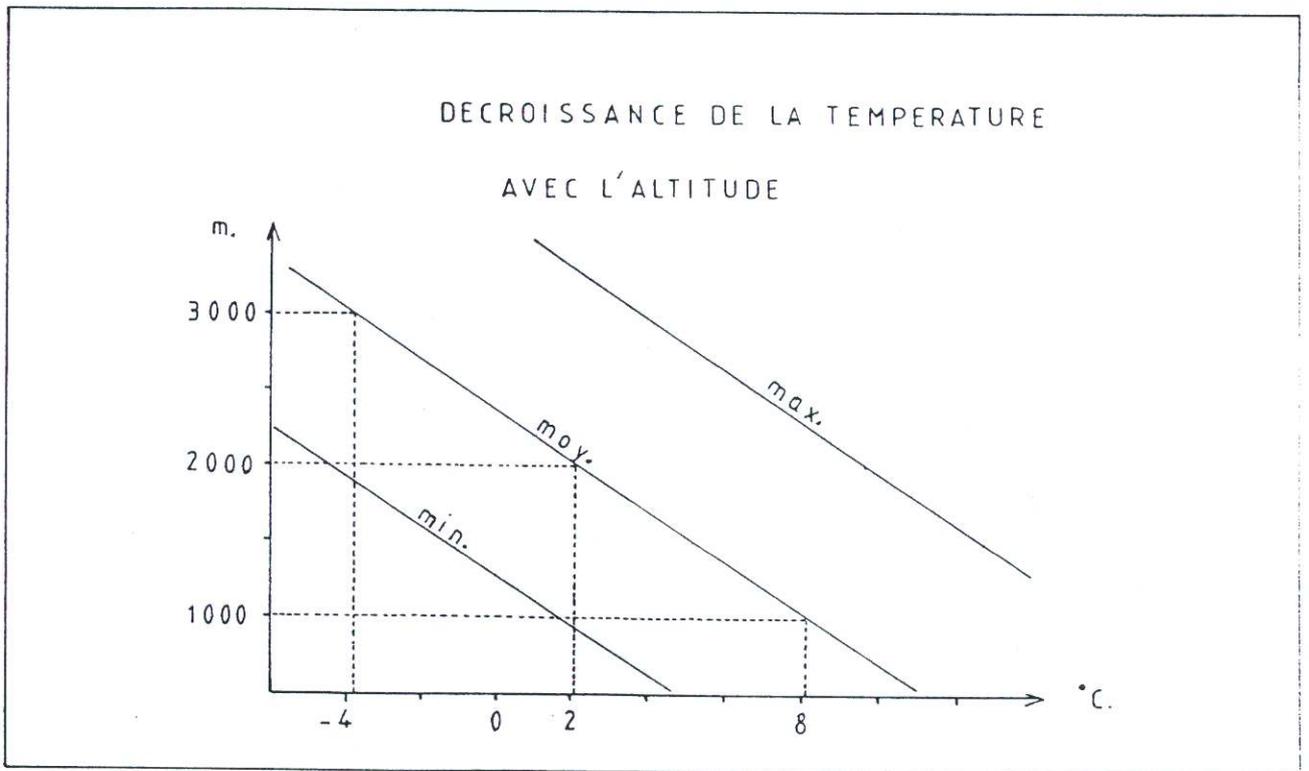
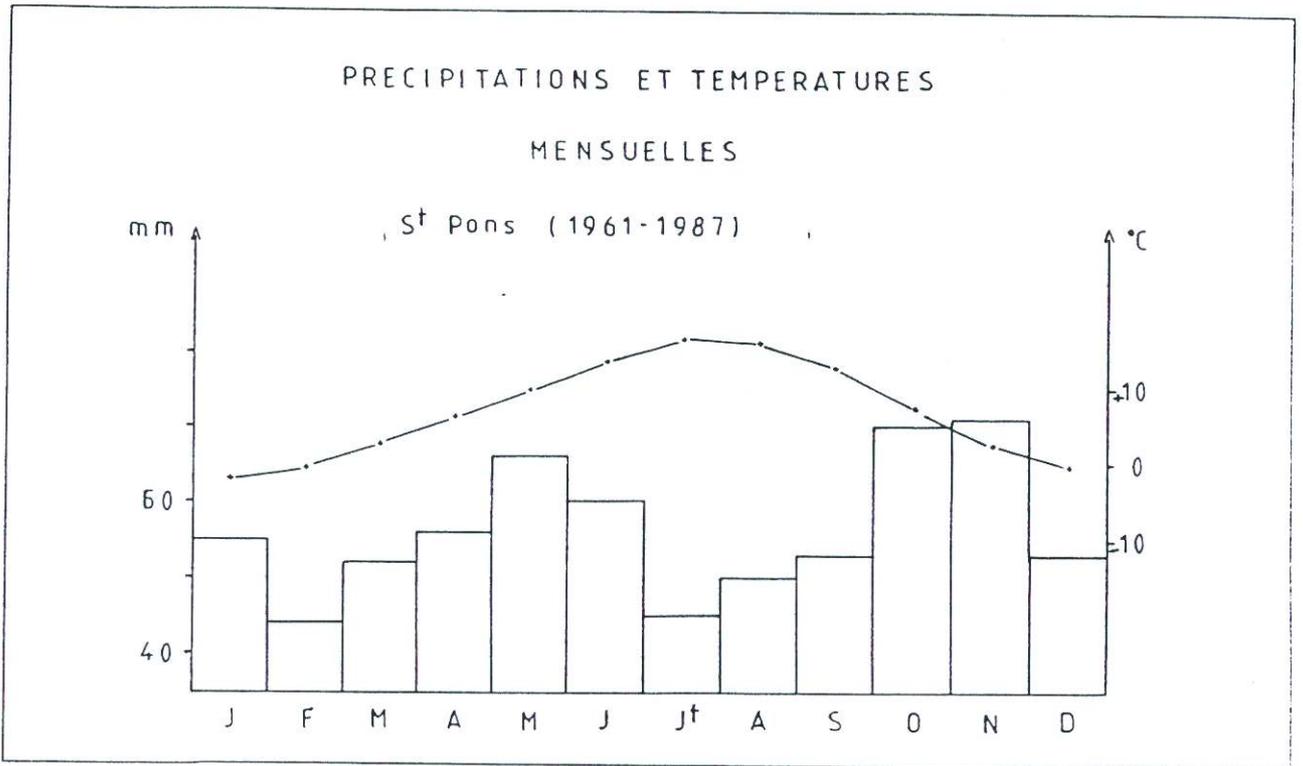


Figure 9

3.3. Les méthodes d'approche possibles

La représentation cartographique des changements survenus dans l'occupation des sols dans leur rapport avec la dynamique du paysage repose sur la prise en compte de facteurs simples. Ces facteurs doivent être représentés de manière logique, de façon à être adaptés aux objectifs fixés. Dès que l'on isole ces facteurs, des relations complexes apparaissent entre eux. En fait, l'intervention des changements de l'occupation des sols dans le déclenchement des processus géomorphologiques ne peut pas s'expliquer par le biais de facteurs isolés, mais par la combinaison de plusieurs facteurs.

3.3.1. Responsabilité des facteurs

L'érosion tire son énergie des phénomènes naturels, en particulier, atmosphériques. Mais on ne peut pas résoudre le problème en se bornant à confronter les deux termes de l'alternative, l'homme et la nature (Neboit R., 1982) et à chercher un responsable, l'homme ou la nature. Une méthode comparative paraît indiquée pour isoler le rôle de l'homme dans la morphogénèse.

L'homme par ses activités s'intègre dans les mécanismes naturels en libérant un supplément d'énergie érosive. Ce peut être par le déboisement de parcelles, la création de pistes de ski, la circulation des motos tout terrain ou d'engins lourds, par le passage répété des troupeaux ou même la création de voies d'accès et l'urbanisation. Ces derniers favorisent la concentration défavorable des eaux.

Lorsque la morphologie indique une forme d'instabilité chronique, il convient de ménager le secteur. Tout aménagement mal conduit ou toute utilisation abusive d'un versant pouvant conduire à activer la dynamique ou ranimer une tendance ancienne.

Les résultats obtenus lors de la représentation des changements de l'occupation des sols doivent être comparés par la suite aux phénomènes déjà connus.

Il suffit, pour cela, de se rapporter à la carte géologique qui présente tous les secteurs en mouvement ou qui ont connu un mouvement.

Une confrontation peut permettre de déterminer les secteurs qui ne sont pas suffisamment ménagés par l'homme compte tenu de leurs antécédents. Par exemple, certains secteurs du domaine skiable, au-dessus du Super-Sauze, présentent des instabilités réveillées par l'ouverture dans le versant de sentiers et le passage d'engins lourds. Il s'agit notamment du Pré aux Chèvres.

Ce secteur encore marqué par une topographie de glissement est actuellement gravement incisé. Cette atteinte du versant est en partie liée au tassement du substratum par les engins lourds et à l'ouverture de pistes de ski, mais surtout à la fragilité du manteau morainique.

3.3.2. La combinaison des facteurs

Les dommages à craindre ne doivent pas seulement être évalués à partir de l'occupation actuelle des sols. Ils doivent l'être également en fonction d'une occupation éventuelle afin de mettre en garde contre les dangers encourus. Il y a là un impératif essentiel dans cette région où l'expansion urbaine est rapide.

Dans un premier temps, un certain nombre de facteurs de changement vont être isolés pour leur reconnaissance. Par la suite, ces facteurs seront combinés en fonction de leur intervention dans l'évolution du paysage et de leur relation avec les risques géomorphologiques.

La distinction se fera par le nombre de facteurs intervenant dans les changements. Selon qu'il y a combinaison d'un grand nombre de facteurs ou seulement quelques facteurs, on les classera dans des changements forts, moyens ou faibles.

Dans le cas d'un fort changement, on recensera un maximum de facteurs intervenant.

Afin de mettre en évidence l'importance de ces combinaisons de facteurs dans le déclenchement, l'entretien ou la stabilisation des risques géomorphologiques, il convient d'analyser leur impact sur les phénomènes déjà observés.

Chacun des événements va être repris individuellement de manière tout à fait empirique. Pour chacun d'entre eux, vont être passés en revue les facteurs se combinant pour aboutir aux changements observés entre 1948 et 1990.

3.3.3. Les facteurs déclenchant des mouvements observés

Les ravinements naissent dans les marnes noires du Lias marneux, les terres noires et les marnes de l'Argovien. L'imperméabilité de ces matériaux provoque, quand ils sont cohérents, la morphologie en bad-lands.

Les phénomènes de ravinement sont très développés sur le secteur et sont souvent accompagnés de mouvements de masse. Les couronnes de glissement dépourvues de toute végétation sont soumises à un ravinement très intense.

Cas du torrent de Poche

On observe ce phénomène en amont du torrent de Poche malgré que ce secteur ait connu les grands efforts de reboisement de la commune.

Ce phénomène est aggravé par les fuites du canal de Terres-Plaines qui contourne la cicatrice d'arrachement.

La pente de ce versant ne constitue pas un facteur explicatif du déclenchement du phénomène. Il serait plutôt lié au substratum marneux et à la structure de l'ensemble.

On ne peut pas distinguer les facteurs anthropiques dans la mesure où il s'agit d'un mouvement antérieur à 1948.

Il faudrait pouvoir remonter plus loin dans le temps afin de faire la part entre les facteurs anthropiques et les facteurs naturels dans le déclenchement de ce mouvement.

*21-10-90
à l'heure de l'écriture
dans le plan
Plan dans le plan
compte en valeur
avant de l'écriture*

*Amont Comptez sur une
pente ?*

Cas du Pré aux Chèvres

D'autres phénomènes de ravinement peuvent être observés sur le secteur. Le versant du Pré aux Chèvres, au pied du Brec Second, est parcouru par un réseau ramifié de griffes d'érosion. Le ravinement s'observe sur une pente doucement inclinée vers le Nord et faiblement végétalisée.

Ce secteur constitue actuellement un pâturage aux troupeaux transhumants. Des entailles naissent dans les formations superficielles morainiques dénudées. Ces rigoles de section rectangulaire entaillent le versant dans sa plus grande pente.

Cette zone a été partiellement déboisée pour laisser place aux pistes de ski. Ce dernier point laisse entendre un passage régulier d'engins lourds pour l'entretien du manteau neigeux. Le sol subit une série de contraintes favorisant sa destruction.

Ceci diminue l'homogénéité des profils de sol et réduit la capacité de drainage par tassement de l'ensemble. L'eau s'accumule en certains points du versant et entraîne des pressions telles qu'elles peuvent aboutir au déclenchement de mouvements de masse. D'ailleurs cette zone est déjà signalée comme ancien glissement sur la carte géologique.

Cas du versant Ouest de la Croix de l'Alpe

Sous le versant de la Croix de l'Alpe, les marnes plissées se désolidarisent en bancs subverticaux. Les joints marneux sont érodés par les agents climatiques. Ici, le ravinement ne se développe pas seulement sur les rives des torrents et entre les bancs marneux, mais aussi aux dépens des terroirs agricoles du Villard-de-Faucon.

Cas de la Conche

Le plateau de la Conche qui constitue un des vestiges de l'exploitation agricole de la commune est recouvert de moraines qui alimentent, au contact avec le substratum de marnes noires, de nombreuses sources de faible débit.

La végétation essentiellement céréalière, absente une partie de l'année, ne protège pas les formations superficielles fragiles des violentes précipitations orageuses.

Le système d'évacuation des eaux ravinant les versants dans les terres noires a été renforcé récemment. La route départementale qui longe les ravines au pied du plateau était régulièrement coupée par les apports en provenance des ravines.

Le ravinement est généralisé. Il gagne sur les parcelles cultivées et sur la pinède de la Serre de Baud par régression d'amont avec effondrement par endroits de la couverture végétale dans les ravines.

L'action de l'homme en tant que facteur de déclenchement ne peut être mise en évidence dans ce cas.

Cas du torrent du Sauze

Les instabilités observées dans le secteur amont du torrent du Sauze sont multiples et affectent des versants entiers. La masse principale du glissement dit des Moulines, à l'aval de la Goutta se transforme au pied des roubines en un vaste mouvement en coulée.

Le glissement est antérieur à 1948. Ceci empêche de définir précisément les facteurs de déclenchement. Les seuls facteurs que l'on puisse retenir ici, sont les dépôts glaciaires sur un substratum marneux qui a été très remanié et pour lequel il est quasiment impossible d'établir une échelle stratigraphique.

Les terrains touchés par ce glissement sont constitués en surface de formations glaciaires et de marnes altérées. L'eau provenant de la discontinuité à l'interface de l'Autochtone et des écailles tectoniques semble être la cause de la rupture de la roche. L'activité torrentielle intervient entraînant la moraine très argileuse vers 2000m.

Les autres instabilités

Les autres instabilités sont de taille inférieure. Elles se développent en général sur des versants de pente plus forte. En général, elles sont liées, comme sous la Tête Dure d'Enchastrayes, à d'importantes discontinuités structurales telle la retombée périclinale de l'anticlinal de Terres-Plaines.

Mais elles peuvent être liées également à l'ouverture de chemins et de routes dans les versants. Notamment, sous la mairie d'Enchastrayes et sous l'extension du Sauze vers Enchastrayes.

D'autres phénomènes, mais de dimensions très inférieurs, peuvent être observés sur l'ensemble du domaine skiable.

Il est en fait extrêmement difficile de sélectionner les mouvements de terrain pour leur cause anthropique. Donc, même si on réalise une cartographie des changements dans l'occupation des sols dans ses rapports avec les glissements de terrain, elle sera forcément incomplète et devra être renforcée par la cartographie de facteurs naturels tels que la pente, la lithologie, la structure, etc...

Toutefois, cette cartographie s'avère indispensable et il reste à définir la manière de l'aborder.

3.3.4. Synthétisation de la notion de facteurs

Le territoire est découpé selon le paysage. On considère des portions de paysage d'aspect défini représentatif de leur contenu. Le problème est de définir comment représenter les différents facteurs en fonction de leurs rapports avec les processus géomorphologiques.

Deux approches sont envisageables. La première, consiste à superposer ou additionner les différents facteurs intervenant et la deuxième consiste à accorder un poids différent à chacun des facteurs en fonction de sa nature. Nous allons examiner ces deux approches plus en détail afin de pouvoir comparer les résultats.



EXTENSION DE L'OCCUPATION FORESTIERE

ENTRE 1948 et 1990



Fig 10

C. Augier

A l'échelle du secteur étudié, il ne sera pas envisagé de traitement statistique.

Mais il serait envisageable, en conservant la même approche de l'étendre à l'ensemble du Bassin de Barcelonnette.

3.3.4.1. Par addition ou superposition

Sur un découpage du paysage, d'aspect défini, on représente les différents changements d'occupation des sols enregistrés entre deux dates (utilisation de missions aériennes diachroniques).

La représentation du phénomène sera qualitative dans la mesure où par le biais de la superposition des facteurs du changement observé, il résulte une notion d'intensité de la modification. En effet, selon le nombre de facteurs enregistrés, le changement sera plus ou moins important.

Cette méthode, que l'on pourrait également nommer "méthode de recouvrement", permet de caractériser chaque élément du paysage, isolé par le découpage, par son contenu.

Cela devrait permettre de déterminer si l'intensité du changement survenu dans l'occupation des sols est susceptible d'avoir un impact sur le déclenchement, l'entretien ou le réveil d'un quelconque processus géomorphologique. Là apparaît l'importance du choix du découpage. Le découpage retenu pour cette approche est en relation directe avec le paysage. Les coupures sont effectuées dès que l'on juge qu'il y a changement. Il peut s'agir d'une dépression, d'un versant, d'un plateau, etc ... Ainsi les différents mouvements enregistrés resteront liés à ce qui se passe en amont.

On tiendra compte de manière empirique, en effectuant des choix personnels, pour cette représentation cartographique des formations superficielles, de la densité du couvert végétal (plutôt que le type d'occupation du sol).

La distinction de la densité du couvert végétal, sera effectuée en fonction du type d'occupation - herbacée ou forestière - et de la protection que ce dernier est supposé apporter contre l'érosion pluviale. On tiendra également compte de l'extension des pistes de ski, de l'abandon des champs, de l'abandon des prairies de fauche, de l'ouverture de sentiers ou de routes, mais aussi de reboisement.

Les différents éléments seront représentés de manière areale mettant en évidence, par des variations de teintes, l'importance du changement qu'ils entraînent.

Trois classes seront représentées ; selon une échelle décroissante : fort changement, changement moyen et faible.

Une nuance a cependant été introduite dans la mesure où tous les changements observés ne sont pas favorables au déclenchement des processus géomorphologiques.

Une échelle à double entrée a été établie dans ce but. L'une allant dans le sens de la destabilisation, et l'autre dans le sens de son pouvoir stabilisateur. (fig. 10) faible changement et absence de changement. L'idéal étant, pour cette représentation, d'utiliser pour chaque variable un fond différent.

*faits
montés au
exemple*

99

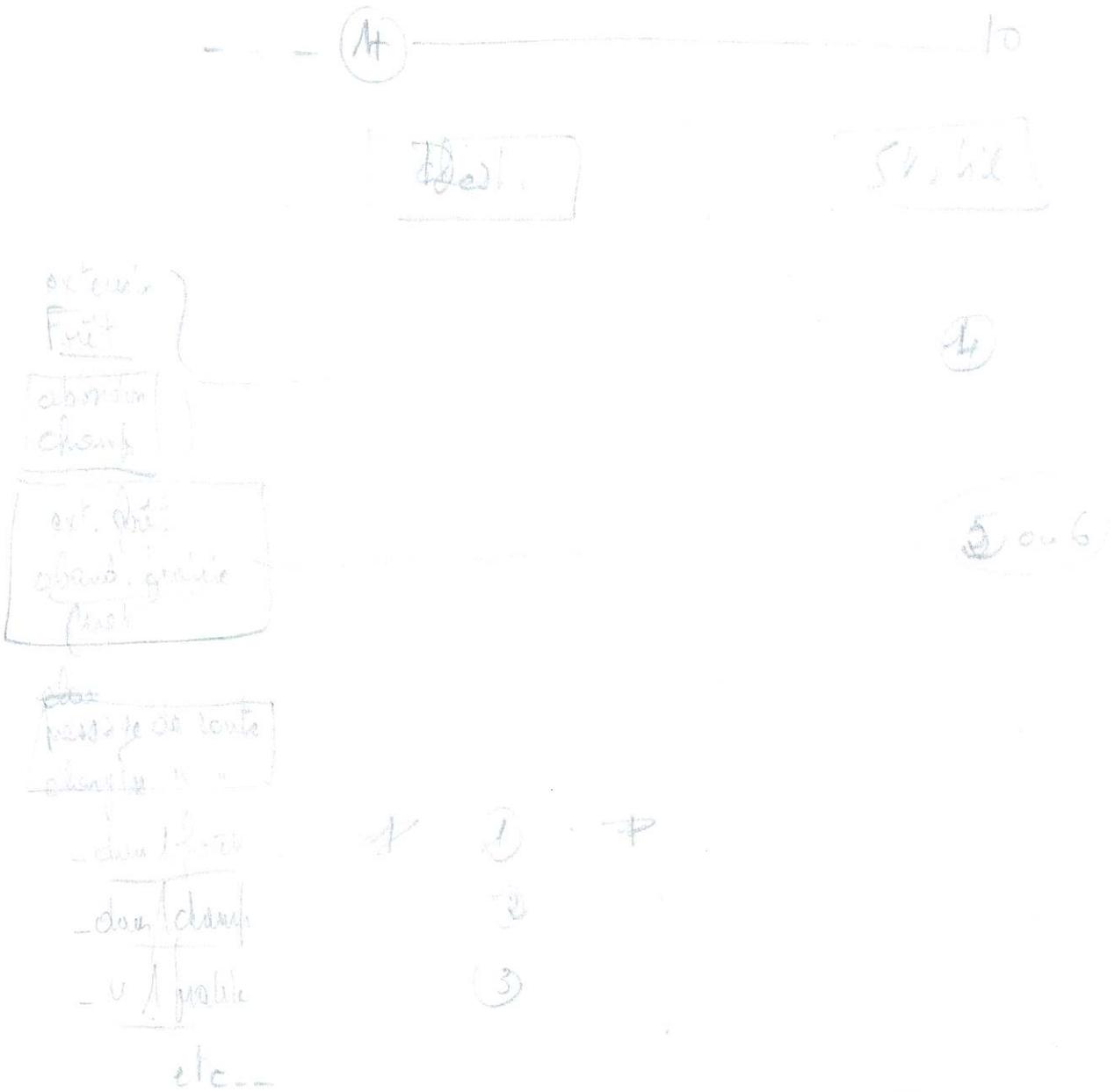
*longue
ou plus
ambivalente*

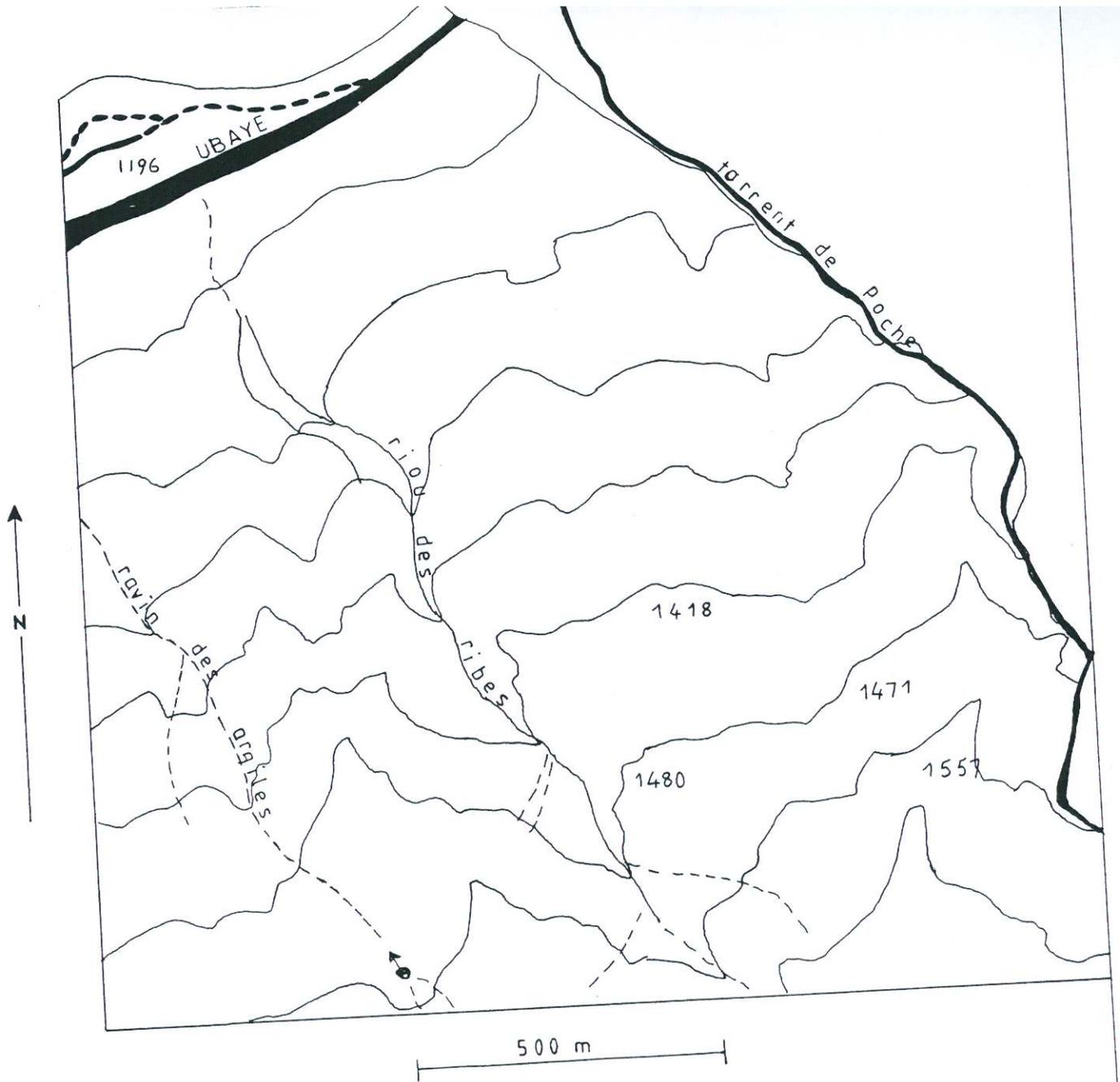
de

Un échantillon du territoire ainsi traité va nous servir de zone test pour juger de la validité de la méthode. Le résultat en découlant étant une synthèse des changements survenus dans l'occupation des sols dans leur rapport avec les processus géomorphologiques.

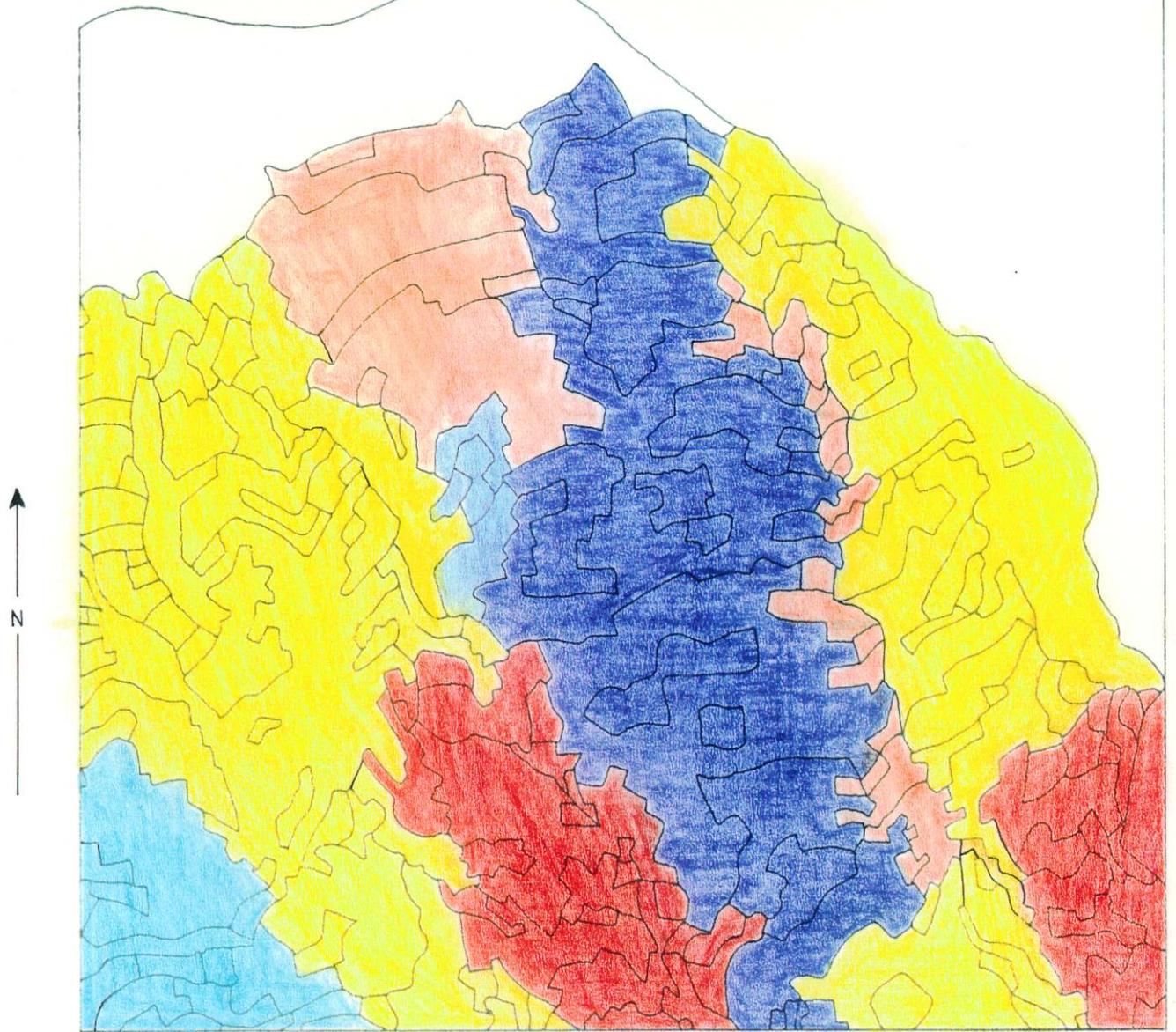
3.3.4.2. Par combinaison pondérée

Le principe de la méthode précédente est conservé pour cette méthode par combinaison pondérée. Cette fois, on attribue des valeurs aux changements observés. La pondération sera effectuée pour chaque type de facteurs intervenant dans le changement observé, comme précédemment. Mais cette méthode devrait permettre de différencier davantage l'impact que l'on accorde à chaque facteur du changement sur l'environnement. Dans ce cas, on ne devrait pas être limité par les problèmes de représentation graphique, et on devrait gagner en précision. On n'est nullement obligé de restreindre le nombre de classes à trois, comme pour la première méthode. Il est possible cependant que cette méthode n'apporte rien de nouveau par rapport à la précédente. (fig. 11)



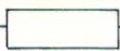


ZONE TEST



500 m

CHANGEMENTS

-  forts
-  moyens
-  faibles
- 
-  faibles
-  moyens
-  forts

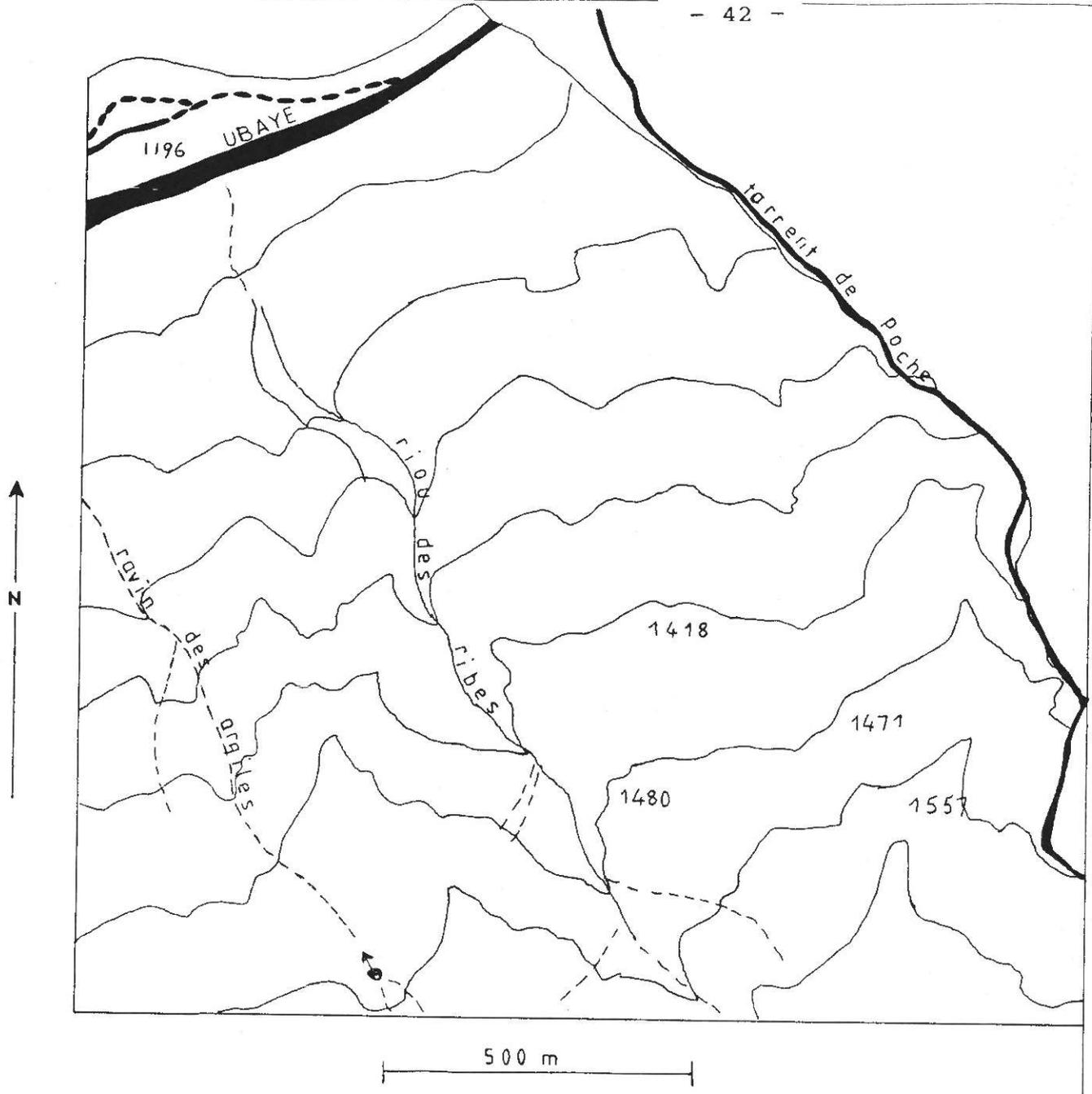
Conférence ?

A TENDANCE DESTABILISATRICE

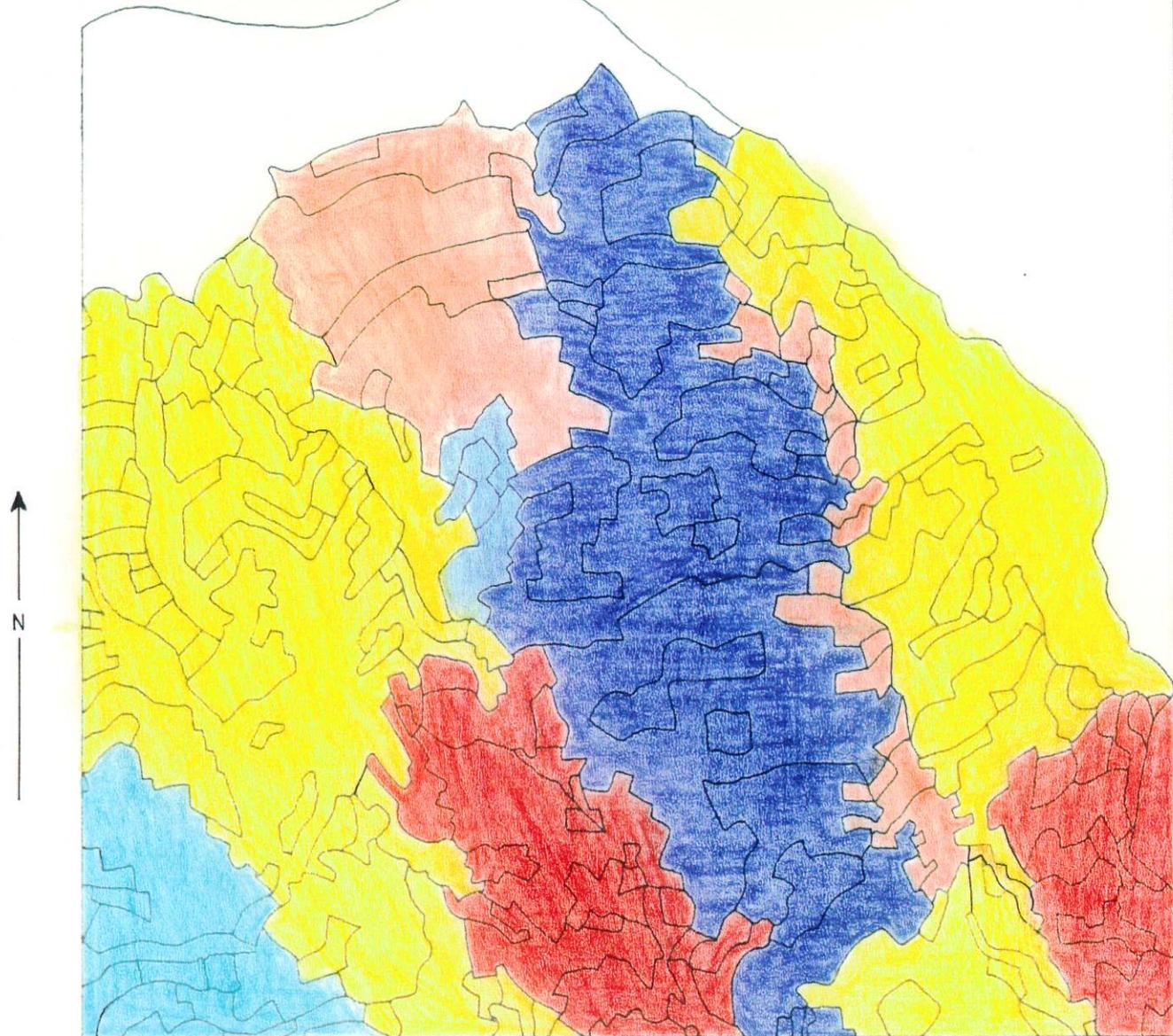
A POUVOIR STABILISATEUR

CHANGEMENTS DANS L'OCCUPATION DES SOLS (1948-1990)

Figure 10



ZONE TEST



500 m

CHANGEMENTS

- forts
- moyens
- faibles
-
- faibles
- moyens
- forts

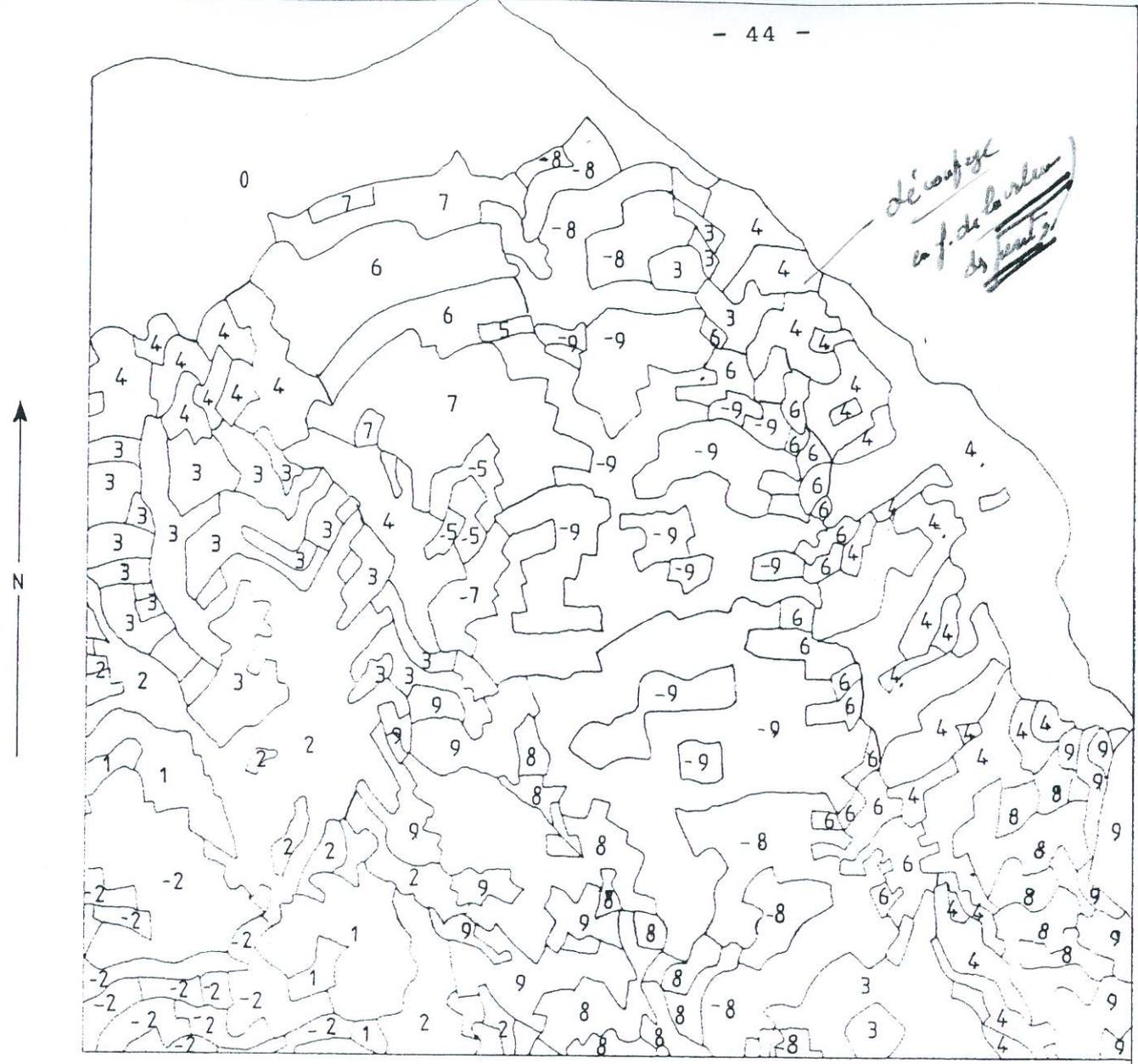
Conférence ?

A TENDANCE DESTABILISATRICE

A POUVOIR STABILISATEUR

CHANGEMENTS DANS L'OCCUPATION DES SOLS (1948-1990)

Figure 10



500 m

CHANGEMENTS :

A TENDANCE DESTABILISATRICE

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 faible —————> forte

d'écoupage en f. de la rive des pentes
du 4e - 10e de la rive des pentes?

A POUVOIR STABILISATEUR

-1 -2 -3 -4 -5 -6 -7 -8 -9 -10
 faible —————> fort

CHANGEMENTS DANS L'OCCUPATION DES SOLS (1948 - 1990)

Figure 11

3.3.4.3. L'utilisation des résultats

La notion de temps, dans les deux approches a été négligée. Il est nécessaire de l'introduire pour que l'analyse puisse être validée. La rapidité du changement peut être un facteur aggravant dans le déclenchement des mouvements de masse.

La notion de vitesse du changement ne peut être évaluée que difficilement cependant. Il faudrait disposer de toutes les missions intermédiaires entre 1948 et 1990.

L'analyse photogramétrique systématique devrait permettre de mettre en évidence la progression dans l'espace, au cours du temps d'un phénomène précis.

Par exemple, les glissements du torrent du Sauze et du torrent de Poche ont gardé la même morphologie depuis 1948. Il est extrêmement difficile de déterminer leur évolution car les points de repères entre 1948 et 1982 sont trop peu nombreux. Une étude de chacune des missions devrait permettre de trouver des points de repères plus nombreux et de suivre les transformations enregistrées par les glissements dans le temps.

La confrontation des deux méthodes décrites devrait aboutir à une cartographie finale des changements de l'occupation des sols.

Les changements peuvent alors être considérés au même titre que les autres facteurs, que la lithologie, la structure, la valeur des pentes, l'exposition des pentes ... Comme facteur responsable du déclenchement de processus géomorphologiques.

Si la méthode s'avérait fiable pour la commune d'Enchastrayes, on pourrait aisément envisager de l'étendre au reste du Bassin de Barcelonnette, à la restriction près qu'il faudrait avant tout tester sa fiabilité pour les versants d'adret de l'Ubaye.

Dans la mesure où la validité est vérifiée, il serait possible de l'adapter à un traitement statistique. L'utilisation d'un système d'information géographique peut alors être envisageable, mais elle demande un important travail de mise en place des bases de données. Mais, il n'est pas certain que les résultats ainsi obtenus soient interprétables ...

En attendant les méthodes proposées restent très empiriques dans la mesure où elles ont été établies à partir de choix totalement personnels que d'autres pourraient éventuellement critiquer.

C O N C L U S I O N

79 | La connaissance visuelle du terrain est indispensable pour comprendre comment a pu naître un complexe touristique et sportif attrayant. Mais, elle ne suffit pas pour cerner les problèmes survenus en réponse à cette nouvelle emprise.

La photo-interprétation nous fournit de précieux renseignements concernant l'évolution spatiale et temporelle des différents type de changements survenus dans l'occupation des sols.

Ces derniers sont relativement importants à Enchastrayes qui connaît depuis les années 1970 un fort développement du tourisme estival mais surtout du tourisme hivernal. De profondes modifications se sont inscrites dans le paysage aux dépens de l'activité agricole. Celle-ci constituait, en effet, jusque là la principale source de revenus de la commune.

Il reste, à présent, à déterminer le rôle de ces profondes mutations sur la dynamique des versants et leur relation avec les processus géomorphologiques.

La réalisation de ce projet nécessitera un énorme travail sur le terrain pour une observation très détaillée et de nombreuses enquêtes auprès des populations. Mais, il nécessitera aussi beaucoup de travail afin de synthétiser toutes les informations ainsi obtenues.

Ce lourd travail devrait aboutir d'ici deux ans à une cartographie prévisionnelle des risques, tenant compte des facteurs naturels et des facteurs anthropiques et de leur rôle respectif.

B I B L I O G R A P H I E

- * ARNAUD F., 1900, Les Alpes Françaises, la vallée de Barcelonnette, Grenoble, A. GRATIEN.
- * AUZET V., 1987, L'érosion des sols cultivés en France sous l'action du ruissellement, Annales de géographie, n°537, Sept-Oct 1987, pp.530-554.
- * BAZIN G., 1986, Economie et sociologie rurales, INRA, 121p.
- * CEMAGREF, 1984, Glissements de terrain, Grenoble, Etude n°194, 109p. + 61p. annexes.
- * COMBES F., 1982, Réflexions sur les problèmes d'érosion dans les Alpes de Haute-Provence, Revue forestière française, n°34, pp.61-76.
- * CARRARA, CARDINALI & CONS. Geographical information systems and multivariate models in landslide hazard evaluation, Apine landslide practical seminar ALPS1990 pp.18-28.
- * FLAGEOLLET J.C., 1989, Les mouvements de terrain et leur prévention, Masson, Paris, 224 p.
- * JORDA M., 1977, Les formations à blocs des milieux subalpins et alpins des Alpes de Haute-Provence, Colloque sur le périglaciaire d'altitude du domaine méditerranéen et abords, Strasbourg.
- * JORDA M., 1980, Morphogénèse et évolution des paysages dans les Alpes de Haute-Provence depuis le tardi glaciaire, facteurs naturels et facteurs anthropiques, Bulletin de l'association des géographes français, n°472 juil-oct, pp.295-304.
- * JORDA M., 1983, Eboulis et glaciers rocheux, Bulletin de l'association des géographes français, n°491, pp.15-24.
- * LAVAGNE A., 1968, La végétation forestière de l'Ubaye et des pays de Vars, Thèse Aix-Marseille.
- * MAQUAIRE O., 1990, Recherche sur les mouvements de terrains de la côte du Calvados en vue de leur prévention, thèse de doctorat Strasbourg I, 431p.
- * MARTINAUD, Equilibre naturel et aménagement touristique, Le cas des stations de sport d'hiver dans les Alpes françaises, 57p.
- * NEBOIT, 1972, L'homme et l'érosion, Clermond-Ferrand, Association des publications de la Faculté de lettres et sciences humaines, 183p.
- * OZENDA P., 1986, La cartographie écologique et ses applications, Masson, 160p.
- * PEGUY Ch. P., 1947, Haute Durance et Ubaye, Grenoble, Arthaud, 311p.

- * PECH P., Méthode statistique pour la cartographie des zones exposées à des risques, revue de géomorphologie dynamique, 1988, pp.49-60.
- * PIHAN J.L., 1988, L'érosivité des pluies en France, Rennes Auraur, 201 p.
- * PLAN J., 1968, la fenêtre de Barcelonnette, Bull. du service de la carte géologique de la France, Tome LXI, n°280, Paris, Dunod, pp.437-529.
- * PONCET A., 1981, Montagne et aménagement, Colloque de Chamonix, Grenoble, Laboratoire de la montagne alpine, pp.103-111.
- * VERSTAPPEN H., VAN ZUIDAM R., 1989, The ITC System of geomorphologic survey, a basis for the evaluation of natural resources and hazards, pp.1-11.

D O C U M E N T S U T I L I S E S

- * Carte géologique, 1974, extrait de la carte géologique de la France, CP. Kerckhove, 1/50.000^e.
- * Plan d'occupation des sols, 1974, 1989, Commune d'Enchastrayes, 1/5.000^e.
- * Carte topographique, 1982, Jausiers, I.G.N. 1/25.000^e.
- * Carte Zermos, 1977, Larche-Barcelonnette, Borel L. et Lavagne A., Université Provence - Marseille.
- * Carte de l'Inventaire Forestier, 1986, Alpes de Haute-Provence, O.N.F., 1/200.000^e.
- * Carte géomorphodynamique, 1990, Enchastrayes, Augier C. et Rebmann T., 1/10.000^e.
- * Missions aériennes
 - 04 I.F.N. 1982 1/17.000^e
 - 04 I.F.N. 1974 1/17.000^e
 - Allos-Guillemestre 1948 1/30.000^e.