

Délimitation d'unités de paysage sur des photographies aériennes

Éléments de réflexion pour la définition d'une méthode de tracé

J.-P. Legros ⁽¹⁾, O. Kolbl ⁽²⁾ et P. Falipou ⁽³⁾

1 : Directeur de Recherche. INRA, place Viala, 34060 Montpellier, cedex 01 France

2 : Professeur de Photogrammétrie. EPFL, 1015 Lausanne, Suisse

3 : Assistant Ingénieur. INRA, place Viala, 34060 Montpellier, cedex 01 France

RÉSUMÉ

Cet article a pour objet de discuter la "reproductibilité" de zonages faits par photo-interprétation et visant à délimiter des unités de paysage. Il s'agit très précisément d'une étude de "fidélité" au sens statistique du terme : les zonages proposés par différentes personnes sont-ils identiques ? Pour répondre, on se base sur la superposition de 20 zonages réalisés sur le même cliché par 20 binômes d'étudiants travaillant séparément. Certaines limites naturelles qui s'inscrivent à la fois dans le relief et dans la végétation sont perçues par tous les observateurs. D'autres, au contraire, sont plus ou moins bien reconnues ce qui conduit à des tracés qui ne coïncident pas. On s'efforce d'analyser les raisons des désaccords. En conclusion, on propose quelques règles visant, sinon à supprimer, du moins à limiter la part de subjectivité liée à ce genre d'exercice qui est très pratiqué dans le cadre de cartographies réalisées à moyenne ou petite échelle (délimitation des pédopaysages).

Mots clés

Photo - interprétation, paysage, cartographie, limite de sol, croisement de cartes, SIG mode vecteur.

SUMMARY

LANDSCAPE UNITS DELINEATION FROM AREAL PHOTOGRAPHS

The aim of this paper is to evaluate to what extent regional landscape delineations obtained by photo-interpretation are similar when the drawings of several observers are compared. To conduct this study, we considered the maps produced by 40 students working in pairs on the same photograph. Figure 2 presents the region and the figure 3 gives the result of the overlay of the 20 maps produced. The natural limits for both the vegetation and the topography are recognised by most observers. The others boundaries proposed by the different teams do not match as well. We tried to analyse the reasons for the discrepancies. We also compiled a synthesis of the drawings with the Arc-Info software using an automatic process to avoid subjective interpretation (figure 5). In conclusion, we have tried to formulate some rules in order to reduce the subjectivity that may exist in such photo-interpretation.

Key-words

Photo - interpretation, land scape, cartography, soil delimitation, map overlay, vecteur GIS.

RESUMEN

DELIMITACIÓN DE UNIDADES DE PAISAJES SOBRE FOTOGRAFÍAS AÉREAS:

Elementos de reflexión para la definición de un método de trazado.

Este artículo tiene por objeto de discutir la "reproductibilidad" de "zonificación" hechos por foto-interpretación cuya búsqueda es de delimitar unidades de paisaje. Se trata de un estudio de "fidelidad" en el sentido estadístico de la palabra: ¿son idénticos los zonajes propuestos por distintas personas? Para contestar, se estudió la sobreposición de 20 "zonificaciones" realizados por 20 parejas de estudiantes trabajando separadamente. Ciertos límites naturales que se inscriben a la vez en el relieve y en la vegetación están percibidas por todos los observadores. Otros, al contrario, están más o menos bien reconocidos, lo que llega a trazados que no coinciden. Se esfuerza de analizar las razones de los desacuerdos. En conclusión, se propone algunas reglas que permiten, si no suprimir, por lo menos limitar la parte de subjetividad ligada a este tipo de ejercicio muy practicado en el marco de cartografías realizadas a medianas o pequeñas escalas (delimitación de pedopaisaje).

Il est prouvé depuis plus d'un siècle que la répartition des sols dans le milieu naturel, dépend de la répartition des roches, des végétations et des climats. Plus récemment, on a mesuré dans quelle proportion la connaissance des caractères du milieu naturel (altitude, pente, couverture végétale et roche) permettait de retrouver, dans différents cas, des cartes de sols bâties par ailleurs (Robbez-Masson et al., 1991). On a aussi montré que la télédétection permettait, dans une certaine proportion, de retrouver ou de prédire le zonage proposé au sol par des cartographes travaillant à l'échelle du 1/250 000 (Girard, 1995). L'intérêt de l'étude du paysage, dans le cadre de la délimitation des sols, n'est donc plus discutable. Ainsi, beaucoup de cartographies pédologiques commencent-elles par une délimitation, sur photographie aérienne d'unités de paysage (Mabbut, 1968 - Fridland, 1976). Cela sert à construire un plan d'échantillonnage (identification des endroits où il est indispensable de se rendre) et à amorcer la cartographie (définition des aires sur lesquelles les observations ponctuelles faites au sol peuvent être extrapolées). Cependant, cette délimitation est souvent empirique et ne donne pas lieu à une validation ou à une étude de précision. Cela se comprend car elle ne constitue pas l'objectif réel de la cartographie ; elle a un caractère accessoire (c'est un moyen) et il est inutile d'y passer trop de temps. Si elle devait mettre en œuvre des procédures trop complexes, mieux vaudrait alors y renoncer et la remplacer par des observations plus nombreuses faites directement sur le terrain.

Cependant, à titre expérimental, il est intéressant de s'interroger sur la validité et la précision de ce type de pré-zonage. Mais

nos ambitions restent mesurées. En effet, nous n'avons pas encore les moyens de décrypter complètement la démarche correspondante et de la reconstituer par simulation informatique. Nous voulons seulement examiner si elle a un caractère reproductible d'un cartographe à l'autre. Il s'agit donc d'un test effectué "pour voir". Dans le même temps, on observe que les cartographes sont plutôt avares d'informations - et de publications - sur une partie essentielle de leur activité : la méthode qui leur permet de tracer une limite ici et pas ailleurs. Notre exercice permettra peut-être d'y voir plus clair à ce sujet. Dans la première partie de l'exposé nous présentons la méthode. Dans la seconde nous donnons et discutons les résultats.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

L'exercice de contrôle que nous avons réalisé a mobilisé 40 étudiants de troisième année de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL, Suisse). Ces étudiants, appartenant aux sections de Génie Rural appelées "Mensurations" et "Environnement", ont l'habitude d'utiliser des photographies aériennes, à défaut de bien connaître la photo-interprétation appliquée à la Science du sol. Ils ont été regroupés en binômes. Chaque binôme a reçu trois photographies de numéros consécutifs de telle manière que le cliché central, objet de l'étude, puisse être observé complètement sous stéréoscope. La carte topographique correspondant à la zone étudiée était fournie en même temps. On peut évidemment penser qu'il aurait été préférable de travailler avec des spécialistes. Mais il

est plus facile de réunir 40 étudiants que 40 cartographes professionnels !

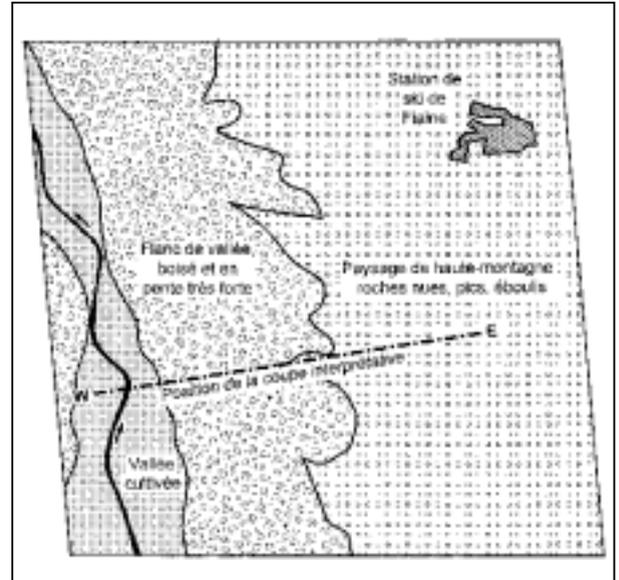
L'étude a porté sur un secteur des Alpes françaises. On a sélectionné deux types de photographies. D'une part les clichés n°35, 36 et 37 de la mission "Cluses-Chamonix" (F80 300-3530-3630, Cluses 35-30). Ceux-ci, datés du 3 septembre 1980, sont en noir et blanc, à l'échelle du 1/30.000. Chacun représente environ 228 mm x 228 mm soit 4680 ha. Mais il s'agit d'une simple estimation car l'échelle varie sensiblement d'une partie à l'autre de l'image à cause d'un relief très accusé. La zone étudiée dans cet article correspond donc au cliché central n°36. D'autre part, nous avons utilisé des clichés en couleur pris en 1993 (planche couleurs), ceci à des fins de contrôle. La carte topographique fournie aux étudiants, la feuille de Cluses, était à l'échelle du 1/50.000. On aurait pu songer à fournir aux étudiants la carte à 1/25 000, elle aussi disponible. Mais nous avons voulu éviter qu'ils entrent dans des détails pas vraiment intéressants compte tenu de l'esprit de l'exercice. Avec ces éléments les étudiants devaient reconnaître et délimiter les principales unités de paysage de la photographie n°36.

Il convient de préciser immédiatement ce que l'on entend ici par "paysage". Puisque l'on travaille sur photographies aériennes panchromatiques, le paysage est perceptible seulement au travers de 3 éléments (Legros, 1996) : on observe d'abord le relief d'ensemble et de détail (stéréoscope), ensuite la couverture végétale naturelle ou anthropique et, enfin, les infrastructures d'origine humaines telles que les routes ou la taille des parcelles. Le reste relève du raisonnement déductif. Par exemple, on reconnaît un alpage en observant à la fois une surface en prairie (végétation), située en altitude et sur des pentes pas trop excessives (relief), comprenant en général un chalet avec chemin d'accès (infrastructures). La nécessité de cette "approche tridimensionnelle" des unités de paysage a été exposée aux étudiants dans le cours qui a précédé l'exercice.

La délimitation des unités de paysage peut sembler ici très facile. On est dans un cas d'école : trois unités très caractéristiques sont représentées sur le cliché (figure 1). A gauche, la vallée de l'Arve (torrent qui provient de Chamonix) apparaît très caractéristique avec sa surface plane et son occupation par des champs cultivés. A droite de la photo, le massif de haute montagne de Platé (station de ski de Flaine) est tout à fait typique avec ses rochers nus, ses névés et l'absence presque totale d'infrastructures anthropiques. Entre les deux unités précédentes, au cœur de la photo, apparaissent les pentes boisées qui forment le flanc droit de la vallée et représentent une dénivellation de 1 300 mètres et parfois plus. La figure 2 représente une coupe interprétative d'ouest en est dans le secteur. Dans le détail, les unités de paysage sont assez compliquées. Les alluvions de la vallées sont localement recouvertes par des cônes de déjection liés à des torrents qui arrivent perpendiculairement. Les pentes boisées ont différents

Figure 1 - Représentation des principales unités de paysage et trace de la coupe interprétative, (Photographie aérienne "Cluses-1980-n° 36).

Figure 1 - Map of the main landscape units and position of the cross section on the aerial photograph (Cluses-1980-n°36).



types de couvertures végétales (feuillus et résineux) et une topographie de détail complexe (replats, falaises...). La haute montagne présente aussi différents paysages : pics formés de rochers nus, grandes surfaces sub-horizontales rabotées par les glaciers, alpages. Il est donc évident que les différents observateurs auront une certaine latitude d'interprétation et n'auront aucune chance de délimiter exactement de la même façon toutes ces unités. Cette photographie n°36 a servi par ailleurs de support à un exercice assez complet de photo-interprétation pouvant servir de complément à cet article (Legros, 1996).

L'exercice de délimitation a duré 2 heures. On n'a pas donné aux étudiants d'indications particulières de façon à ce que ceux-ci se trouvent dans les mêmes conditions qu'un photo-interprète isolé, parfaitement maître de son travail. Toutefois, il convenait d'obtenir que tous les étudiants travaillent avec le même degré de détail. Nous pouvions craindre en effet que les uns s'en tiennent à la différenciation "vallée/pente/montagne" tandis que les autres auraient pu entrer dans un luxe de détails et distinguer chaque bois ou chaque champ ! On a donc, avant l'exercice, montré aux étudiants un exemple d'un travail semblable, réalisé lui aussi sur des photographies à 1/30.000 mais dans une région différente. Ainsi, chacun pouvait avoir une idée de l'ordre de grandeur du nombre de paysages qu'il fallait délimiter. Nous avons conseillé aux étudiants d'identifier entre 10 et 15 paysages différents.

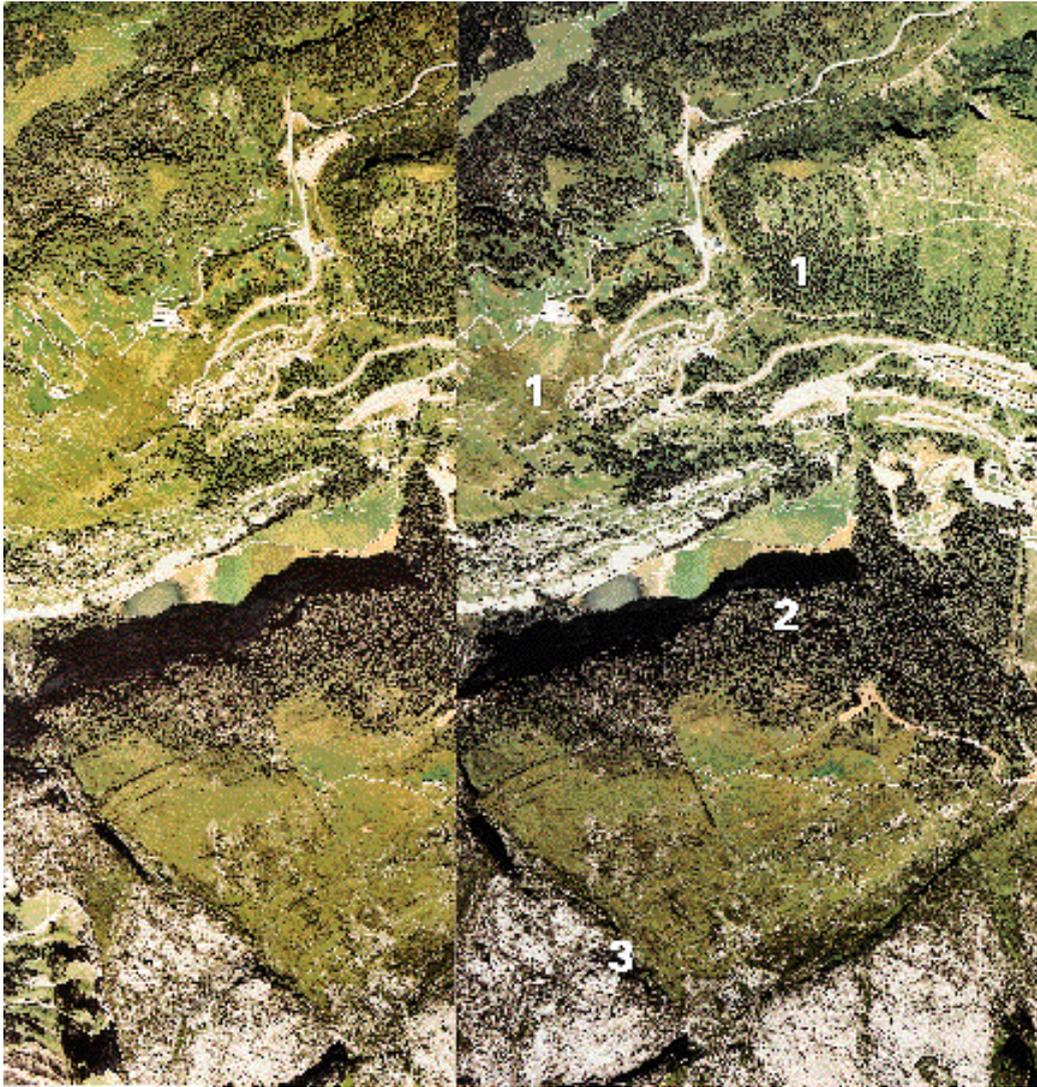


Planche couleurs -
Observation
stéréoscopique de
paysages correspondant
à la photographie noir et
blanc étudiée (à partir des
photographies aériennes
IGN couleur n°1003,
1004, 1041 et 1042 ;
mission Cluses à
1/20 000 ; clichés pris
vers 10 heures du matin -
heure d'été - le
21/8/1993).

Colour map -
Stereoscopic
observation of some
landscapes
corresponding to the
black and white
photograph studied
(extracted from color
IGN views n°1003,
1004, 1041 and 1042,
flight : Cluses color
mission 1/20 000 ;
photographs taken at
10 am, 8/21/1993).

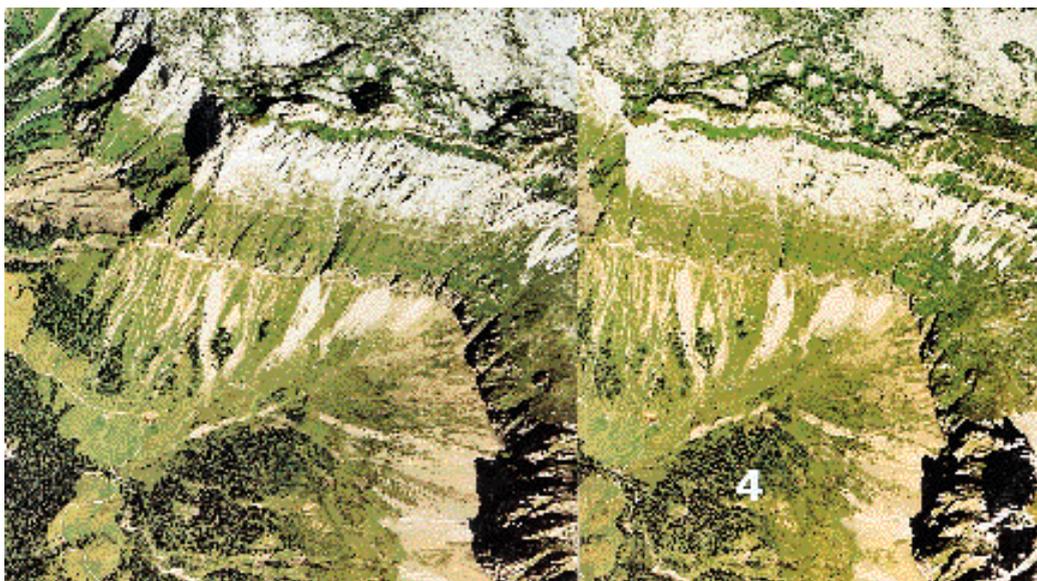
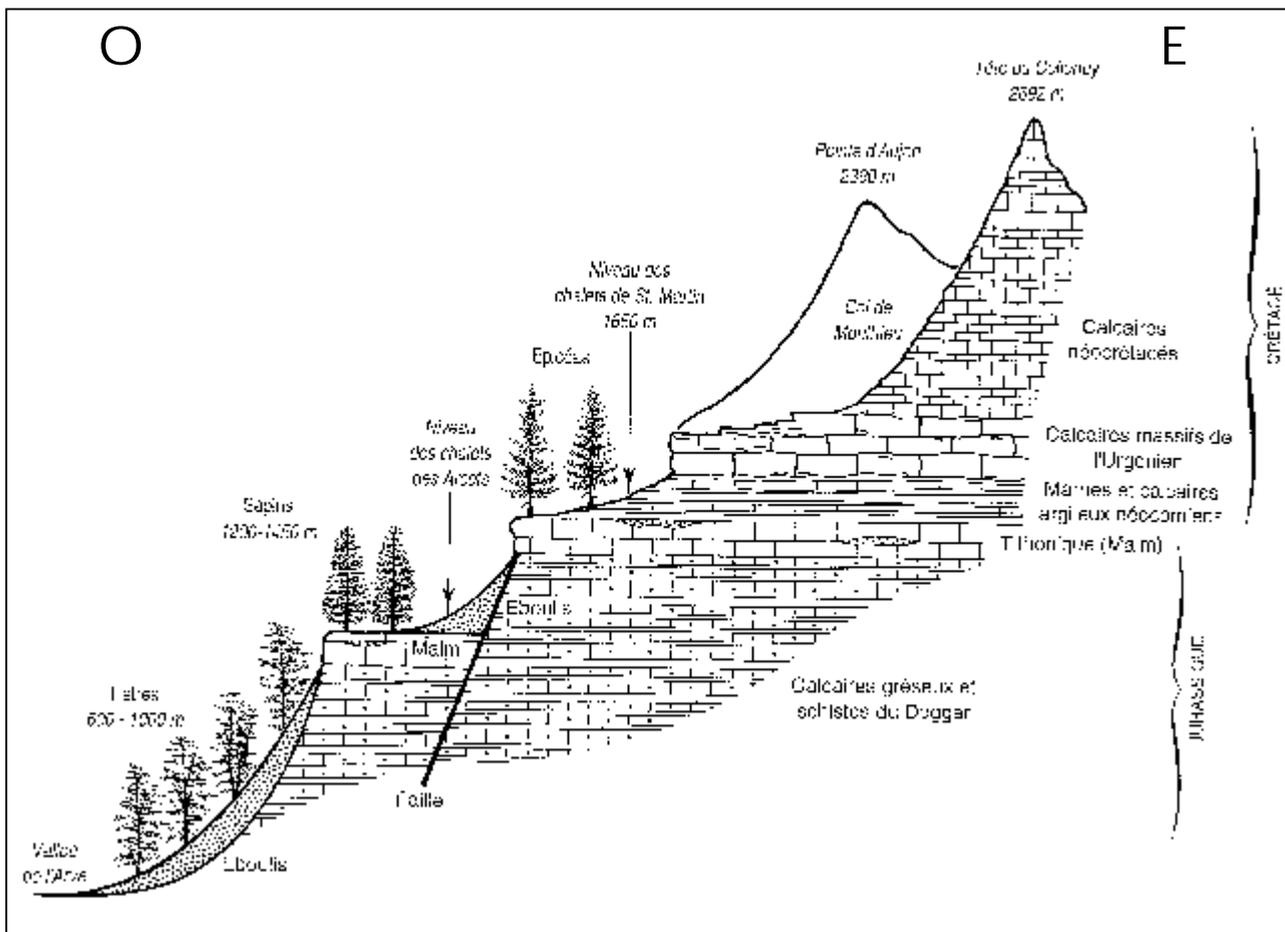


Figure 2 - Coupe interprétative simplifiée O-E entre vallée de l'Arve et Massif de Flaine.

Figure 2 - Interpretative W-E cross section between the valley of the Arve and Flaine's mountains.



RÉSULTATS ET DISCUSSION

Résultats

La figure 3 a été obtenue en superposant les dessins réalisés par les 20 binômes. Pour cela on a digitalisé les 20 cartes au moyen du SIG Arc/Info. Le cadre n'est pas rectangulaire car nous avons corrigé l'image pour qu'elle se superpose au mieux au fond topographique. La déformation considérable s'explique largement par la grande différence d'altitude entre la partie gauche et la partie droite du cliché.

Par ailleurs, la précision obtenue au niveau de la superposition est très médiocre. En effet, les étudiants ont utilisé de simples photocopies du cliché n°36 pour recopier leurs limites. Les points de calage sont des points caractéristiques de l'image (carrefours, maisons), les quatre coins du cadre n'étant pas concernés. Compte tenu de nos objectifs, les décalages sont

plutôt un avantage : ils permettent de différencier des traits qui, sans cela, pourraient être parfaitement superposés.

Les binômes d'étudiants ont en fait reconnu en moyenne 19,9 paysages chacun.

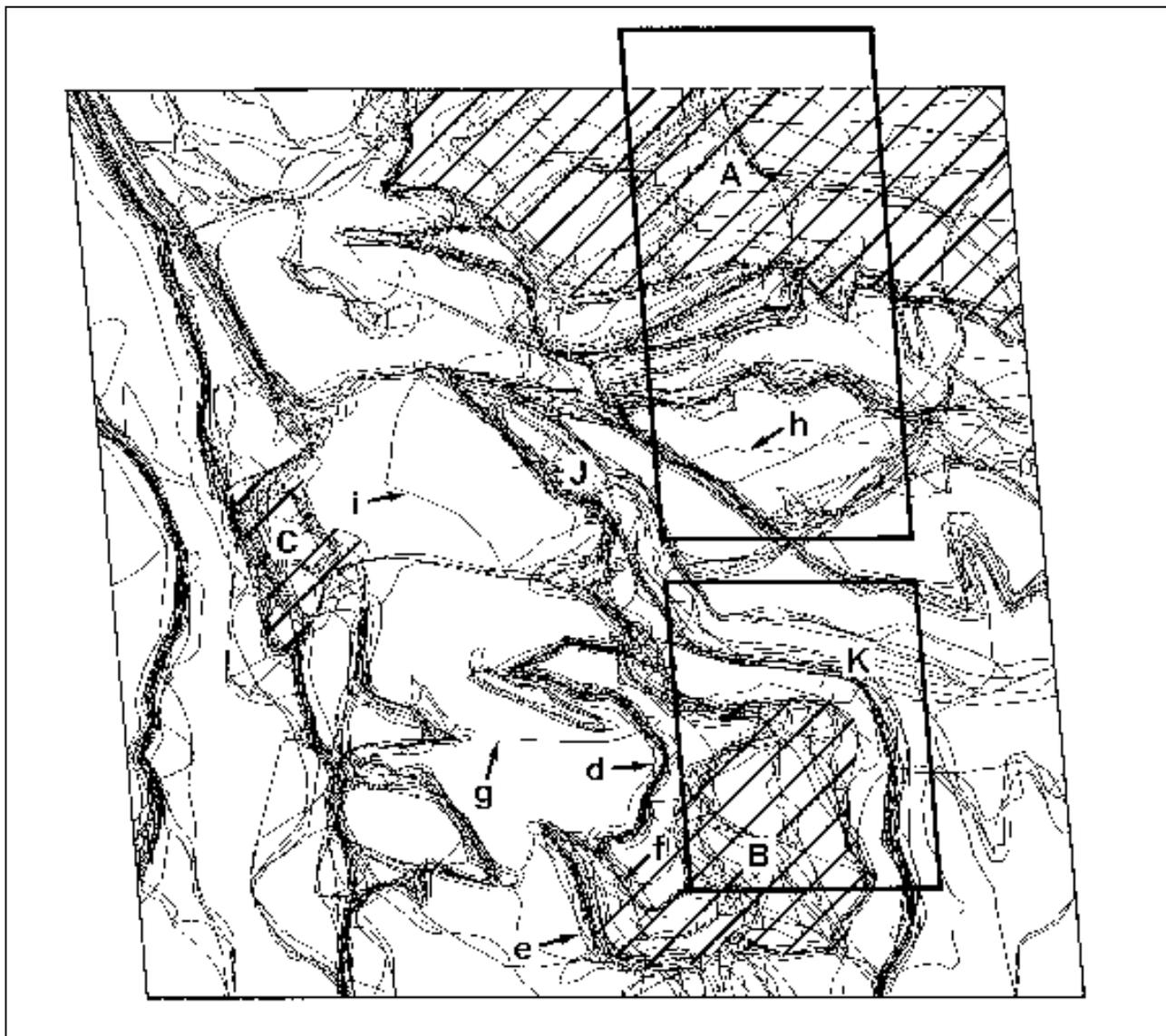
Discussion

Ces résultats amènent les commentaires suivants.

1) Il existe sur la figure 3 de nombreuses limites reconnues par tous. Cela veut dire que le paysage n'est pas quelque chose de complètement subjectif et lié à l'observateur. Les unités de paysage existent objectivement et chacun peut les reconnaître. En particulier, les limites entre vallée et flanc de vallée ou entre flanc de vallée et haute montagne apparaissent comme des limites nettes et indiscutables. La délimitation des paysages, tout en restant empirique, n'est probablement pas si arbitraire qu'on aurait pu croire.

Figure 3 - Résultat de la superposition de 20 essais de zonage des paysages.

Figure 3 - Overlay of the 20 trials of landscape recognition and delineation, the letters (A, b, ..., i) represent features that are presented in the text.



2) A l'inverse, il existe des zones dont les limites et le contenu ne sont pas très clairs si bien que les tracés des différents observateurs divergent ou plus exactement se recoupent en tous sens. Trois zones, notées A, B, C et hachurées sur la figure 3, sont typiques de ce point de vue.

- La zone A qui correspond à une sorte de grosse croupe faite de grès massifs, n'a effectivement pas une organisation très claire permettant de la subdiviser en sous-zones (planche couleurs, zone 1). Les étudiants, sans doute gênés de laisser dans un seul paysage une surface de 510 ha environ, se sont

laissés aller à une tentative de subdivision qui n'est guère valable.

- La zone B est plus intéressante à considérer. Elle représente 235 ha environ et correspond à un très grand éboulis, situé sous une falaise avec zones d'arrachement. L'éboulis est colonisé par des résineux dans sa partie basse. Pour un spécialiste de la géomorphologie ou du sol, la délimitation paraît simple : l'éboulis représente une unité distincte et le fait qu'il soit localement recouvert d'arbres semble un caractère secondaire. Mais, pour un certain nombre d'étudiants, non

spécialistes des Sciences de la terre, la limite de la forêt paraissait particulièrement visible ; c'est elle qui a été suivie. Cette zone peut être observée sous un stéréoscope de poche par le lecteur. Elle correspond à la référence n°4 sur la planche couleurs. On fera attention à bien placer le stéréoscope perpendiculairement à la bande photographique.

- La zone C, de 40 ha, correspond à une pente initialement boisée dont les replats ont été largement défrichés pour installer des cultures. Certains étudiants l'ont considérée comme un tout, ce qui est assez justifié compte tenu de l'échelle. Mais d'autres ont tenu à suivre le contour plutôt complexe des différentes clairières.

Dans les trois cas (zones A, B, C), il semble qu'une trop grande importance a été accordée par de nombreux observateurs à la couverture végétale. Certes elle est particulièrement visible mais reste largement hétérogène, voire à répartition aléatoire, par rapport aux autres caractères qui donnent à chacune de ces zones une certaine unité : altitude, géomorphologie, exposition... Il est fréquent d'obtenir un tel résultat lors d'essais de photo-interprétation confiés à des personnes peu entraînées.

3) Les observations que nous venons de faire permettent de comprendre l'origine principale des difficultés que l'on peut rencontrer dans la délimitation des paysages. Quand plusieurs facteurs de l'environnement varient en même temps, la limite qu'ils déterminent est bien perçue et tracée. Par exemple, le passage entre la vallée et le flanc de vallée est matérialisé à la fois par un changement de pente et par un changement de végétation. Sur la planche couleurs, la limite située sous le chiffre 3 est aussi une limite forte, à la fois topographique et végétale. En revanche, quand un seul facteur de l'environnement est modifié, il faut déterminer si cela est suffisant ou non pour introduire une limite. Par exemple, est-il utile de tenir compte du passage de la forêt à une pelouse à graminées si toutes les autres conditions de milieu restent apparemment inchangées ? Il est évident que la réponse dépend des objectifs de l'étude.

4) Un cas particulier du problème précédent est celui d'une limite forte, basée sur la variation simultanée de plusieurs facteurs mais limite qui, en un certain lieu, devient plus floue par ce que les deux facteurs qui la déterminaient cessent de varier de concert. Par exemple, la limite marquée "d", sur la figure 3, est nette car à la fois morphologique (plat/pente) et végétale (forêt/pelouse). En revanche, les limites "e" et "f" qui lui font suite vers le sud sont moins bien perçues car la limite de pente (e) se sépare, à ce niveau de la limite végétale (f). Cela veut dire que la délimitation d'une unité de paysage peut paraître très précise sur une partie de son pourtour et beaucoup plus discutable ailleurs. On pourra observer un cas de ce type sous le stéréoscope (planche couleurs, secteur n°2).

5) Certaines limites introduites par un seul binôme d'étudiants nous ont surpris (voir les traits g, h ou i sur la figure 3). Elles coupent par le milieu des plages qui ont paru parfaitement homogènes à 38 observateurs sur 40. Ces découpages, très probablement intempestifs, ne sont cependant pas trop gênants en pratique. En effet, dans beaucoup d'applications, la définition des unités de paysage a pour seul objet de faciliter l'enquête sur le terrain. Si une limite supplémentaire et inutile a été introduite, l'observateur s'en rendra compte lors de la prospection au sol et il pourra la supprimer.

6) Certaines limites, pourtant particulièrement nettes peuvent donner lieu à différentes interprétations. C'est le cas pour la série de traits parallèles qui interviennent entre les points J et K sur la figure 3. Il s'agit là d'une falaise dans des calcaires massifs. Elle sépare d'un côté la pente forte boisée, de l'autre un haut plateau constitué de roches nues. La falaise, particulièrement nette représente un développement quasi vertical d'environ 200 mètres. Sur la figure 2, elle correspond à la marche d'escalier située à la plus haute altitude. Or, les observateurs ont hésité. Certains ont voulu positionner leur limite en pied de falaise pour différencier d'une part les zones boisées et d'autre part les roches nues. D'autres ont positionné leur limite en haut et au bord de la falaise pour distinguer surtout les zones à peu près planes des zones en pente forte. Comme la photographie est prise légèrement en oblique à cause du relief et comme la précision du positionnement des limites est faible, le résultat est l'obtention, par superposition des cartes, d'un assez grand nombre de traits parallèles. Dans un tel cas, il faudrait que les observateurs se mettent d'accord sur une stratégie de délimitation, ceci en fonction des objectifs de l'étude.

Essai de synthèse

1) La figure 4 différencie les zones dans lesquelles on trouve une grande densité de traits. Elle permet donc de retrouver les limites majeures observées dans le paysage par la plupart des photo-interprètes. Elle a été obtenue avec le logiciel Arc/Info à la suite d'une série de traitements automatiques, c'est-à-dire non subjectifs :

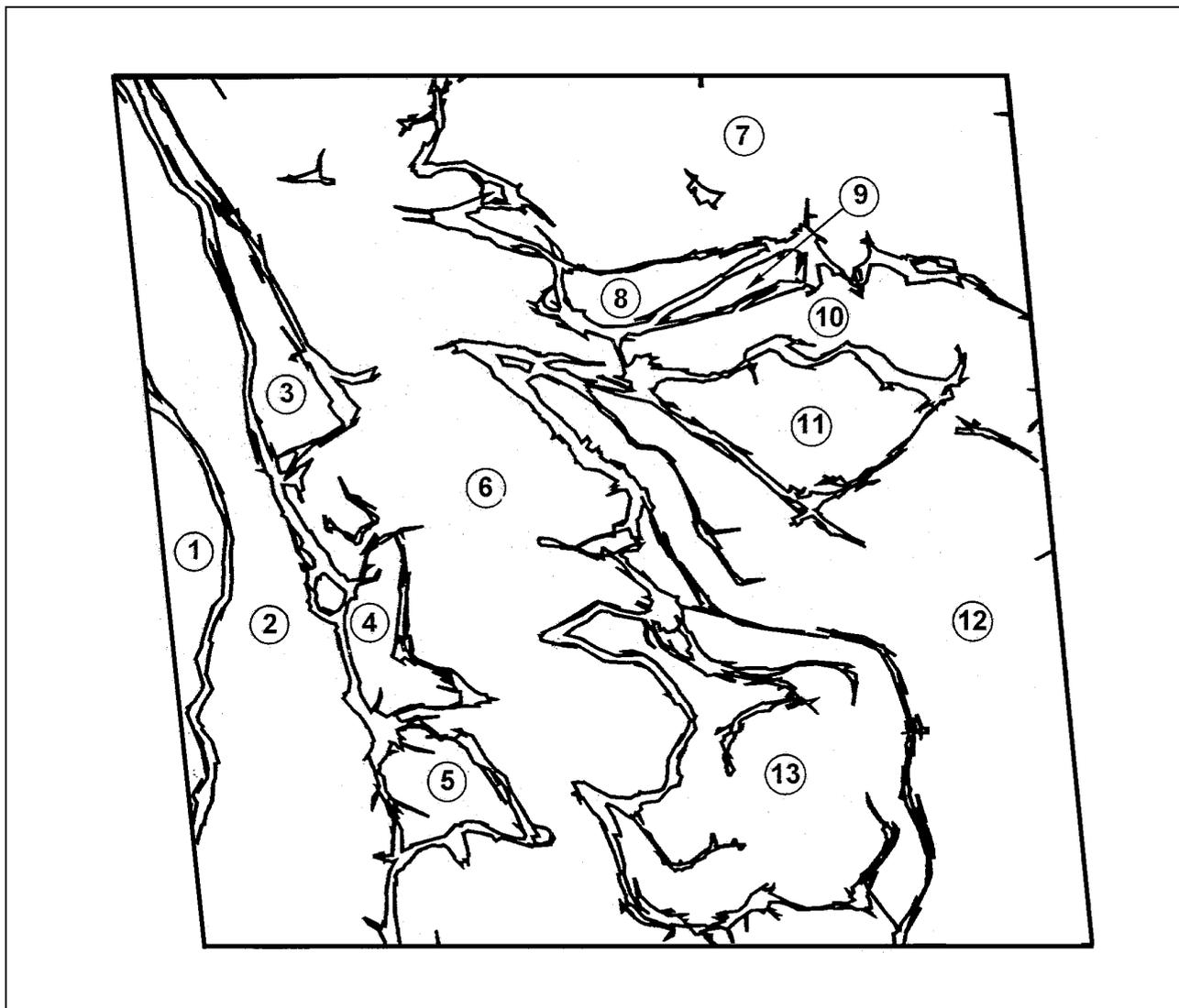
- Élimination de tous les polygones dont la taille est supérieure à 1 ha. Ceci revient à conserver seulement les endroits où beaucoup de traits s'entrecroisent.

- Élimination des lignes séparant les minuscules polygones ainsi sélectionnés (fonction DISSOLVE d'Arc/Info). Ceci a pour conséquence principale de laisser subsister seulement les limites les plus externes des zones à forte densité de trait. En même temps le nombre de polygones traités diminue considérablement et leur taille augmente.

- Enfin, élimination manuelle des polygones isolés qui résultent de croisements de traits et non pas d'alignements de traits. Ces polygones ne correspondent donc pas à l'une ou l'autre des discontinuités que nous recherchons dans le paysage. Au total, les discontinuités principales observées dans les paysages permettent de distinguer 13 grandes unités sur la

Figure 4 - Identification des principales limites séparant les unités de paysage. Les principales unités de paysages sont repérées par un numéro de 1 à 13.

Figure 4 - Major landscape units with their boundaries.



photographie aérienne. Leur contenu est spécifique en principe mais on note que les unités 3, 4 et 5, séparées géographiquement, ont un contenu similaire : pente + couverture forestière avec feuillus dominants (Richard, 1975).

2) On peut se demander si le même exercice de recherche des discontinuités ne pourrait pas être conduit d'une manière quantitative : pondérer chaque limite en fonction du nombre de traits qui la composent. Ainsi pourrait-on, en théorie, distinguer les limites à 20 traits, les limites à 19 traits, etc. Mais nous n'avons pas trouvé d'algorithme fiable pour faire cela. Il reste cependant possible de

distinguer à l'œil, en faisant des décomptes, des discontinuités principales (plus de 10 traits parallèles), des discontinuités secondaires (de 5 à 10 traits) et des discontinuités mineures voire douteuses (moins de 5 traits). Mais, il ne serait pas possible de se servir de cela pour calculer une erreur sur la position des limites de paysage compte tenu du fait qu'aucun effort particulier n'a été fait pour obtenir des tracés réellement très précis. Nous l'avons déjà signalé. On obtient en définitive la figure 6 sur laquelle les zones de discontinuités sont représentées en noir, les discontinuités majeures correspondant aux traits les plus épais. Cela per-

met de constater que les 13 paysages reconnus peuvent être, au moins dans certains cas, subdivisés en entités plus petites. Par exemple, sur la figure 5, la zone Y est découpée en trois sous unités :

Y1 : falaise, zones d'arrachement et éboulis non stabilisé,

Y2 : éboulis couvert par la forêt ou la pelouse, en pente forte,

Y3 : alpage en pied d'éboulis, sur pente faible ou même en position sub-horizontale.

Les paysages sont donc emboîtés et s'inscrivent dans une sorte de hiérarchie. En dépit du grand nombre d'observateurs, nous n'avons pas pu reconnaître plus de deux niveaux hiérarchiques en travaillant à la seule échelle du 1/30.000. Pour regrouper convenablement ces 13 unités majeures, il faudrait sans aucun doute travailler sur des clichés à des échelles plus petites. De même, pour introduire un niveau supplémentaire de division et découper ces 13 unités, des clichés plus détaillés seraient très utiles. Nous n'aborderons pas ici le problème de la dénomination de ces unités de paysage. Beaucoup d'auteurs ont proposé des terminologies pour cela mais aucun consensus n'est encore apparu (Brabant, 1989 ; Bergeron et al., 1992, Douay, 1994 ; Bornand et al., 1995 ; Bertrand, 1995).

3) La longueur des discontinuités majeures c'est-à-dire identifiées par une majorité d'observateurs a été mesurée au moyen d'Arc/Info. Elle représente 108 km environ. La longueur des discontinuités mineures, reconnues par un nombre d'observateurs compris approximativement entre 5 et 10, représente environ 25 km. Dans le même temps, les photo-interprètes ont tracé des limites sur leurs photographies représentant entre 157 km (minimum) et 249 km (maximum), la moyenne s'établissant à 185 km. Ce chiffre représente près de deux fois la longueur des limites reconnues par tous (108 km), celles-ci étant probablement les plus fiables ! La non-concordance de beaucoup de traits montre que c'est beaucoup trop et que, dans différents cas, les délimitations ont un caractère spéculatif. Il faut donc instaurer des règles, en photo-interprétation des paysages, pour éviter des tracés trop nombreux et trop peu étayés.

4) Il est enfin utile de se demander si on pourrait distinguer, sur la photographie aérienne, des secteurs où les paysages seraient typiques avec un contenu "homogène" et d'autres où ils seraient moins clairement définis et correspondraient donc à des zones de transition. La somme des surfaces de tous les paysages typiques, rapportée à la surface totale de la photo, définirait alors la proportion dans laquelle la région est structurée en paysages faciles à identifier et caractériser. Malheureusement, l'identification des zones de transition (qui sont intuitivement assimilées aux zones où beaucoup de traits sont présents), est en fait difficile. En effet, dans ces zones, toute plage cartogra-

phique non recoupée d'un trait, aussi petite soit-elle, peut théoriquement prétendre au statut de secteur homogène, reconnu comme tel par tous les observateurs. En d'autres termes, la définition de paysages typiques et homogènes implique, dans notre approche, le choix, totalement arbitraire, d'une taille limitée. Nous pensons donc que l'utilisation de SIG de type "vecteur" est mal adaptée à l'étude de ce type de problème. Pour approcher les notions de zone homogène et de zone de transition, il vaut mieux utiliser un SIG proposant un découpage de l'espace en pixels et regrouper ces pixels en analysant leur contenu (Robbez-Masson, 1994).

CONCLUSION

L'étude que nous avons menée et qui consistait à faire réaliser un exercice de photo-interprétation par 20 binômes d'étudiants travaillant en parallèle n'est évidemment pas parfaite dans sa conception méthodologique. D'une part, il aurait été préférable de mobiliser des spécialistes. D'autre part, de tels zonages devraient être élaborés sur le terrain, au moins partiellement. C'est bien le cas dans la pratique courante de la cartographie ; il est alors habituel de passer de l'observation directe du sol à l'observation de la photographie et réciproquement. Ce processus interactif était évidemment impossible à mettre en place dans le cadre de notre exercice qui était conduit au laboratoire. Cependant, cela n'empêche pas de tirer de l'essai quelques conclusions.

La délimitation d'unités de paysage, sur des photographies aériennes, est certes un exercice faisant pour une part appel à l'intuition, mais on s'aperçoit qu'il conduit à des résultats reproductibles d'un observateur à l'autre si on n'est pas trop ambitieux et si on accepte quelques règles fondamentales que cet exercice permet de mettre en évidence :

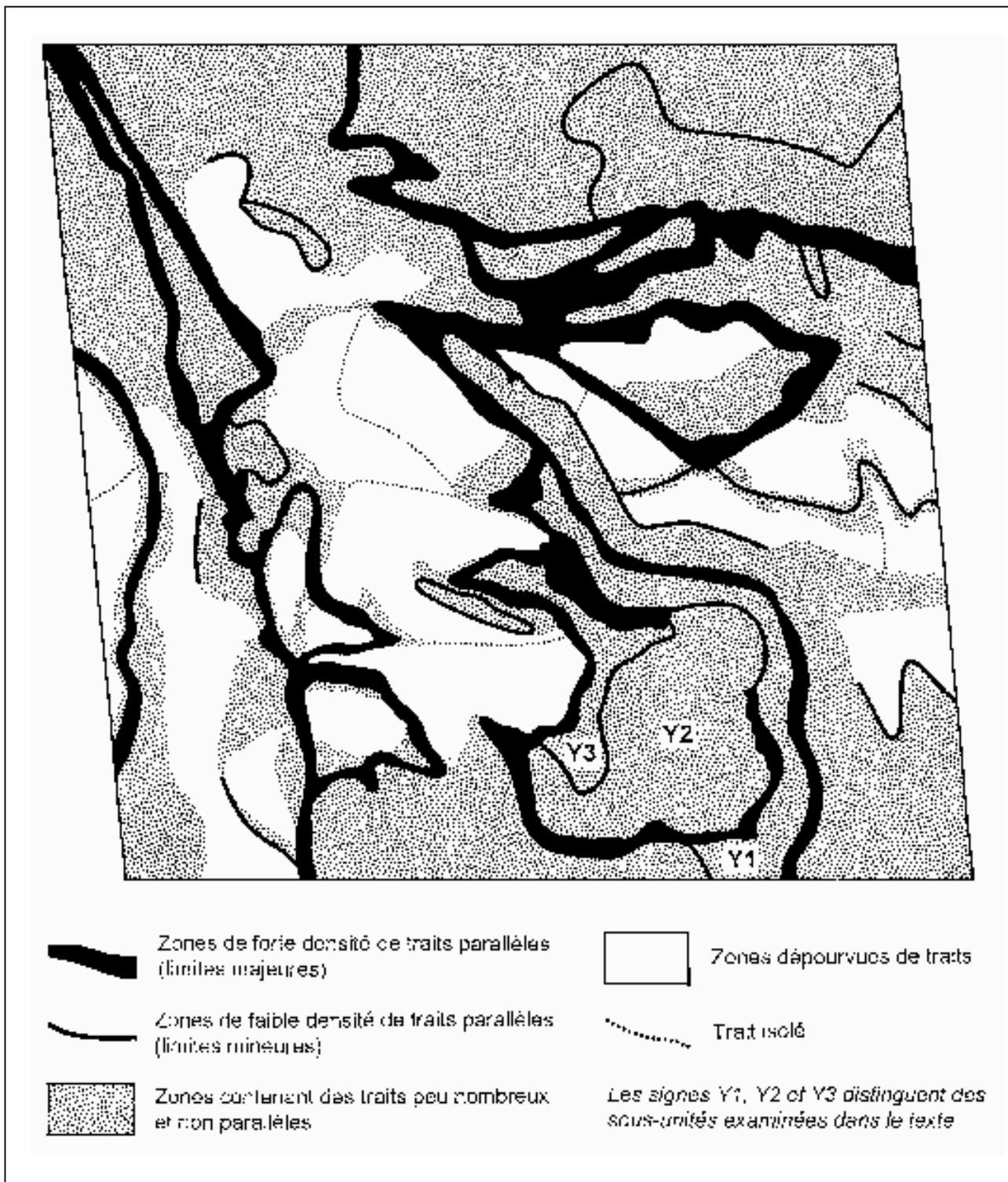
- tracer d'abord les discontinuités principales correspondant à la variation concomitante de plusieurs caractères de l'environnement ;

- cela étant fait, compléter (si c'est indispensable) la délimitation en se basant sur des discontinuités secondaires (variation d'un seul facteur de l'environnement) ; mais il faut alors s'arrêter dès que possible ; à cet effet et à titre de première approximation nous proposons de ne pas dépasser une longueur totale de traits de 1,5 fois L, si L est la longueur des limites principales (puisque les observateurs avaient tracé 2 fois L et que cela était manifestement trop) ;

- enfin, il ne faut pas perdre de vue que l'objectif est moins de repérer les discontinuités majeures dans le paysage que de regrouper dans la même plage cartographique les parties du paysage ayant de nombreux caractères communs. Dans cette optique, une falaise qui peut pourtant représenter localement une discontinuité majeure, n'est pas le support d'une limite cartographique si, à ses deux extrémités (vue de dessus), elle se

Figure 5 - Synthèse de tous les zonages.

Figure 5 - Summary of all boundaries.



perd dans la montagne et ne constitue donc pas la frontière naturelle sans césure d'une unité de paysage. C'est particulièrement évident s'il existe de nombreuses falaises de ce type sur la pente. Les unes et les autres constituent alors des éléments caractéristiques d'un paysage dont les frontières ont certainement d'autres déterminants.

Certes, les règles proposées n'ont pas nécessairement de valeur générale dans la mesure où elles dépendent de la région étudiée (ici la montagne) et dans la mesure où elles reposent sur un seul exemple. Elles ont simplement pour ambition de susciter la réflexion et surtout de montrer que la photo-interprétation des paysages, tout en restant empirique, pourrait être améliorée par l'introduction de quelques règles de travail. En particulier, les difficultés que nous avons rencontrées conduisent à l'idée qu'il faut définir une stratégie pour améliorer la qualité de tels zonages. Il faut en particulier hiérarchiser l'importance des facteurs du milieu à prendre en compte de façon à proposer le meilleur découpage possible si, par exemple, les limites correspondant à la couverture végétale, à l'emprise humaine et à la topographie en viennent à ne plus coïncider localement.

A la suite de ce travail, nous avons pu nous procurer les clichés en couleurs naturelles de la mission Cluses 1993 (FD 74/200C). Leur supériorité est absolue sur les clichés noir et blanc et ils sont aussi très préférables à des clichés infrarouge fausses couleurs. La distinction feuillus/résineux ne présente plus aucune difficulté. Les plages d'éricacées (sols très humifères) sont identifiées aisément. La couleur des sols nus est directement observable. Bref, ce n'est plus qu'une question de temps et de prix : les cartographes du sol remplaceront nécessairement un jour leurs photos panchromatiques par des photos en couleur.

BIBLIOGRAPHIE

- Bergeron J.F., Saucier J.P., Robitaille A., Robert D., 1992 - Quebec Forest Ecological Classification program. *The Forestry Chronicle*, vol 68, n°1, pp 53-63.
- Bertrand R., 1995 - Sols et paysages des zones tropicales humides d'Afrique de l'Ouest. In *Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides*. Collection : Documents, Systèmes Agraires, n°68, pp 68-89.
- Bornand M., Lagacherie Ph., et Robbez-Masson J.M., 1995 - Cartographie des pédopaysages et gestion de l'espace. In "La cartographie pour la gestion des espaces naturels". Colloque international, Saint-Etienne, édition provisoire, 8 p.
- Brabant P., 1989 - a. La cartographie des sols dans les régions tropicales : une procédure à 5 niveaux coordonnés. *Science du Sol*, vol 27, n°4, pp 369-395.
- Douay F., 1994 - Approche morpho-pédo-paysagère de la Flandre Intérieure. Résumé, 4e Journées Nationales d'Études des sols, A.F.E.S., Lille, p 47.
- Fridland V. M., 1976 - Pattern of the soil cover (traduit du russe). Israel. Program for scientific translation. Jérusalem, 291 p.
- Girard M.C. 1995 - Apports de l'interprétation visuelle des images satellitaires pour l'analyse spatiale des sols. *Étude et Gestion des Sols*, 2, 1, pp 7-24.
- Legros J.P., 1996 - Cartographies des sols. De l'analyse spatiale à la gestion des territoires. Presse polytechniques et universitaires romandes, 320 p.
- Mabbitt J. A., 1968 - Review of concepts of land classification. In *Land Evaluation. Papers of a CSIRO Symposium organised in cooperation with UNESCO*. Macmillan of Australia. pp 11-28.
- Richard L., 1975 - Carte écologique des Alpes au 1/50.000^{ème}. Feuille de cluses. Documents de Cartographie Ecologique, tome XVI.
- Robbez-Masson J. M., 1994 - Reconnaissance et délimitation de motifs d'organisation spatiale. Application à la cartographie des pédopaysages. Thèse ENSA de Montpellier, 157 p + annexes.
- Robbez-Masson J. M., Doledec A. F et Billy F., 1991 - Relation entre facteurs du milieu naturel et pédopaysages : choix des variables pertinentes pour une délimitation assistée. Comparaison de trois petites régions (Hérault, France). In *Séminaire INRA "Gestion de l'espace rural et S.I.G"*, pp 5-15.

