

INDICATEURS, AGRÉGATIONS ET BILANS , ÉLÉMENTS D'UNE MÉTHODOLOGIE CARTOGRAPHIQUE EN RÉGION MÉDITERRANÉENNE

Marcel BARBERO (MARSEILLE)

I - AVANT PROPOS

Dans le cadre des actions conduites par la Communauté Européenne et relatives à l'environnement nous avons été contacté comme expert, par la Société Méditerranéenne d'Ingénierie d'Aix-en-Provence (SOMI) pour tester -en Vaucluse et au Ventoux- la méthode pilote du "projet de cartographie écologique" mise au point, par le Professeur AMMER de l'Institut für Landschaftstechnik de Munich. Il faut rappeler ici que nous avons été responsable d'équipe dans le cadre du Contrat pluridisciplinaire de la D.G.R.S.T. (n°7470100) sur les équilibres biologiques au Ventoux et que nous avons dirigé sur ce même massif une thèse de spécialité en Cartographie (GUENDE, 1976).

La méthode du Professeur AMMER représente une étude préliminaire à l'élaboration d'un schéma de classement du territoire de la communauté sur la base de ses caractéristiques de l'environnement. Ses buts et sa finalité ont été d'ailleurs longuement développés dans un rapport pilote publié en 1976.

Un des objectifs majeurs poursuivis est la mise sur pied d'une politique de l'environnement communautaire afin d'assurer d'une manière globale planification mais aussi protection des milieux. Par cette méthodologie il s'agit avant tout d'exprimer par des cartes de gabarit et de conception facile, une série de caractéristiques du potentiel ou de la valeur environnementale d'un territoire, de traduire également les pressions dont ce territoire a été l'objet et de dresser un bilan sur les domaines essentiels qui caractérisent la région étudiée.

Notre consultation comme expert en Ecologie végétale s'est insérée dans l'équipe multidisciplinaire "Provence",

où participaient des Universitaires, des chercheurs du C.N.R.S. et des responsables des grandes administrations départementales, régionales et centrales. Précisons aussi que le projet global de cartographie écologique intéressait huit autres études de cas: Alsace, Allemagne - Autriche, Allemagne - Pays-Bas, Danemark, Belgique, Luxembourg, Irlande, Royaume Uni, Italie et de ce fait la méthode imposée devait être suffisamment souple pour s'adapter aux milieux naturels ou impactés de l'espace européen. Elle devait aussi répondre à trois niveaux d'objectifs :

- élaboration d'une banque de données environnementales,
- état d'un milieu par une matérialisation de ses ressources (potentiel) et des pressions auxquelles il est soumis,
- bilan qui est pour chacun des grands domaines de l'environnement (eau, air, sol, paysage, etc.) la résultante des pressions et des potentiels.

II - LA MÉTHODE

Cette méthodologie traduite par le biais expressif de la cartographie doit toujours présenter un maximum de transparence et de comparabilité afin que les résultats obtenus soient applicables dans tous les cas de figure.

1 - Les indicateurs

Le langage commun à tous les experts est l'indicateur. Le concept d'indicateur a ici une valeur totalement différente de sa définition biologique car loin de s'identifier à un organisme ou à un groupe d'organismes caractérisant un milieu, il se présente, en fait,

(1) Rapport présenté devant le Réseau de Cartographie Ecologique du Centre National de la Recherche Scientifique - Marseille, le 28 février 1980.

Liste des indices utilisés

Potentiel Paysages-Loisirs

- 1 - énergie du relief (courbes de niveau)
- 2 - surface des plans d'eau
- 3 - nombre de cours d'eau
- 4 - diversité bioclimatique
- 5 - superficie terres cultivées et herbages
- 6 - superficie des forêts
- 7 - formes typiques de végétation

Pression Paysages-Loisirs

- A - pression récréative
- B - densité urbanisation
- C - bruit
- D - pollution air
- E - qualité des eaux

bilan
Agrégation de deuxième
niveau

Matrice à double entrée liant Potentiel et Pression
avec seuils d'efficacité ou formules de bilan

Potentiel et Pression
Agrégation des indices
de premier niveau

Potentiel global-Paysages-Loisirs
(formules d'agrégation-notes maximum)
notes pondérées

Indices ou indicateurs
auxiliaires de Potentiel
naturel - Paysages-Loisirs

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

Pression Paysages-Loisirs
agrégation par notion de seuil
ou notes pondérées

Indices ou indicateurs
auxiliaires de Pression sur
les paysages

- A
- B
- C
- D
- E

Fig.1.- Exemples d'agrégations pour le domaine Paysage-Loisirs.

comme un descripteur synthétique regroupant plusieurs critères jugés efficaces pour traduire des potentiels et des pressions. Ces critères notamment peuvent être des caractéristiques écologiques du milieu (fig. 1).

Par exemple dans le cas "Provence" les indicateurs auxiliaires, -ou indices de pression du domaine air-qui ont été retenus, sont: densité de population, émissions polluantes industrielles, intensité du trafic. Ces trois indices constituent l'indicateur pression-air.

A la différence de ce qu'apportent les cartes écologiques dynamiques et de sensibilité des milieux (cf. Ventoux, GUENDE, 1978) il est impossible par cette méthode de traiter un écosystème, même dans ses aspects les plus synthétiques, et il faut choisir seulement quelques unes de ces caractéristiques les plus saillantes et paraissant répondre à l'objectif fixé au préalable.

Ainsi, dans le cas "Provence" l'indicateur de potentiel sol a été établi à partir de trois indices: valeur agronomique des sols, possibilité d'équipement, valeur des productions. On est donc très loin des critères habituellement utilisés et faisant référence aux grandes classes de sols et aux grands complexes de végétation. Cependant, la méthode est suffisamment souple pour que ces caractéristiques édaphiques puissent être introduites sur d'autres cartes d'indicateurs auxiliaires et associées ainsi aux données plus agronomiques.

En règle générale les indicateurs principaux nécessaires pour caractériser les grands domaines ne sont pas toujours disponibles parce que non expérimentés ou non soumis à des investigations de caractère scientifique. Il est alors possible et c'est là un des caractères opérationnels de la méthode et de sa souplesse d'adaptation, d'introduire des indicateurs de remplacement ou de substitution.

Pour la pression sur l'air les indicateurs proposés dans la méthode sont émission de SO₂, NO₂, CO et particules solides. En l'absence de mesure et comme nous l'avons déjà indiqué trois indicateurs auxiliaires ont été retenus: densité de population (chauffage domestique), émission polluante d'origine industrielle (type de production - nombre d'employés), intensité du trafic (nombre moyen journalier de véhicules).

En outre, ce concept d'indicateur peut s'adapter à des situations aussi nombreuses que différentes. Concernant le domaine paysage en terme de régénération et de protection nous avons continué en région méditerranéenne à conserver les trois indices proposés dans le rapport du Professeur AMMER:

- superficie boisée, utilisation extensive du sol (friches, fruticées,

maquis et garrigues), forme de végétation typique.

Mais comme nous le verrons plus loin, nous avons adapté le contenu de ces indices à la spécificité des milieux méditerranéens.

La notion d'indicateur permet également d'apprécier les conséquences indirectes de certains impacts: par exemple, si une autoroute augmente la pollution atmosphérique, accentue la pression et diminue par conséquent le potentiel naturel de l'air, des reboisements massifs, par contre, amplifieront à moyen terme ce potentiel en assurant une meilleure dispersion des polluants.

2 - Les agrégations

Superficie boisée, formes d'utilisation extensive du sol, forme de végétation typique constituent, nous l'avons vu, trois indicateurs auxiliaires de l'indicateur principal "domaine paysage en terme de régénération et de protection". L'agrégation consiste à "redimensionner" chacun des indicateurs auxiliaires en tenant compte du poids de l'autre. Théoriquement chacun des indicateurs auxiliaires choisi doit être indépendant des autres, ce qui est rare du fait des interactions qui se produisent dans la nature et des phénomènes de synergie entre différents éléments. C'est le cas en particulier entre forêts et fruticées où existent toutes les transitions (fig.1).

Le regroupement dans une seule formule des différents indices correspond à une agrégation de premier niveau. Des indicateurs de premier niveau intégrés dans un système peuvent, par leur action, modifier l'état d'un indicateur général en dynamisant dans un sens ou dans l'autre le potentiel et la pression. Ainsi que le rapport AMMER le souligne: "les indicateurs sont choisis de telle sorte qu'ils repèrent les situations critiques en ce qui concerne les pressions".

De ce fait, par le biais des formules d'agrégation, indicateurs de potentiel et de pression, peuvent être comparés puisqu'ils sont déjà l'un et l'autre agrégés à partir des indicateurs auxiliaires pertinents dont les interactions réciproques doivent être faibles.

3 - Les bilans

Pour établir les bilans caractérisant les différents domaines de l'environnement, il est nécessaire de faire référence à la capacité naturelle d'absorption des milieux ou de certaines de leurs caractéristiques (potentiel naturel) (fig.1).

Ce potentiel naturel est l'état passé d'un milieu avant son utilisation (un climax végétal par exemple). Il faut également se reporter à la capacité

réduite d'absorption (potentiel réduit) qui correspond à l'état actuel d'un milieu impacté (point zéro). A partir de l'état zéro, un triple scénario est envisageable: suppression et donc diminution de la capacité d'absorption-pression moyenne qui laisse une offre et donc un potentiel encore utilisable-diminution de pression qui restaure le potentiel, par exemple la construction d'une station d'épuration qui régènera les eaux de surface d'une rivière.

Les bilans s'identifient donc à des indicateurs de deuxième niveau. Ils sont obtenus par comparaison entre les capacités naturelles d'absorption ou de régénération (potentiel naturel) et les pressions existant dans chaque domaine. Potentiels naturels et pressions ont déjà fait l'objet de formules d'agrégation de premier niveau. Les bilans constituent donc des potentiels réduits (PR). Ils ont un rôle de prévision car ils permettent d'obtenir des indications appréciables sur les potentialités possibles des milieux, mais ils ne doivent pas servir d'alibi à l'aménageur pour justifier n'importe quelle opération d'aménagement.

4 - Notation

Pour que la méthode soit reproductible dans différentes études de cas, il faut que les indicateurs aient des valeurs comparables. Pour cela il est nécessaire de transformer des variables quantitatives en indices qualitatifs et donc d'élaborer des cadres de notation grâce auxquels les valeurs des mesures physiques des caractéristiques figurent sur des échelles.

Le rapport AMMER prévoit à ce sujet une série uniforme de valeurs de 1 à 9 : 1 est la valeur la plus mauvaise, 9 la valeur la meilleure.

Potentiel et capacité d'absorption		Pression
très grand	9	très faible
	8	
	7	
	6	
	5	
	4	
	3	
	2	
très petit	1	très forte

Ces neuf valeurs ne sont pas généralement discernables pour tous les indices et pour certains d'entre eux des regroupements en trois ou cinq valeurs s'imposent.

Le passage de valeurs numériques à des valeurs sans dimension sur une échelle cardinale est donc une étape fondamentale et fort complexe de la méthode. La translation entre le quanti-

tatif et le qualitatif, comme l'indique le rapport de la SOMI (Etude de cas zone méditerranéenne - Provence) "nécessite donc, soit de pouvoir dégager des seuils significatifs surtout lorsqu'il s'agit de valeurs absolues, soit de se baser sur un découpage d'un ensemble fini en intervalles égaux: cela est possible dans le cas d'indicateurs auxiliaires dont l'unité de mesure est en pourcentage. Une troisième solution consiste à établir une évaluation à base d'appréciations qualitatives (bon, mauvais, fort, faible, favorable, défavorable, moyen ou tolérable), lorsque les valeurs ne se mesurent pas en valeurs absolues... Une fois l'information de base divisée en classes de valeurs... les éléments contenus dans une classe de valeur se retrouveront chaque fois que l'on utilisera cette classe, ce qui risque d'entraîner des distorsions amplifiées au fur et à mesure des agrégations".

En effet, la comparabilité des résultats des différentes études de cas dans des secteurs géographiques très éloignés y compris dans le bassin méditerranéen exige que les phénomènes soient perçus et analysés partout de la même manière. Cette exigence de prise en considération de valeurs absolues pourra donc aboutir à réduire parfois sensiblement les différences régionales pour peu que les valeurs extrêmes s'écartent nettement de la valeur moyenne. Le calcul d'écarts-type permettrait, dans ce cas, de tempérer quelque peu cette tendance à la banalisation vers des valeurs moyennes.

De même en terme d'évaluation qualitative c'est toujours par rapport à un territoire déterminé que sont portées les appréciations. Dans ce cas alors, les valeurs extrêmes exprimées qualitativement sont susceptibles de ressortir globalement, bien qu'elles soient quelquefois, les unes par rapport aux autres, provoquées sur le terrain par des mécanismes différents. Par exemple des risques de glissements peuvent être exprimés de la même manière mais déclenchés au sein d'un territoire sur des roches, des pentes et des climats différents. Dans ce cas précis et malgré son caractère subjectif l'estimation qualitative appréciée par des experts, mieux encore que des valeurs absolues, permet de donner à l'indicateur toute sa pertinence.

Dans le cas "Provence" les indices ont été exprimés de manière très différente :

- en pourcentage de surface (superficie de forêt),
- en valeur absolue,
- en appréciation qualitative par une échelle en cinq niveaux de valeur établie par le groupe auquel nous participions :

Potentiel		Pression
Très faible	1	Très forte
Faible	3	Forte
Moyen	5	Moyenne
Important	7	Faible
Très important	9	Très faible

5 - Le carroyage

Le report des données obtenues par le jugement des experts qui décident eux-mêmes des variables quantitatives et de leur correspondance sur l'échelle ordinale qualitative est réalisé, pour les indices, pour les indicateurs agrégés du potentiel et de pression de premier niveau, et pour les indicateurs de bilan (2ème niveau) sur un réseau de carroyage Lambert rendu règlementaire dans l'aménagement du territoire en France et correspondant à des carrés de 2 km x 2 km.

Ce carroyage commode permet un bon traitement de l'information y compris par l'informatique et un bon repérage sur le fond de plan orographique avec lequel il est couplé. C'est un outil global de synthèse qui se révèle par contre insuffisant dans l'établissement de certaines cartes d'indicateurs-auxiliaires où le carré de 1 km x 1 km répond davantage aux objectifs de départ. Enfin, ce maillage se révèle totalement inadéquat lorsqu'il s'agit d'application à des unités de plus grande échelle: écosystèmes urbains par exemple, où les données des banques environnementales doivent figurer, en raison de leur densité, sur des mailles représentant au plus, quelques centaines de mètres.

En outre, l'adoption d'un report sur carroyage implique des modalités de notation particulière. Le groupe d'experts "Provence" a montré que plusieurs possibilités de notation d'un carreau se présentaient (fig. 2):

- notation en fonction de la plus grande surface rencontrée:

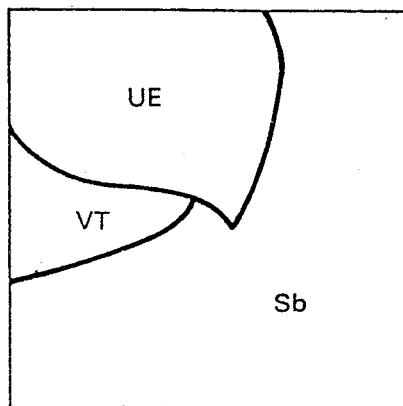
Par exemple dans le domaine potentiel paysage pour la capacité de régénération trois indices sont quantitativement recensables en terme de superficie.

Sb: superficie; UE: utilisations extensives (friches, garrigues); VT: végétation typique (pelouses d'altitude notamment).

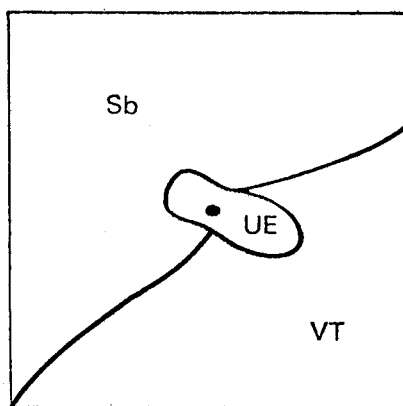
Il est alors possible dans chacun des carrés de noter les pourcentages correspondants aux différents indices. Dans ce cas Sb serait la plus forte note, puis UE, puis VT.

Un type de notation dérivé de celui-ci consiste à attribuer une note sélective.

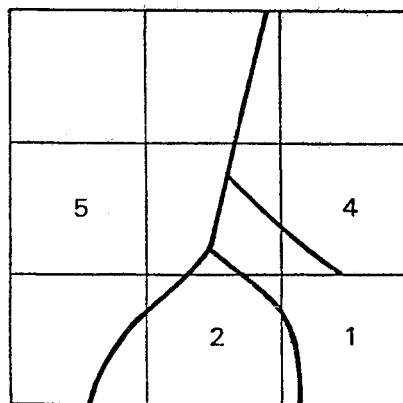
Par exemple en terme de capacité de régénération il peut-être intéressant de connaître la valeur des sols méditerranéens, que ce



Note par unité de surface



Note au centre du carreau



Pondération de notes

5 occupe 5/9 de la cellule
4 occupe 2/9 de la cellule
2 occupe 1/9 de la cellule
1 occupe 1/9 de la cellule

Fig.2.- Modalités de notation.

soit pour les superficies boisées sSb ou pour les surfaces d'utilisation extensives SUE. Ces mêmes sols dans les carreaux peuvent être minoritaires par rapport aux sols agricoles SA. Dans ce cas il s'agira de préciser que seule une partie des sols a été notée. Il en serait de même si l'on devait apprécier le potentiel sol en termes de valeur agronomique par rapport aux sols de fruitières et de forêts.

- il est aussi statistiquement valable de noter uniquement au point central du carreau (vE ici). Bien que cela soit couramment pratiqué il en résulte néanmoins une très forte perte de finesse des informations de base.

- il est enfin possible de subdiviser le carreau en 9 parties égales. Au sein de chacune d'elle, l'indice à évaluer est noté et c'est ensuite une pondération globale de chacune des neuf notes qui est répercutée dans la note finale.

III - APPLICATIONS AU DOMAINE MÉDITERRANÉEN

1 - Indicateurs choisis

L'essai méthodologique auquel nous avons participé s'est déroulé en Vaucluse sur un territoire englobant la majeure partie de la plaine du Comtat Venaissin très agricole, les infrastructures industrielles de la plaine entre Sorgues et Avignon, la totalité du massif du Ventoux et de son avant-pays, une partie du plateau de Vaucluse.

Il était ainsi possible d'avoir un échantillonnage des principaux étages écologiques du milieu méditerranéen français et en même temps de pouvoir analyser et intégrer à la banque de données environnementales "Provence" un réseau très varié d'activités touchant aux secteurs primaire, secondaire et tertiaire.

Si nous avons participé à presque toutes les réunions d'experts visant aux domaines eau, air et sol, nous nous sommes plus particulièrement intéressés au domaine paysage autant en ce qui concerne les loisirs que la régénération et la protection.

Les indicateurs utilisés sont les suivants :

PAYSAGE-LOISIRS

. Potentiel

- Energie du relief,
- Surface des plans d'eau,
- Enneigement,
- Longueur des cours d'eau et nombre,
- Bioclimat,
- Superficie d'herbages
- Superficie de forêts,
- Formes de végétation typique.

. Pression

- Pression récréative,
- Densité d'urbanisation,
- Bruit,
- Pollution de l'air,
- Qualité des eaux.

PAYSAGE-REGENERATION ET PROTECTION

. Potentiel

- Superficie boisée,
- Formes d'utilisation extensive du sol,
- Forme de végétation typique,
- Valeur de la faune.

2 - Paysage - loisirs, potentiel

Concernant l'indicateur Paysage-Loisirs, nous avons proposé d'ajouter à cette liste un indice supplémentaire fort important en région méditerranéenne où se manifestent de notables pressions "urbanisatives et récréatives": Richesses naturelles exceptionnelles.

Pour le potentiel Paysage - Loisirs, le groupe d'experts "Provence" a insisté sur le caractère empirique de la démarche du fait des points de vue différents que peuvent avoir les spécialistes, car mieux qu'ailleurs, dans ce domaine, jouent, expérience, observation et non théorie.

En effet, un paysage qui est un ensemble naturel répond à une certaine stabilité structurale - (expression objective) - mais peut-être perçu sous différents aspects: fonction sociale, pratique de tel ou tel loisir - actifs ou passifs (expression subjective); perception végétale, perception au regard de certaines pollutions physiques (bruit, épaves paysagères, etc.). Il a donc fallu dans la mesure du possible échapper ici au caractère subjectif en traitant uniquement, comme cela a été indiqué dans le rapport du groupe "des conditions favorables et défavorables aux loisirs sans porter une appréciation quant à l'attractivité proprement dite d'un paysage" qui résulte souvent de points de vue personnels.

Les indices pertinents retenus pour apprécier le potentiel paysage ont été pour certains :

- exprimés sur l'échelle de neuf valeurs: surface des plans d'eau, superficie des forêts, enneigement, formes de végétation typique, superficie d'herbages et de terres cultivées;
- pour d'autres regroupés seulement en 3, 4 ou 5 valeurs significatives: longueur des cours d'eau, énergie des reliefs, bioclimat.

Quelques remarques concernant les indices de potentiel s'imposent. Pour la superficie d'herbages et de terres cultivées, nous avons insisté sur la nécessité de préciser ce thème

par deux indices: superficies d'herbages agricoles et terres cultivées d'une part, paccages de moyenne montagne et d'altitude d'autre part, qui en région méditerranéenne ont aussi une forte attractivité. Il est vrai que ces dernières unités pouvaient entrer dans l'indice forme de végétation typique. Mais dans ce cas il convenait d'extraire à titre de nouvel indicateur auxiliaire les landes (soit les garrigues et maquis en zone méditerranéenne) qui n'ont pas la même attractivité que les pelouses naturelles et doivent être rangées, comme nous l'avons vu, dans les formes d'utilisation extensive du sol.

Pour les cours d'eau, il a été difficile en région méditerranéenne de choisir un indice se référant uniquement à des longueurs; la solution adoptée tient compte soit de l'absence de cours d'eau dans la maille (note 1), soit de la présence d'un cours d'eau (note 3), de deux cours d'eau (note 5). De même l'indicateur énergie du relief a été apprécié en fonction du nombre de courbes de niveau de 10 m par carreau ce qui permet de prendre en compte la diversité locale du relief qui dans le monde méditerranéen plus qu'ailleurs induit une forte variabilité structurale des écotopes.

En outre, l'indicateur climat a été classé, non pas en degré de tonicité (comme le demandait le rapport ANMER) qu'il est difficile d'apprécier, mais par référence à un indicateur de substitution: caractérisation de climats locaux par leur aptitude à induire les loisirs de plein air (tourisme d'été et de printemps, voire d'automne); l'enneigement assurant quant à lui l'attractivité en hiver.

3 - Paysage régénération et protection - Potentiel

De nombreux indices précédents se retrouvent ici: superficie boisée, formes d'utilisation extensive du sol, formes de végétation typique.

En terme de régénération et de protection, cependant, la valeur de l'indicateur auxiliaire "formes de végétation typique" n'est pas la même que précédemment. Il serait préférable de proposer l'indice "biocénoses typiques" par référence à la valeur de la faune (espaces de grande valeur, réservoirs de gènes, richesses en groupes d'espèces aires de reproduction, etc.), et de la végétation (milieux méritant d'être protégés: types de forêts, marais, ripisilves, pelouses d'altitude). Cette option présente certes un côté subjectif mais dans la zone d'étude, elle était tempérée par une connaissance assez précise des milieux.

Dans ce domaine particulier les choix qui seront faits par les experts dépendront donc uniquement du contexte régional et surtout du déterminisme

scientifique lié aux résultats des recherches. Il sera donc possible, par ce biais, de réduire la subjectivité de la méthode d'appréciation ou encore de susciter, dans le cadre de contrats, en particulier pour les zones très sensibles, des études spéciales en vue de parvenir à une bonne maîtrise des données.

En terme de potentiel de régénération et de protection, l'indicateur auxiliaire "formes typiques de végétation" a été noté:

- 1 - absence de végétation typique,
- 4 - présence d'espaces de végétation typique menacés,
- 9 - présence d'espaces de végétation typique non menacés.

La différence entre espace de végétation typique non menacé et menacé tient aux pressions que ces espaces subissent: urbanisation diffuse ou forte fréquentation. La pression entraîne donc une diminution du potentiel que l'on traduit par la note 4. Celle-ci peut-être cependant discutée car à l'intérieur d'un carreau de 4km² certains espaces notés de cette façon s'autorenouvellent malgré les pressions. On touche ici encore un problème de la taille de la trame de maillage qui ne permet pas de traduire le morcellement effectif de l'espace -surtout méditerranéen- et de toutes ses nuances.

4 - Procédés d'agrégation des potentiels

Comme notre groupe d'experts l'a indiqué "l'emploi de la procédure par notes pondérées appliquée pour certains potentiels comme le sol ne peut pas être utilisé ici du fait de la "substituabilité" des éléments entre eux que cette procédure entraîne. La substituabilité est due au fait qu'un élément important possédant une note basse peut-être compensé par un élément secondaire ayant une note élevée. Ce processus conduit à une homogénéisation des résultats qui est très critiquable en particulier pour le domaine "paysage-loisirs" car des zones intéressantes du point de vue d'un indice risquent de ne pas apparaître en tant que zones attractives du fait d'un écrasement des valeurs résultant de l'action d'autres indicateurs auxiliaires efficaces.

C'est pourquoi la procédure suivante a été retenue :

- les notes 9 de l'indicateur richesses naturelles sont exclues de l'agrégation et se retrouvent telles qu'elles dans le maillage pour bien les mettre en valeur;

- en montagne, les notes 9 de l'enneigement et de l'énergie du relief ont été maintenues sans pondération pour les mêmes raisons;

- en plaine, les fortes superficies boisées et de plan d'eau très

attractives (note 9), ont été considérées en l'état.

Les notes restantes de ces indicateurs et celles des autres indicateurs ont été par contre, agrégées en établissant des pondérations en fonction des éléments forts, moyens et faibles, définis pour chacun d'eux. L'agrégation a donc été dynamisée selon un double processus: par notes maximum et par notes pondérées.

5 - Paysage-loisirs - pression et capacité de régénération et protection

La procédure des agrégations ne peut pas être intégralement appliquée ici. Chaque indice retenu (pression récréative, densité d'information, bruit, pollution de l'air, qualité des eaux) possède un seuil au-delà duquel la pression de cet indicateur contribue à priver un espace de son attractivité potentielle. En règle générale, la pression dominante d'un indice est souvent couplée à celles subordonnées d'autres indices qui contribuent chacun pour leur compte à diminuer l'attractivité d'un site.

Par exemple, lorsque sur un carreau la pression urbanistique est égale ou supérieure à 30 %, l'attractivité est stoppée.

Les notes de l'indice 1 (80 % d'urbanisation), 2 (60 - 80 %), 3 (50-60 %), 4 (40 - 50 %), 5 (30 - 40 %) sont toutes regroupées dans une note globale de forte pression: 1. Cela est d'autant plus net qu'à la pression centrale s'ajoute un chapelet de pressions secondaires (bruit, pollution de l'air et des eaux, etc.).

La notion de seuil a donc pour but de réduire la marge de subjectivité de la méthode, mais pour certains indices, il est difficile de proposer des seuils de référence.

- En terme de capacité de régénération et de protection l'approche doit être quelque peu différente. En effet, la capacité de régénération ne s'affirme activement que dans la mesure où on la déclanche par le biais de pressions diverses. Au contraire la nécessité de protection doit être affranchie de toute pression.

. La notion de protection résulte d'une appréciation qualitative propre à chaque milieu.

Par exemple, la Pinède de Pin à crochets oroméditerranéenne du Ventoux est un spécimen unique et remarquable pour les Préalpes de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, par son originalité biogéographique, sa variabilité spécifique et par les structures forestières qu'elle organise. Ce n'est pas le Pin à crochets qu'il faut protéger mais le type d'Ecosystème: "Pinède oroméditerranéenne". La Pinède de Pin à cro-

chets est, quant à elle, fréquente ailleurs, en particulier dans les Préalpes du Vercors où elle pourrait être en raison de son étendue plus impactée et non protégée.

Par conséquent, capacité de régénération et nécessité de protection sont deux phénomènes radicalement différents.

. Pour la capacité de régénération deux indices ont été retenus: superficie boisée, forme d'utilisation extensive du sol.

Ces deux indicateurs englobent également, du fait de leur nature, les espaces végétaux à protéger (richesses naturelles). En effet, peu importe de savoir à ce stade si une forêt est très répandue (chênaies pubescentes ou vertes) ou peu (sapinières supraméditerranéennes, pineraies de Pin à crochets).

C'est essentiellement le rôle dynamique et régénérateur de la forêt méditerranéenne qui est ici pris en compte en tant que protecteur des sols, producteur d'humus, évacuateur des pollutions.

Pour les forêts nous avons évalué ce seuil de régénération au-dessus de 30 % de la superficie du carreau. Les notes 1 (0-10 %), 2 (10-20%), 3(20-30%) ont été notées 1, les superficies comprises en 30 et 40 % ont été notées 4.

Pour les surfaces d'utilisations extensives la capacité de régénération a été estimée à partir d'un seuil de 60 %. Les notes 1, 2, 3, 4, 5, 6 et leurs pourcentages correspondant ont été notés 1; 7 a été noté 4; 8 a été noté 4; 9 a été noté 5.

Utilisation extensive du sol	Capacité de régénération	Superficie boisée
7	4	
8	4	4
9	5	5
	6	6
	7	7
	8	8
	9	9

Cela revient à dire que la capacité de régénération d'un espace boisé a été envisagée comme deux fois supérieures à une forme d'utilisation extensive. Ce qui en terme d'agrégation conduit à diviser par deux les notes des surfaces d'utilisations extensives.

- En terme de protection les indices retenus ont été pondérés de la manière suivante:

- . superficie boisée (Sb) 6
- . utilisation extensive du sol (UE)4
- . végétation typique (VT)6 (pour les notes 4, cf. supra espaces individualisés menacés).

La procédure par notes pondérées peut alors s'appliquer à cette agrégation

		POTENTIEL									
		← Très grand				→ Très petit					
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	
PRESSION	Possibilités de développement	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1
		8	9	8	7	6	5	4	3	2	1
		7	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Etat d'équilibre	6	8	7	6	6	5	4	3	2	1
		5	8	7	6	5	5	4	3	2	1
		4	8	7	6	4	4	4	3	2	1
	Surpression	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1
		2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		Très faible						Très forte			

Fig.3.- Exemple de matrice de bilan.

de protection dans la mesure où à côté d'une nécessité de protection absolue (note 9, présence d'espaces individualisés non menacés) existe une hiérarchie de protection envisageable et basée sur l'importance quantitative des phénomènes analysés.

La formule d'agrégation des nécessités de protection est donc :

$$R_{np} = \frac{6}{16} Sb + \frac{4}{16} UE + \frac{6}{16} FT$$

BILANS

Les bilans correspondent aux indicateurs de deuxième niveau et résultent de la comparabilité entre capacités de régénération, potentiels et pressions.

- Du point de vue des bilans la capacité de régénération d'un espace peut être appréhendée à un double niveau :

La capacité de régénération n'agit que dans les espaces présentant les éléments nécessaires à cette action (60 % des utilisations extensives, 30 % des surfaces boisées). En outre, cette capacité de régénération est potentielle et une dynamique se déclenche si des pressions se manifestent.

La manière dont la capacité de régénération peut compenser certaines pressions diffère selon les domaines et il a été proposé, pour cela, de confronter les matrices de bilan de chaque domaine avec le potentiel de régénération. Quant à l'indice "nécessité de protection" il agit indépendamment du précédent puisqu'il individualise d'une manière brute les zones où existent des nécessités de protection.

- Concernant le bilan paysage, celui-ci a été abordé sous l'angle de l'existence (attractivité) au nom de ressources correspondantes.

Dans la matrice qui a été établie

potentiel et pression sont étroitement liés et cela se traduit par des seuils d'efficience (fig.3) :

- Le potentiel est faible (notes 1-2-3) l'attractivité est nulle et il ne peut pas y avoir de pression paysage en terme de loisirs. Ce sont les notes de potentiel qui dominent.
 - La pression est très forte (1-2-3) le potentiel est fortement sollicité mais en tout état de cause ce sont les notes de pression qui priment.
- Ces états a et b se traduisent par les notes 1-2-3 de la matrice bilan.
- Lorsque la pression est faible (7-8-9) le potentiel réduit (PR) tend à se rapprocher du potentiel naturel (PN) (4-5-6-7-8-9). Il existe donc des possibilités de développement.
 - Avec des pressions moyennes (4-5-6) qui agissent sur un potentiel naturel moyen à fort (4-5-6-7-8-9) il faut établir dans la matrice une relation entre la note de potentiel et la note de pression.

La matrice suivante exprime donc deux niveaux de résultats :

- un fort potentiel n'est pas pleinement utilisé en pression,
- un stade d'équilibre : niveau moyen de potentiel (4-5-6) pour une pression supérieure ou égale à 4.

Ainsi, le mode d'élaboration des bilans s'est effectué par matrices à doubles entrées faisant intervenir le potentiel et la pression. Afin d'éviter une approche trop mécanique du milieu physique et la mise en avant de formules et de modèles sophistiqués et difficilement généralisables, il importe ici encore dans l'évolution des bilans de déceler des seuils écologiques significatifs.

Les bilans sont évalués sur une échelle qualitative, qui se présente ainsi :

- 1,2,3 : état de surpression
- 4,5,6 : état d'équilibre
- 7,8,9 : état d'un potentiel de développement.

IV - CONCLUSIONS

On peut regretter ici que la végétation au sens le plus large qui représente une part fort importante de l'environnement soit analysée d'une manière beaucoup trop sommaire.

Or, c'est précisément dans le domaine de la cartographie de la végétation que les possibilités d'analyses sont les plus fortes depuis les cartes phytosociologiques, dynamiques, potentielles, écologiques (interrelations sol-climat-végétation et types de cultures) et aujourd'hui des cartes de l'environnement, des structures, de

la sensibilité des milieux végétaux, des indicateurs (espèces ou groupes d'espèces végétales) exprimant des potentialités.

C'est pourquoi dans le cadre d'expérience de ce genre, il serait possible d'envisager la caractérisation d'un domaine forêt, au sein duquel plusieurs indicateurs auxiliaires seraient envisageables:

- indices traduisant la nature des essences et l'organisation des peuplements (feuillus, conifères, futaies, taillis, etc.);
- indices de valeur économique (exploitables, non exploitables) et potentiel en terme de reboisements par des essences méditerranéennes;
- indice de valeur des sols forestiers en terme de potentialité;
- indice de valeur faunistique de la forêt.

Du point de vue des pressions il serait possible d'introduire en région méditerranéenne plusieurs indices dont :

- exploitation du bois;
- utilisation pastorale, cueillette;
- urbanisation;
- risques d'incendies.

Cette dernière forme de pression devrait systématiquement être prise en compte, rappelons le pour les indicateurs paysages.

La mise en oeuvre d'une telle méthodologie oblige les scientifiques à sortir quelque peu du cadre de leur spécialité et d'adopter un rythme de travail d'emblée plus synthétique qu'analytique alors que dans le domaine de la recherche l'analyse précède toujours la synthèse.

Nous avons cependant dans le domaine "végétation", pu vérifier la "faisabilité" de la méthode par son application facile, son caractère opérationnel et sa traduction synthétique notamment par le biais de la cartographie.

Sa transparence et sa répétitivité ont pu être largement expérimentées, notamment à propos de l'agrégation des indicateurs auxiliaires (indices) vers les indicateurs principaux. Transparence par un exposé clair des données soumises à agrégation, répétitivité due à la disponibilité des données indiciaires de base et de toutes les informations intermédiaires (banque de données de l'environnement). Les agrégations entraînent cependant une part de subjectivité et certaines pertes d'informations. Néanmoins, dans notre domaine

nous avons, dans la mesure du possible, réduit ce danger par une double procédure de notation (notes maximum et notes pondérées) ainsi que par la notion de seuil d'efficience.

On peut regretter aussi que des préoccupations environnementales très globales aient quelque peu éclipsées les données socio-économiques liées aux conséquences directes et indirectes des pressions sociales fort actives des établissements humains et qui n'ont pas été toujours loin s'en faut, envisagées ici.

BIBLIOGRAPHIE

- AVEROUS (Ch.), 1975.- Indicateurs de l'environnement urbain. Coll. Econ. de l'Environnement, 25-27.09. Ass. Fr. Sciences économiques.
- AMMER et al., 1976.- Communauté économique européenne. Rapport intermédiaire n°2-Cartographie écologique, P.AMMER. Etude préparatoire à l'élaboration d'un schéma de classement du Territoire de la Communauté sur la base de ses caractéristiques d'environnement. Int. Landschaft. Munch, 1-269.
- BARBERO (M.), et QUEZEL (P.), 1976.- Végétation culminale du Mont Ventoux; sa signification dans une interprétation phytogéographique des Préalpes méridionales. Ecol. Medit., 1, 3-33.
- BARBERO (M.), DU MERLE (P.) et QUEZEL (P.), 1976.- Les peuplements sylvatiques naturels du Mont Ventoux (Vaucluse). Doc. Phytosoc. Lille, 15-18,1-14.
- BARBERO (M.) et GUENDE (G.), 1977.- Problèmes méthodologiques posés par la réalisation d'une carte d'impacts des activités humaines sur le Massif du Ventoux. Doc. Cart. Végét. Alpes, XIV, 24-47.
- BARBERO (M.), 1978.- La végétation du Mont Ventoux. Terre et Vie, Rev. Ecol. Appliquée, 1, 21-38.
- C.E.E., 1977.- Elaboration des indicateurs par la méthode Delplii. C.E.E. Rapport, juillet 1977.
- D.G.R.S.T., 74. 70100.- Equilibres et lutte biologiques (recueil publié à l'issue du contrat). Revue Ecologie Appliquée, Terre et Vie, 1, 1978, 1-314.
- GUENDE (G.), 1978.- Sensibilité des milieux et impacts des activités humaines sur le Massif du Ventoux. Terre et Vie, Rev. Ecol. Appli., 1, 39-65.
- GUENDE (G.), 1976.- Etude phytosociologique et cartographique du Massif

- du Ventoux (Vaucluse). Thèse de spécialité, Marseille, Botanique et Ecologie méditerranéenne.
- OZENDA (P.), 1977.- La cartographie écologique. Courrier du C.N.R.S., 24, 2-10, Paris.
- S.O.M.I., 1978.- Cartographie écologique. Etude de cas: zone méditerranéenne. C.E.E., 1-178; rapport final pour Communauté Economique Européenne.
- WALLISER, (B.), 1977.- Systèmes et modèles. Paris, M., 1-247.

RESUME.- La cartographie écologique est une méthode efficace pour étudier et analyser les conditions de milieu d'une région. Cet article montre l'intérêt des cartes écologiques dans les domaines de l'aménagement, du développement mais aussi de la conservation. L'auteur teste la méthode "AMER-CEE, Institut für Landschaftstechnik Munich" et son utilisation dans les différents domaines écologiques: air, sol, eau, forêt.

Université d'Aix-Marseille III
Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme
Laboratoire de Botanique et Ecologie méditerranéenne
Rue Henri Poincaré
13397 MARSEILLE cedex 4 (France)