

Effet de serre et biogeographie: les impacts possibles dans les Alpes Occidentales

PAUL OZENDA

Professeur émérite à l'Université de Grenoble

SUMMARY

Greenhouse effect and Biogeography: the potential impacts on the Western Alps. This paper concerns the potential ecological impacts of a future global climatic change induced by an increasing greenhouse effect on the ecosystems of the Western Alps, and deals essentially with two points: the possibility of an altitudinal shift of the vegetation belts, and the use of vegetation maps to determine the precise range of these ecological impacts.

INTRODUCTION: RAPPEL DE L'EFFET DE SERRE

La température moyenne à la surface du globe s'est élevée de 0,7°C environ au cours du XX^e siècle. Cette élévation n'a pas été régulière: rapide pendant la première moitié (1900-1945) de la période considérée, elle a fait place entre 1945 et 1975 environ à une stabilisation ou même à une légère diminution, puis a repris avec une plus grande intensité au cours des quinze dernières années et semble se poursuivre actuellement (0,2° par décennie au cours de la période 1970-1990).

Ce phénomène est attribué à une augmentation de la teneur de l'atmosphère en rejets industriels, dont essentiellement le gaz carbonique mais aussi le méthane, les oxydes d'azote, les chlorofluorocarbures. Ces gaz, en formant écran à la réémission de chaleur par la surface terrestre, augmentent anormalement la température de la basse atmosphère («effet de serre»).

Cet effet semble s'accélérer et devoir atteindre vers l'année 2030 une teneur de l'atmosphère en CO₂ double de celle de la période pré-industrielle, entraînant un réchauffement global compris, selon les méthodes d'évaluation, entre 1° et 4°. Ce réchauffement déterminerait à son tour des variations des précipitations qui ne sont bien connues ni en amplitude ni même en signe, mais qui laissent craindre une modification du climat sur de vastes étendues.

1 - LES PREVISIONS DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LES ALPES

Il existe de nombreux essais de modélisation des changements climatiques induits par l'effet de serre. En général ils considèrent l'hypothèse d'un dou-

blement de la teneur en CO₂ et cherchent à prévoir le nouveau climat après que l'équilibre soit établi.

La figure 1 représente les prévisions pour l'Europe, d'après deux des modèles les plus utilisés. La partie grisée se rapporte à la chaîne alpine.

Les prévisions de réchauffement données par ces deux modèles sont relativement concordantes, ou du moins similaires: °8 et 2°5 respectivement, en moyenne annuelle, avec des différences minimales entre les saisons et entre les exposées plus loin, l'utilisation de la valeur 3°8 comme hypothèse haute introduit une importante simplification du fait qu'elle présente une signification écologique particulière, permettant notamment l'utilisation systématique d'une importante documentation cartographique existante.

En ce qui concerne la variation des précipitations, la situation est pour le moins confuse, puisque le signe même de cette variation n'est pas le même d'un modèle à l'autre, ou d'une partie à l'autre du territoire qu'occupe la chaîne. Le modèle GISS conclut à une augmentation moyenne de 0,4 mm/jour (140 mm/an environ), avec un gradient croissant d'ouest en est, et un maximum en saison froide. BMO prévoit au contraire un statu quo sur le bord nord de chaîne et une diminution progressive vers le sud pouvant aller jusqu'à 200 mm par an dans les Alpes sud-occidentales, où l'impact écologique serait encore accru par l'allongement de la période sèche estivale qui est déjà actuellement un temps critique pour la végétation.

Il est aisé de voir que ces modèles généraux établis à l'échelle de l'Europe, qui ont une «maille» de plusieurs centaines de kilomètres, ne peuvent donner pour la chaîne alpine que des indications globales d'une précision très insuffisante, et font notamment abstraction du relief. Il faudrait un scénario spécifique de l'espace alpin; mais il n'existe pas et ne semble pas pouvoir être disponible avant deux ans au minimum. À défaut nous proposerons plus loin, de moduler les prévisions des modèles généraux à l'aide des données climatiques et écologiques connues, concernant les différentes parties de la chaîne.

2 - LES MODALITES BIOLOGIQUES

Nous considérerons essentiellement l'impact sur la végétation, du fait que celle-ci représente généralement dans un écosystème 95% ou davantage de la biomasse, et aussi la presque totalité des échanges de matière et d'énergie. En outre, s'agissant d'une végétation de montagne, les forêts tiennent une place de première plan.

Les premières recherches avaient surtout en vue les réactions physiologiques des organismes à l'augmentation de la teneur en CO₂ et aux conséquences de l'élévation de température, ces deux variations ayant été jugées un peu vite et à priori favorables. En réalité les résultats obtenus en laboratoire, et le plus souvent sur des plantes herbacées ou des espèces cultivées, sont difficilement extrapolables aux écosystèmes entiers et notamment aux

forêts. Nous ne pouvons entrer ici dans le détail de ces questions qui ne concernent pas la chaîne alpine en particulier.

Les travaux actuels accordent beaucoup d'importance aux déplacements possibles («shifts») des écosystèmes sous l'effet des modifications du climat, comme cela eu lieu sur beaucoup plus grande échelle pendant les glaciations et au cours de l'Holocène. Ces déplacements, qui n'excluent pas les effets physiologiques mais s'ajoutent à eux, posent un certain nombre de problèmes:

- leur direction et leur sens;
- leur amplitude;
- leur chronologie: temps de latence, puis durée;
- le processus de leur déroulement;
- enfin et surtout, les conséquences pour l'homme.

C'est cet aspect biogéographique qui sera surtout considéré dans ce qui suit.

3 - LES CONSEQUENCES DE L'EFFET THERMIQUE

On sait que l'altitude détermine une décroissance des températures suivant une loi sensiblement linéaire: la moyenne annuelle diminue de 0°55 environ par 100 mètres d'élévation. Le gradient de diminution est un peu plus fort en été (0°7 environ) qu'en hiver (0°4). Il n'existe jusqu'ici aucune raison de penser que cette loi serait modifiée par l'effet de serre, autrement que sous forme d'une simple translation.

Les autres facteurs écologiques varient aussi avec l'altitude, mais d'une manière plus complexe; c'est surtout la décroissance de la température qui détermine l'existence d'une succession de climats, et par suite d'étages biologiques matérialisés notamment par l'étagement des types de forêts.

Nous supposons connues ici les données actuelles sur la définition de l'étage comme ensemble structuré d'écosystèmes lié à des conditions de milieu précises et avant tout à un intervalle déterminé de température (voir Ozenda, 1975, 1985, 1988).

Habituellement, et c'est là un fait d'observation général dans toutes les montagnes de l'Europe moyenne, un étage a une amplitude de 600 à 700 m environ, correspondant justement à une bande de température de 3° à 4°C. On peut donc s'attendre à voir ces étages se déplacer vers le haut, chacun prenant sensiblement (du moins en supposant l'équilibre atteint) la place de celui qui le surmontait avant le réchauffement. La figure 2 représente le cas concret des Alpes du Dauphiné.

Ainsi, le niveau inférieur (actuel collinéen) prendra un faciès subméditerranéen et verra peut-être à la longue apparaître des chênes à feuilles persistantes. Les feuillus qui le caractérisent actuellement (chêne pubescent, charme, châtaignier) remonteront dans la moyenne montagne à la place de l'actuel étage montagnard dont la Hêtraie-Sapinière va elle-même s'élever jus-

qu'à l'actuelle limite des forêts, les conifères subalpins colonisant à leur tour les pâturages.

La répartition altitudinale des cultures, celle des systèmes d'exploitation des forêts, devront également s'adapter à cette translation.

Les conséquences écologiques sur la haute montagne risquent d'être les plus graves. L'étage alpin, repoussé vers le haut par les écosystèmes subalpins viendrait (à l'équilibre) prendre la place des actuelles calottes glaciaires correspondant à l'étage nival. Ainsi cet étage alpin disparaîtrait presque complètement des Alpes occidentales au sud du Pelvoux et du Viso ou se limiterait à des restes de faible surface, que leur isolement et la pression anthropique croissante sur la haute montagne condamneraient à une élimination à court terme.

Outre cette régression quantitative des surfaces, le contenu biologique de la haute montagne risque de subir un appauvrissement qualitatif dramatique. Un grand nombre de plantes de haute montagne, et parmi elles des dizaines d'endémiques, des oiseaux d'altitude, des insectes, seraient menacés de disparition par la fragmentation des biotopes tout autant que par leur réduction et par la régression de la couverture nivale.

Un indicateur particulièrement sensible, capable de réagir avec une faible inertie de fait de sa mobilité et de l'adaptation de son comportement, est représenté par les Oiseaux. La répartition altitudinale de la faune aviaire a été étudiée avec précision dans les parcs nationaux (Vanoise, Grand Paradis) et de signes d'une remontée apparaissent. Ces déplacements de l'ornithofaune vont être étudiés en détail dans le cadre du programme international sur l'impact écologique des changements climatiques dans l'arc alpin, actuellement en cours.

4 - L'INTERACTION TEMPERATURE - PRECIPITATIONS

Le réchauffement lié à l'augmentation de l'effet de serre, doit s'accompagner nécessairement d'une modification du montant annuel et du régime saisonnier des précipitations. Mais comme nous l'avons vu (fig. 1) l'ampleur et même le signe de cette modification ne sont pas connus avec certitude.

La complexité de la chaîne alpine et l'importance des modifications qu'elle apporte au climat centre-européen font qu'il est pratiquement impossible de tirer des conclusions valables à l'échelle de l'ensemble des Alpes à partir des modèles généraux établis pour l'Europe et dont la résolution est de plusieurs centaines de km. Les choses sont beaucoup plus compliquées qu'une simple différence entre Alpes du nord et Alpes du Sud, il devient absolument nécessaire de considérer séparément le cas des divers secteurs que les études écologiques récentes ont permis de distinguer dans la chaîne (fig. 2). Encore ne pouvons-nous, dans les limites de cet exposé, que nous en tenir à quelques indications générales sur les effets possibles d'une diminution des précipitations.

1°) Dans les secteurs externes (Préalpes) les pluies et la neige augmentent

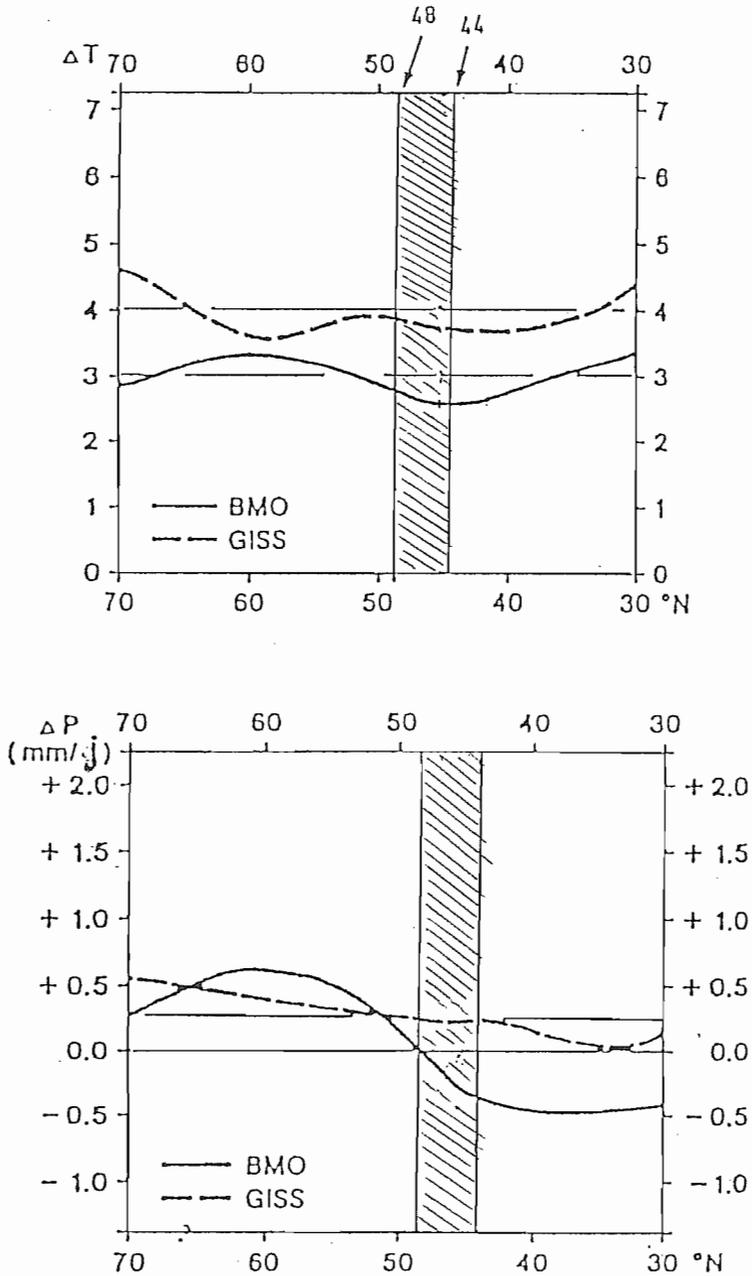


Fig. 1 - Modifications de la température moyenne (en degrés centigrades) et des précipitations (en mm/jour) en fonction de la latitude, pour l'Europe occidentale et centrale. L'intervalle 44°N-48°N correspond à la latitude des Alpes. Les prévisions sont celles qui sont données par deux des modèles les plus utilisés (BMO, British Meteorological Office; GISS, Goddard office for Space Studies).

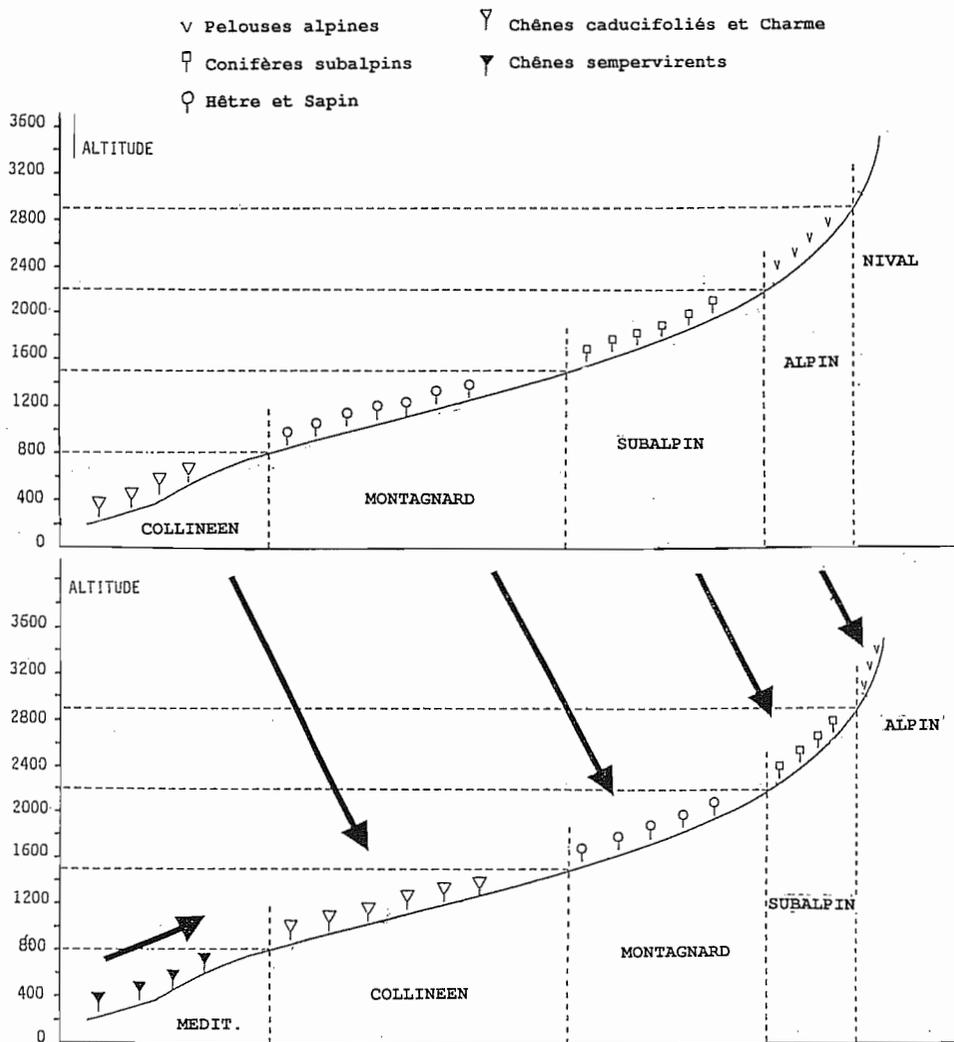


Fig. 2 - Etagement de la végétation dans la partie moyenne des Alpes occidentales (Dauphiné). En haut, situation actuelle. En bas, situation après mise en équilibre faisant suite à un réchauffement de 3,5° (d'ap. Ozenda et Borel, 1990).

avec l'altitude (il est bien connu que les montagnes sont des pôles de condensation de «pluies orogéniques»), de sorte que même si le climat régional devient plus sec, la migration des écosystèmes vers le haut compenserait au moins en partie, cette diminution.

2°) Dans les vallées internes déjà soumises actuellement à des conditions relativement xériques, la décroissance de 20% des précipitations prévue par certains modèles entraînerait:

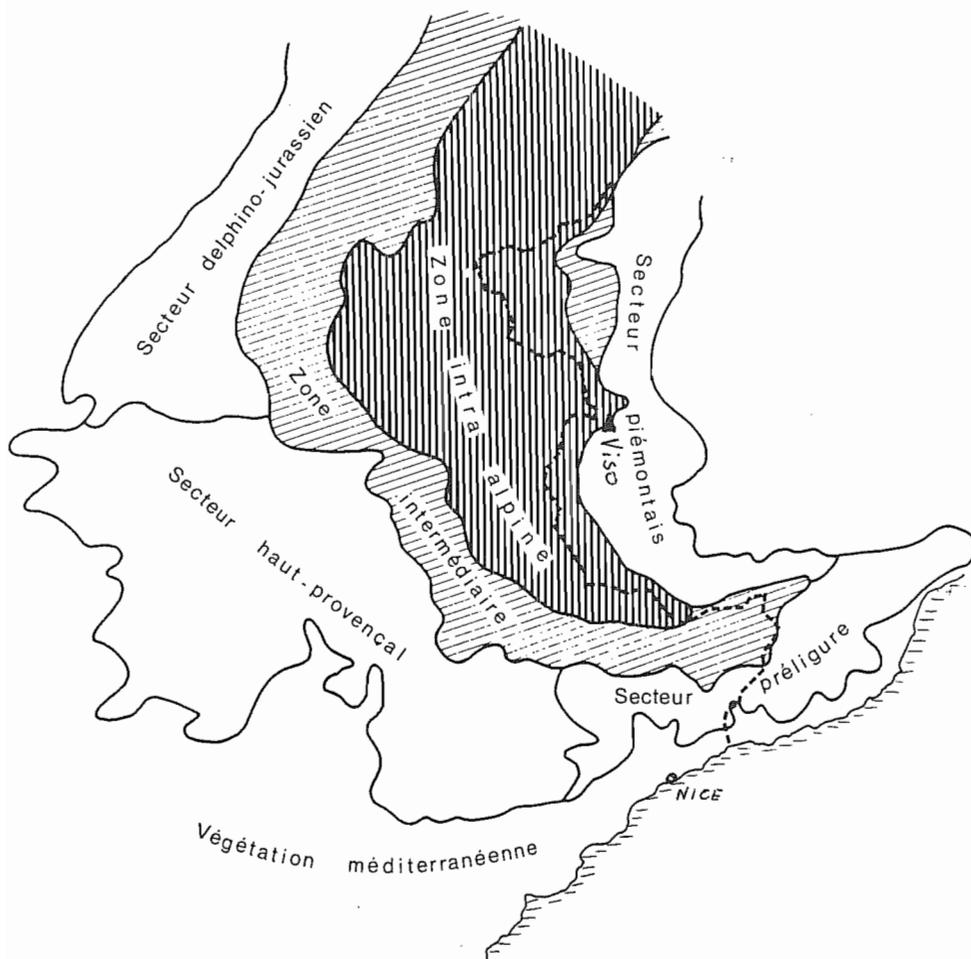


Fig. 3 - Zonation écologique des Alpes occidentales (d'ap. Ozenda, 1981).

a) une extension des faciès, arides caractérisant les niveaux inférieurs des vallées les plus sèches;

b) une dilatation de l'axe biogéographique intraalpin et une progression, en direction des Préalpes, des groupements forestiers actuellement caractéristiques de cet axe.

3°) Dans les Alpes sud-occidentales (Haute-Provence, et une partie des Alpes maritimes et ligures) dont les étages inférieurs et moyens sont déjà soumis actuellement à des conditions subméditerranéennes, l'effet conjugué d'un réchauffement et d'une diminution des précipitations entraînerait un accroissement notable de la durée et de l'intensité de la sécheresse estivale (fig. 3). Cet effet peut être apprécié quantitativement par l'augmentation de

la surface de la plage de sécheresse sur les diagrammes pluviothermiques de Walter-Gausson. Cet effet pourrait même se faire sentir assez loin en Piémont et jusqu'en Val d'Aoste (fig. 4).

5 - L'ASPECT DYNAMIQUE

En raison de l'inertie thermique des océans et des glaces polaires, il est probable que les changements climatiques n'atteindront un équilibre qu'après un temps assez long et que la moitié au plus risque de se réaliser dans les prochaines décennies.

En outre, tout ce qui précède suppose que les écosystèmes réagiraient sans inertie, ou du moins en un temps de l'ordre des changements climatiques eux-mêmes (quelques décennies); en d'autres termes, que l'équilibre serait presque aussitôt atteint, ce qui est évidemment irréaliste. La mise en

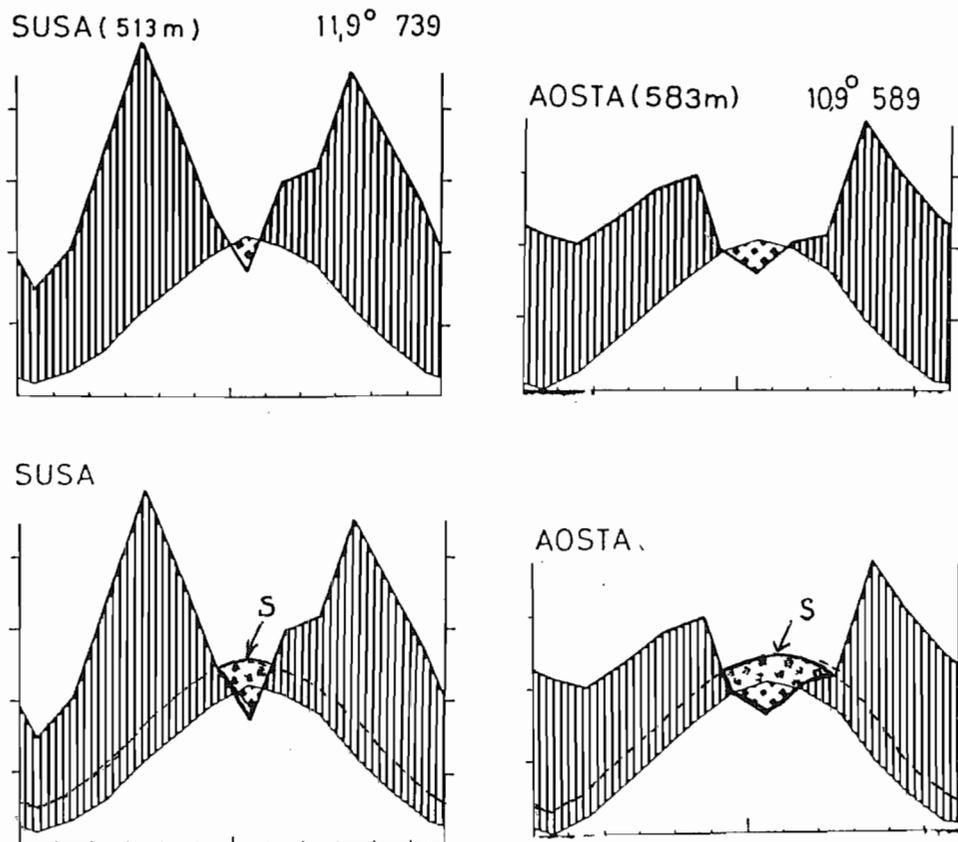


Fig. 4 - Diagramme pluviothermique de deux stations du Piémont, actuellement (ligne supérieure) et après réchauffement de 3,5° (ligne inférieure), les précipitations étant supposées inchangées: apparition de la plage de sécheresse estivale (en pointillé) caractéristique des climats méditerranéens. Le principe de ces diagrammes est supposé connu du lecteur.

équilibre ne peut être que très lente, et en quelque sorte asymptotique. La figure 2 ne représente évidemment qu'une première hypothèse de travail.

Au cours de l'Holocène, la mise en place des écosystèmes alpins a été assez lente pour permettre une migration concomitante d'espèces co-adaptées. Ceci explique la similitude biocénotique des Hêtraies ou des Sapinières, par exemple, dans les montagnes et les plaines de l'Europe centrale, et leur homogénéité d'une chaîne à l'autre. Mais un changement de climat survenant en quelques décennies ne permettrait pas une telle migration «en corps constitué» et entraînerait fatalement la dissociation des écosystèmes en fonction de la stratégie adaptative propre à chaque espèce.

En supposant la migration de toutes les espèces importantes possible et achevée, encore faut-il que les écosystèmes naturels (forêts, pelouses alpines, ...) aient pu se reconstituer jusqu'à l'état climacique, ou du moins jusqu'à un nouvel état stable.

Si un reboisement aboutit, dans le meilleur des cas, à une apparence de forêt adulte en un temps de l'ordre de 50 ans, il y a une grande différence entre la vitesse de croissance de l'arbre et la durée de reconstitution de l'écosystème forêt. A défaut d'observations directes, différents recoupements et surtout les schémas d'évolution des forêts au cours de l'Holocène ou des modélisations en conditions actuelles permettent d'évaluer cette durée à plusieurs siècles. C'est certainement l'évolution du sol qui en est le phénomène le plus lent: on sait que la durée de maturation d'un sol forestier sous nos climats est évaluée à un temps de l'ordre du millénaire. Mais les forêts des Alpes sont, comme les autres, des systèmes en partie artificialisés et l'intervention des techniques sylvicoles pourrait accélérer le processus d'adaptation aux nouvelles conditions. Et cela est vrai aussi pour les forêts de plaine.

Quant aux groupements herbacés, ils se reconstituent beaucoup plus vite, et les cultures peuvent, par le choix des variétés et des techniques, suivre presque sans inertie.

6 - QUELQUES PERSPECTIVES DE RECHERCHE

a) Un programme international, auquel collaborent des organismes des divers pays de l'arc alpin, tenta actuellement:

- de disposer de prévisions climatiques propres à l'arc alpin et adaptées à la spécificité de ses différents secteurs écologiques, prenant en particulier en compte leur degré de continentalité ainsi que les modifications possibles des gradients précipitations/altitude;

- de dégager une coordination plus précise entre les données palynologiques et paléoclimatiques concernant les périodes tardiglaciaire et holocène;

- d'améliorer la connaissance écophysiological des végétaux et des indicateurs climatiques mieux reliés à cette écophysiology, comme l'intégration de la température pendant la saison végétative, ou la longueur et l'intensité de la saison sèche dans les montagnes sud-européennes.

b) Une originalité de la recherche dans les Alpes occidentales est l'utilisa-

tion possible de la documentation cartographique très importante existant sur la végétation de cette région. Les cartes phytogéographiques et écologiques publiées dans les 31 volumes du périodique Documents de Cartographie écologique couvrent la totalité des Alpes occidentales, italiennes et françaises, à des échelles comprises entre 1/50000 et 1/200000. D'autre part, l'Université de Turin a réalisé une cartographie très détaillée de tout le Val Susse, devenu une véritable région-pilote pour la recherche écologique grâce à cet ensemble exceptionnel, et en appliquant les techniques modernes de cartographie automatique, il est possible de simuler avec une grande précision les variations du tapis végétal correspondant même à l'hypothèse basse d'un changement de climat n'excédant pas 1°C ou 10% des précipitations.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie J.L. Borel pour sa participation au programme de recherches dont une partie est résumée ici.

BIBLIOGRAPHIE

- MEINL H., BACH W., JAGER J., JUNG H.J., KNOTTENBERG H., MARR G., SANTER B et SCHWIEREN G., 1984 - *Socioeconomic impacts of climatic changes due to a doubling of atmospheric CO₂ content*. Research Report to CEC/DFVLR, Dornier-System, Friedrichshafen.
- MONTACCHINI F., CARAMIELLO-LOMAGNO R., FORNERIS G. et PERVITTORI R., 1982 - *Carta della Vegetazione della valle di Susa ed evidenziazione dell'influsso antropico*. Cons. Naz. delle Ricerche, AQ/1/220, Torino.
- OZENDA P., 1975 - *Sur les étages de végétation dans les montagnes du Bassin méditerranéen*. Doc. de Cartogr. écol., 16: 1-32.
- OZENDA P., 1981 - *La végétation des Alpes sud-occidentales*. C.N.R.S., Paris, 258 pp.
- OZENDA P., 1985 - *La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*. Masson, Paris, 335 pp.
- OZENDA P. et BOREL J.L., 1990 - *The possible responses of Vegetation to a global climatic changes: Scenarios for Western Europe, with special reference to the Alps*. Landscape-Ecological impact of climatic change, Proc. of a Europ. Conference, Lunteren, the Netherlands, I.O.S. Press Amsterdam: 221-249.