

PERTURBATIONS ANTHROPIQUES ET CHANGEMENTS DE VEGETATION DANS LES SYSTEMES FLUVIAUX

L'organisation du paysage fluvial rhodanien entre Genève et Lyon

par Guy PAUTOU⁽¹⁾

I.- Origine des données	77
II.- Agencement des peuplements végétaux dans l'espace fluvial	77
III.- Insertion de l'état actuel dans une évolution à long terme	82
IV.- Peuplements permanents et peuplements transitoires	86
V.- Peuplements allochroniques après les endiguements du XIX ^e siècle	87
VI.- Déviation du système fluvial	90
VII.- Difficultés des prévisions	90
Conclusion	92
Bibliographie	94

RESUME.- Le système fluvial est pris dans son acception la plus large. Il comporte des peuplements aquatiques, semi-aquatiques (inondés de façon durable) et terrestres (liés à la présence d'une nappe souterraine et inondés de façon éphémère).

1) Les modalités de dissipation de l'énergie cinétique de l'eau imposent une organisation de la végétation alluviale suivant trois composantes principales: - la composante longitudinale (de l'amont vers l'aval); la pente conditionne la nature des dépôts et l'action mécanique de l'eau sur la végétation; - la composante transversale (du chenal principal à régime nivo-glaciaire aux parties périphériques à régime pluvial); - la composante verticale (depuis les parties les plus profondes du chenal jusqu'aux parties les plus hautes du lit d'inondation en rapport avec une nappe phréatique située à plusieurs mètres de profondeur).

Le croisement entre les valeurs prises par ces trois types de gradients explique l'hétérogénéité du système: tous les cas de figure existent entre les sites instables, submergés et les sites stables bien pourvus en nutriments et bénéficiant de remontées capillaires à partir de l'aquifère.

2) Chaque peuplement, quel que soit le type physiologique auquel il appartient, peut constituer un état éphémère ou durable.

- A un instant t_0 , le paysage fluvial représente un état parmi de nombreux possibles: les capacités d'expansion des populations, l'existence de phénomènes de substitution, les courants de migration sont à l'origine de l'extraordinaire diversité du tapis végétal.

- La notion de communauté en équilibre n'a pas de signification, en l'absence d'un double référentiel "espace-temps".

- Le système fluvial subit depuis le Néolithique une évolution lente et irréversible. Elle se traduit par une modification des rapports quantitatifs entre peuplements permanents (qui constituent les noyaux spécifiques du système), périodiques (en rapport avec l'existence d'oscillations) et peuplements transitoires (qui n'occupent qu'un bloc temporel).

- La plaine d'inondation est une juxtaposition de portions de territoires dont chacune s'individualise par une suite ordonnée de peuplements allochroniques en relation avec une diminution des contraintes hydriques (raccourcissement des périodes de submersion, mise hors-inondation, abaissement de la nappe phréatique).

- La réalisation de scénarios prévisionnels sur le devenir de la végétation à la suite de perturbations majeures (construction de digues, barrages) n'est possible que si l'on insère l'état avant aménagement dans une évolution à long terme.

Mots-clés : Peuplements alluviaux, suites de peuplements allochroniques, hétérogénéité, endiguements, aménagements hydroélectriques, déviation.

(1) Université Joseph Fourier, Grenoble I, Laboratoire de Botanique et de Biologie végétale,
BP 53X, 38041 Grenoble cédex (France).

SUMMARY.- HUMAN DISTURBANCES AND VEGETATION CHANGES IN RIVER SYSTEMS. THE ORGANISATION OF THE RIVER RHONE LANDSCAPE BETWEEN GENEVA AND LYON.

The fluvial system is used in its widest sense. It comprises aquatic and semi-aquatic communities (permanently flooded) and terrestrial communities (linked to the presence of an underground water table and flooded temporarily).

1 - The way in which the water dissipates kinetic energy has three main components which act on organisation of the alluvial vegetation.

- The longitudinal component (from upstream to downstream); the slope conditions the nature of deposits and the water's mechanical action on the vegetation.

- The transversal component (from the main channel with a nivo-glacial regime to the peripheral sections with fluvial regimes);

- The vertical component (from the deepest parts of the channel to the highest part of the floodplain linked to a water table situated at a depth of several metres).

The intersection of these three types of gradient patterns explains the heterogeneity of the system. Every possible combination of values is possible from instable submerged sites to stable sites rich in nutrients and benefiting from groundwater rising by capillarity.

2 - Each population, whatever its physiological type, can exist transiently or for a long time.

- At an instant " to ", the alluvial landscape represents anyone of many possible states: the expansion capacities of populations, the existence of substitution phenomenon and migration movements are at the origin of the polymorphism in the vegetal cover.

- The notion of "a community in equilibrium" has no significance without the use of predefined space-time concept.

- Since the Neolithic period the fluvial system has undergone a slow and irreversible evolution. This is shown by modifications in the quantitative relationships between perennial populations (which form the specific nuclei of the system), periodical populations (linked to the existence of oscillations) and transitional populations (which are present during only one period of time).

- The floodplain is a juxtaposition of pieces of territories each characterized by an ordered succession of allochronic populations related to a decrease in hydrological constraints (shortening of submersion periods, cessation of flooding and lowering of the water-table).

- The prediction of the future of the vegetation after major disturbances (construction of embankments and dams) is only possible if the vegetation before hydroelectrical development is considered as one state in a long term evolution.

Key-words : alluvial populations, allochronic successions, heterogeneity, flood embankments, hydroelectric power dams.

INTRODUCTION

Ce travail s'inscrit dans le cadre des programmes PIREN (Programme Interdisciplinaire de Recherches en Environnement du CNRS et du Ministère de l'Environnement) sur l'écologie des systèmes fluviaux. Trois opérations pilotes sont menées en France dans les vallées du Rhin, du Rhône et de la Garonne. Le système fluvial est pris dans son acception la plus large. Il comprend l'ensemble des peuplements aquatiques, des peuplements semi-aquatiques soumis à une inondation durable et des peuplements terrestres soumis à une inondation de courte durée ou liés à la présence d'une nappe aquifère souterraine; dans la dernière catégorie, figurent les forêts post-alluviales hors inondation mais dont la présence dépend de caractères hérités.

- L'eau par ses manifestations multiples (action mécanique, charriage, érosion, sédimentation, submersion, engorgement des sols, etc.) détermine une large gamme de situations écologiques spécifiques qui sont à l'origine d'une très grande diversité de peuplements.

- Ces peuplements sont soumis à des stress, c'est-à-dire à des perturbations naturelles durant lesquelles ils doivent résister à des conditions extrêmes ainsi qu'à des perturbations d'origine anthropique, qu'elles soient brutales (mise en service d'un barrage) ou continues (enfouissement de la ligne d'eau).

La crue n'a pas un effet univoque sur les différents types de peuplements: elle peut provoquer des troubles physiologiques passagers sur des individus composant un peuplement mais aussi assurer leur propagation (KOZLOWSKI, 1984). Par les remontées capillaires, elle augmente la réserve en eau des peuplements liés à une nappe profonde. La crue détruit les peuplements en place par son action érosive mais crée, en revanche, les conditions favorables à leur implantation dans des sites neufs.

- Les effets cumulés des perturbations d'origine anthropique modifient le système fluvial de façon progressive. En fait, il y a, en même temps, reproductibilité des peuplements liés aux contraintes hydrologiques en rapport avec des mouvements cycliques (hautes eaux et crues d'intensité plus ou moins forte), disparition de certains types et émergence de nouveaux en rapport avec des mouvements lents, continus et unidirectionnels (enfouissement de la ligne d'eau par exemple). A des modifications de structure (réorganisation des peuplements végétaux dans l'espace fluvial) se surajoutent des modifications de nature (innovation) mais la déviation générale du système est occultée par les phénomènes de régénération liés aux crues. Ce n'est qu'au pas de temps du millénaire que ces changements en profondeur peuvent être appréhendés. Ainsi, en moins de 10 000 ans, on observe le passage d'un système fluvial torrentiel en relation avec d'immenses annexes lacustres à un système régulé par la construction de retenues hydroélectriques (fig. 1 et 2).

A ces modifications des flux se surajoutent des changements dont l'origine est économique ou sociale. Les systèmes fluviaux sont des sites privilégiés de conflits: espace de forte productivité agricole (céréales, oléagineux) d'intérêt biologique (peuplements d'écotones où viennent s'articuler des chaînes alimentaires aquatiques, terrestres, aériennes), de production d'énergie (retenues hydroélectriques, centrales atomiques), de communication (multiplication des voies de circulation), d'urbanisation à proximité des grandes villes (Lyon, Grenoble, Valence, Avignon, ...); dans l'espace périurbain autour des grandes métropoles, des reliques de la végétation ancienne (originelle) côtoient des peuplements d'origine anthropozoogène nouveaux qui s'individualisent par des caractères spécifiques (GILOT et PAUTOU, 1973).

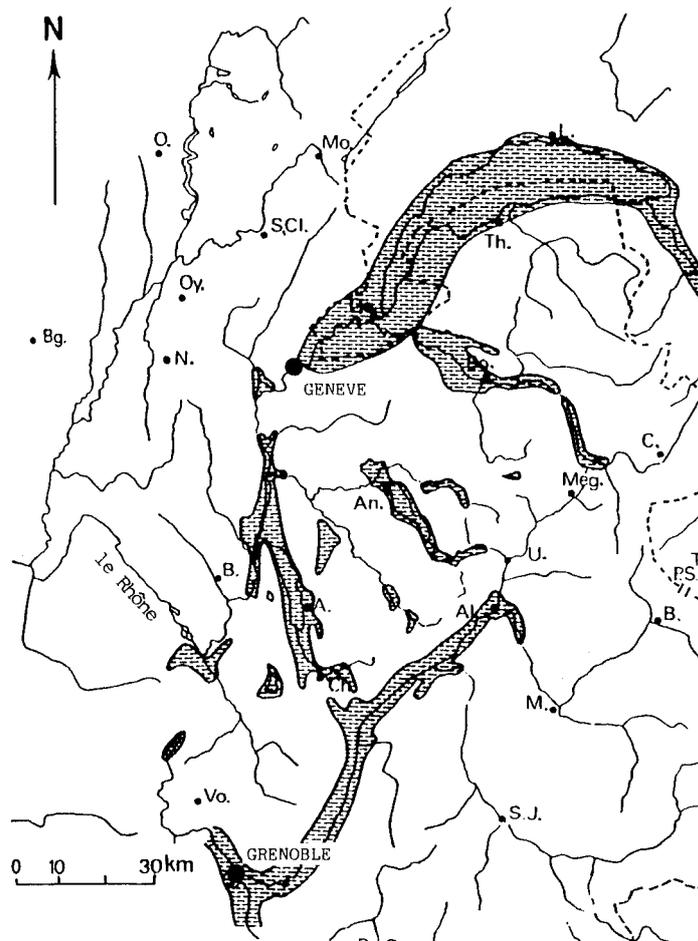


Fig.1.- Lacs postglaciaires.

D'après NICOUUD (1983). Hydrogéologie de la Haute-Vallée du Chéran. Massif des Bauges (Savoie). Thèse Université, Grenoble, 181 p.

Dans cet article de synthèse, nous nous proposons d'expliquer le déterminisme de l'organisation de la végétation actuelle dans le système rhodanien, de montrer comment le paysage fluvial s'est modifié depuis sa genèse si on prend comme origine la dernière phase de retrait des glaciers et d'envisager des scénarios sur son devenir.

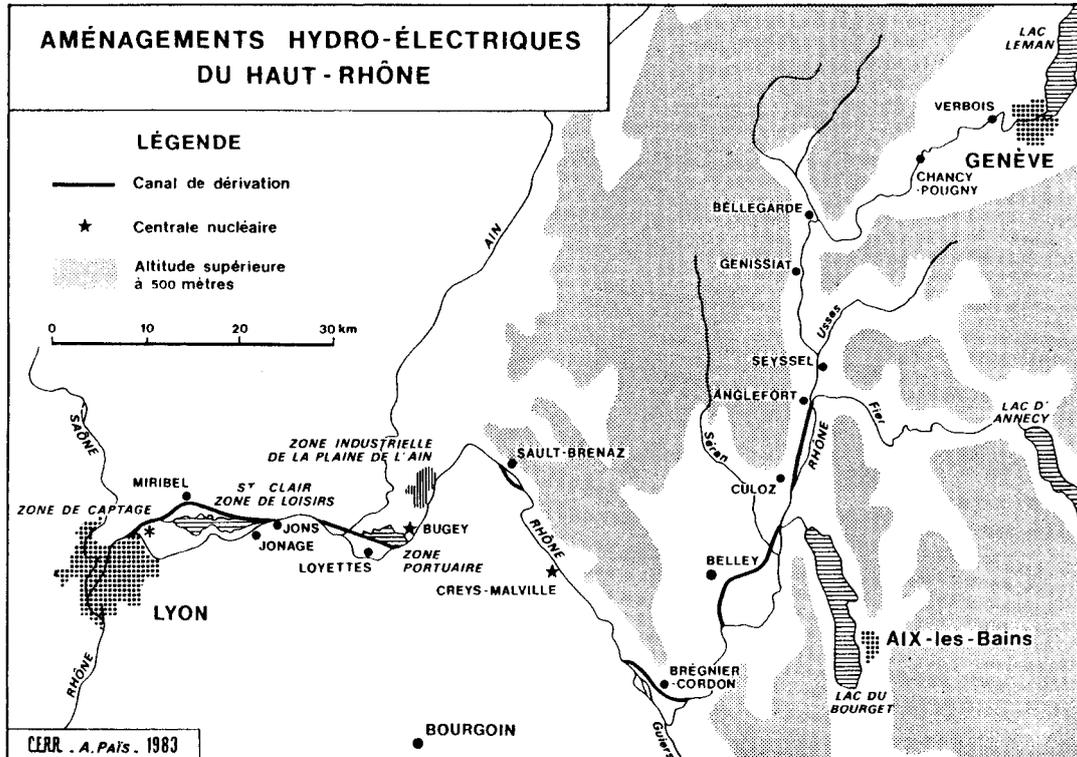


Fig. 2a.- Localisation des aménagements hydroélectriques du Rhône entre Genève et Lyon (à partir de documents établis par la C.N.R.).

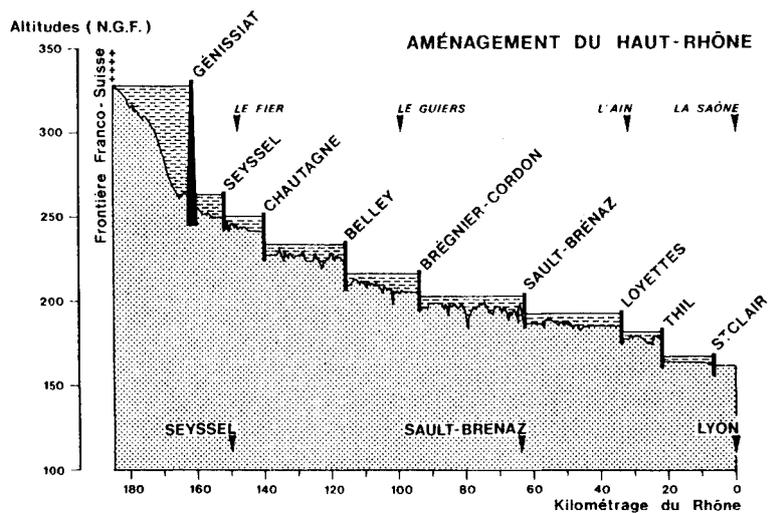


Fig. 2b.- Profil en long du Haut Rhône français après aménagement (à partir de documents établis par la C.N.R.).

I - ORIGINE DES DONNÉES

Le champ d'investigation est représenté par la plaine d'inondation du Rhône entre Genève et Lyon. Notre étude porte principalement sur une section de 150 Km de longueur comprise entre le confluent du Fier et le confluent de l'Ain. Le lit d'inondation présente une largeur maximale de 6 km. Le pente est inférieure à 1 m par km et peut descendre en-dessous de 0,50 m/km. Le débit moyen annuel est de 450 m³/s, le débit de la crue centennale 2500 m³/s (à Sault-Brénaz). Il y a charriage des matériaux de fond lorsque le débit dépasse 900 m³/s. La mise en service de 4 barrages hydroélectriques au cours de la décennie 1980-1990 va modifier profondément des conditions hydrologiques et partant la dynamique de la végétation. Les données proviennent de 4 sources différentes.

Etude phytoécologique.

Elle repose sur la réalisation de 520 relevés de végétation. Un profil pédologique accompagné d'analyses physico-chimiques des différents horizons a été effectué dans le quart des stations échantillonnées. Les variations de la nappe souterraine ont fait l'objet de mesures hebdomadaires dans une trentaine de stations pendant 8 ans.

La cartographie de la végétation à grande échelle (1/15 000, 1/10 000, 1/25 000) est un outil qui a été largement utilisé pour l'analyse de l'organisation spatiale (AIN et PAUTOU, 1969, PAUTOU et al. 1971, 1973, 1979).

Structure des peuplements forestiers.

Etude de la distribution des individus dans plusieurs classes de hauteur. Cette méthode permet de mettre en place des états de référence précis, d'évaluer les potentialités évolutives des différentes populations et de les mettre en relation avec les fluctuations antérieures. Trois classes ont été distinguées par la mesure du diamètre de l'arbre (d) à 1,30 m: $d < 10$ cm; $10 > d < 25$ cm; $d > 25$ cm. Les classes d'abondance sont basées sur un dénombrement d'individus; chaque classe de rang supérieur est calculé par doublement de l'effectif maximum de la classe inférieure. Les relevés sont effectués dans des carrés de 25 m de côté (WUILLOT, 1986).

Datation des événements et des états.

Les résultats de plusieurs méthodes ont été utilisés: analyses palynologiques et sédimentologiques, confrontation des cartes levées à différentes périodes ainsi que des photographies aériennes réalisées par l'Institut géographique National, exploitation d'archives communales et de documents cadastraux, recueil de témoignages (BRAVARD, 1981, LAMOUILLE et al., 1985; BRAVARD, 1985; FOSSATI, 1987, BOREL, 1987).

Cartographie diachronique.

Entre 1966 et 1986, la carte phytoécologique a été levée à 3 reprises dans les parties les plus représentatives de la vallée du Rhône; c'est le cas, par exemple, dans les îles situées à l'extrémité méridionale du Jura (PAUTOU, 1973, PAUTOU, 1979, BESNARD, 1986).

II - AGENCEMENT DES PEUPELEMENTS VÉGÉTAUX DANS L'ESPACE FLUVIAL

Les peuplements végétaux représentent l'objet de notre analyse. Chaque type s'individualise par une combinaison particulière de populations végétales susceptibles de transformer avec plus ou moins d'efficacité l'énergie solaire en énergie chimique, compte tenu des contraintes hydrologiques (anoxie, submersion, instabilité du substrat, résistance à l'action mécanique de l'eau) ou de l'existence de stocks (remontées capillaires et nutriments de l'humus). Chaque type de peuplement occupe une position privilégiée dans l'espace fluvial (gradations altitudinales) et dans le temps (ordre d'apparition dans des chronoséquences).

L'exploitation statistique des données phytoécologiques nous a conduit à une typologie des groupements végétaux qui a été présentée dans des articles antérieurs (PAUTOU, GIREL, AIN et LACHET, 1979, LACHET, 1984). Les différents types se distribuent dans l'espace fluvial par rapport à 3 descripteurs dont dépendent les caractéristiques structurales :

- hauteur d'eau et profondeur moyenne de la nappe phréatique;
- régime de la nappe phréatique: contribution du chenal et des flux d'origine météorique à l'alimentation en eau des peuplements végétaux.
- teneur en matière organique des horizons de surface.

Les modalités de fonctionnement et le cyclage des ressources dépendent des rapports:

- entre phase aérobie et phase anaérobie: engorgement plus ou moins durable, période au cours de laquelle il se produit, volume de sol concerné; conditions d'aération durant les saisons où il y a activité biologique, profondeur de la nappe souterraine et oscillations;
- entre export et import: entrée de sédiments (limons, sables), de nutriments (nitrates,) sortie de matière organique;
- entre couches stables fixées par l'appareil racinaire et couches instables ou subissant des modifications (partie superficielle du profil soumis à des phénomènes de décapage de sédiments ou bénéficiant de dépôts :limons, argile) au cours des crues.

L'eau, par sa capacité de construction et de destruction, est responsable de la structuration de l'espace alluvial. La plaine d'inondation apparaît comme une juxtaposition de champs de force dont chacun s'individualise par des modalités particulières de dissipation de l'énergie cinétique de l'eau (BRAVARD, AMOROS et PAUTOU, 1986); ces dernières s'expriment par la genèse, la transformation et la disparition de formes particulières du relief (bancs d'alluvions, types de chenaux, bourrelets de berges, lônes, etc.), par leurs caractéristiques structurales (stratification des horizons pédologiques) et la fréquence des transformations (remaniement des matériaux en période de hautes eaux ou de crue, apports de limons, matière organique exportée).

Chaque champ de force se caractérise :

- par l'intensité et la fréquence de remaniement des sites. Tous les cas de figure existent entre des sites où les phénomènes de redistribution de matière sont intenses et répétées (tressage) et les sites figés constitués de sédiments stables, issus d'un fonctionnement ancien;
- par un bilan entre matières exportées et matières importées. Ainsi, les secteurs de tressage et d'anastomose de la plaine "Brégnier-Cordon-Avenièrès", qui sont en cours d'exhaussement présentent un solde positif de sédiments;
- par des rapports entre processus allogéniques (effets des forces extérieures) et processus autogéniques (effets de rétroaction sur le fonctionnement géomorphologique par la végétation en place).

Dans chaque champ de forces, l'énergie se dissipe selon un gradient d'occurrence et d'intensité décroissant depuis le vecteur principal qui canalise l'énergie jusqu'aux parties marginales (AMOROS et al., 1987).

A - LES LINEAMENTS DU PAYSAGE FLUVIAL

Le chenal principal constitue un tronc qui véhicule une grande quantité d'énergie; il est à l'origine de plusieurs champs de forces, qui se succèdent de l'amont vers l'aval, en fonction de la pente, du débit, de la nature des matériaux transportés, de la largeur de la plaine d'inondation, des ouvrages construits par l'homme. Les affluents délimitent des champs de force de surface plus petite; ils sont eux-mêmes les récepteurs de voies d'eau de plus faible gabarit qui sont à l'origine de champs de force plus étroits.

Le fleuve a un rôle organisateur prépondérant dans la mesure où il existe une relation entre volumes d'eau et de matière, énergie intervenant, capacité de régénération. A l'occasion de fortes crues, l'énergie véhiculée par le chenal principal peut se dissiper dans des champs de forces secondaires. Le champ de force correspond au secteur fonctionnel tel qu'il a été défini par AMOROS et al (1986).

L'exemple de la partie nord du lac du Bourget permet d'illustrer cette approche de l'organisation du paysage; elle est le résultat d'une complémentarité spatiale d'action entre le Rhône et un affluent, le Séran. On observe de part et d'autre des 2 circuits une disposition en bandes sensiblement parallèles. Chacune d'entre-elle s'individualise par une combinaison particulière de peuplements végétaux. Les figures 3 et 4 présentent un transect W-E depuis le Rhône jusqu'aux premiers contreforts des Bauges (Préalpes); (voir aussi fig. 5 et 6).

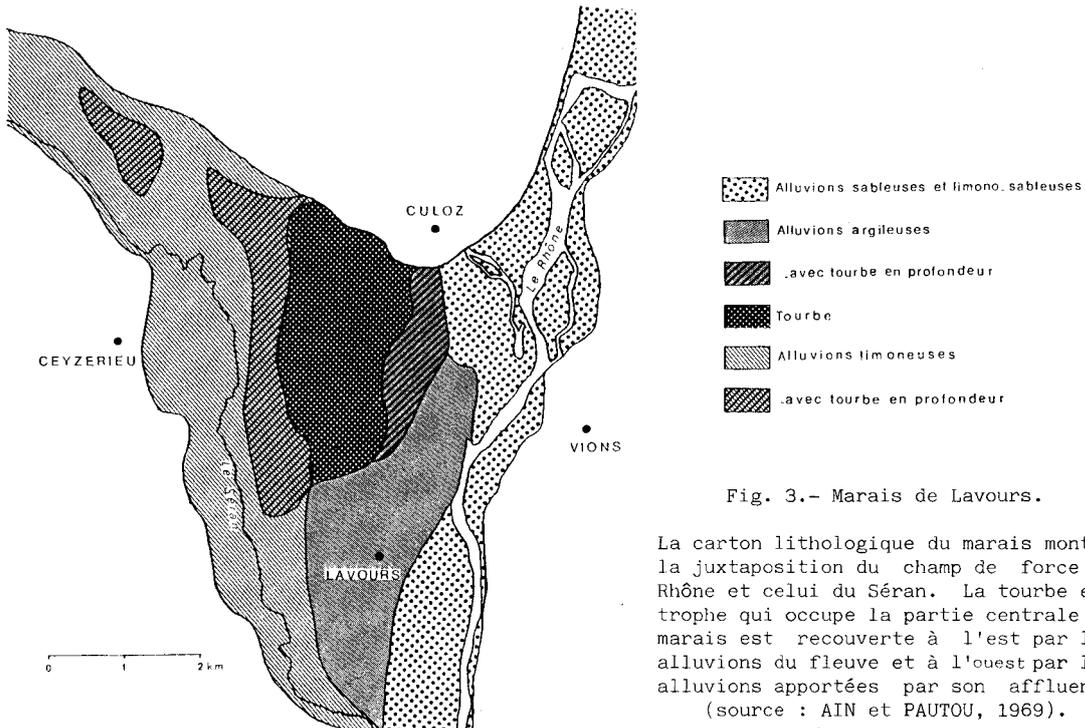


Fig. 3.- Marais de Lavours.

La carte lithologique du marais montre la juxtaposition du champ de force du Rhône et celui du Sérans. La tourbe eutrophe qui occupe la partie centrale du marais est recouverte à l'est par les alluvions du fleuve et à l'ouest par les alluvions apportées par son affluent. (source : AIN et PAUTOU, 1969).

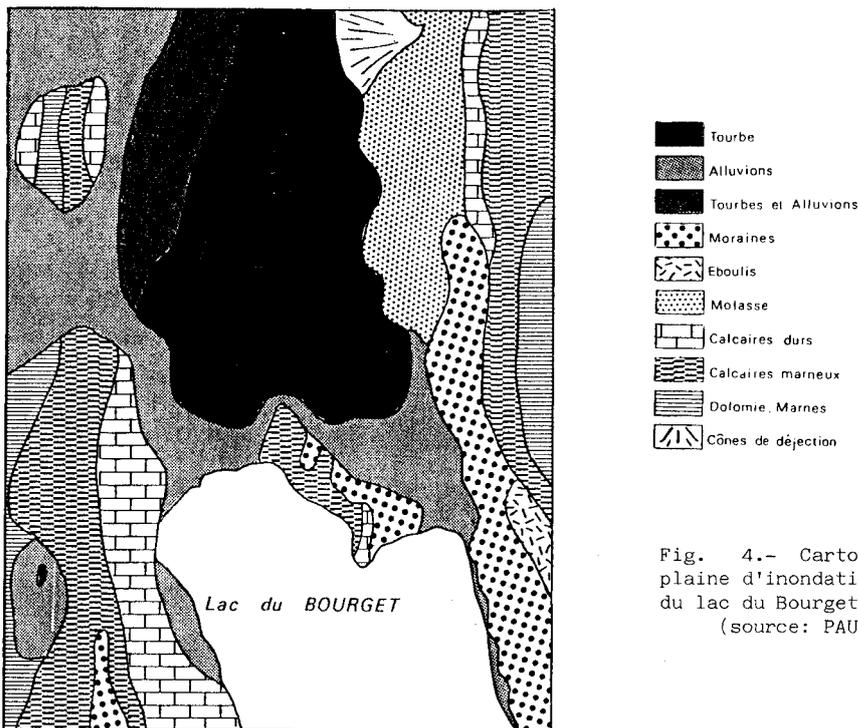


Fig. 4.- Carton lithologique de la plaine d'inondation du Rhône, au nord du lac du Bourget (marais de Chautagne) (source: PAUTOU et al., 1971).

L'imbrication de plusieurs circuits de taille différente conduit à une grande diversité spatiale. C'est le cas du complexe insulaire de Brégnier-Cordon qui comporte de nombreux chenaux de tressage. En bordure des bras véhiculant une grande quantité d'énergie, se forment des bourrelets de berges de plusieurs mètres de hauteur où s'implantent des Aulnaies à *Alnus incana* ou des Ormaies à *Ulmus minor*. Les dépressions protégées de l'action érosive constituent des cuvettes où les eaux déposent des limons fins et des argiles; elles sont occupées par des saussaies à *Salix cinerea*. Les replats en arrière des levées où se déposent les limons sont occupées par des Frênaies à *Fraxinus excelsior* et *Quercus robur*.

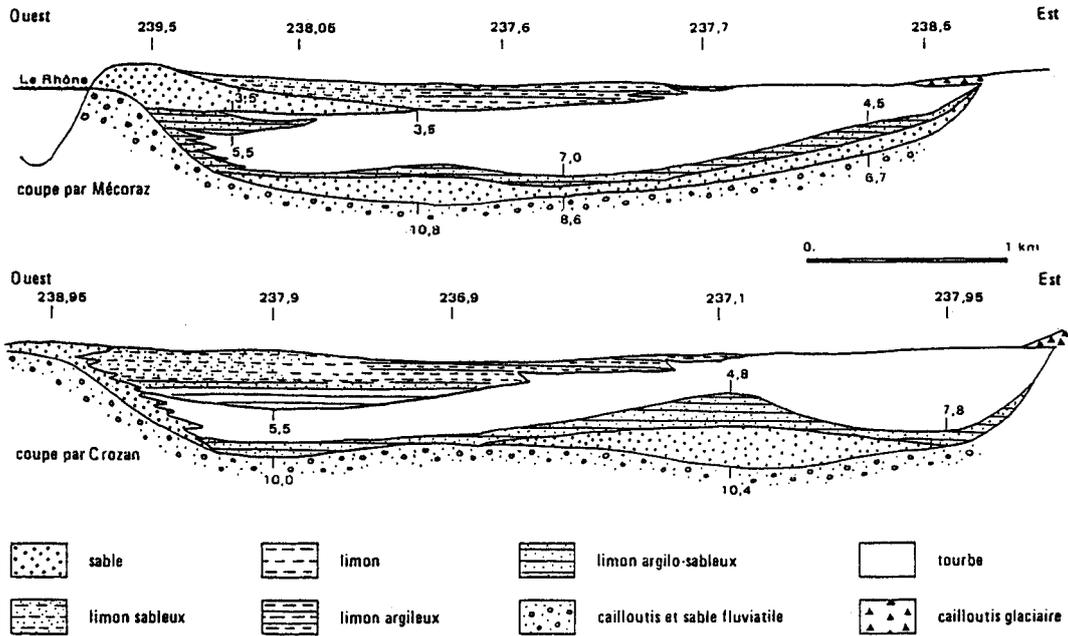
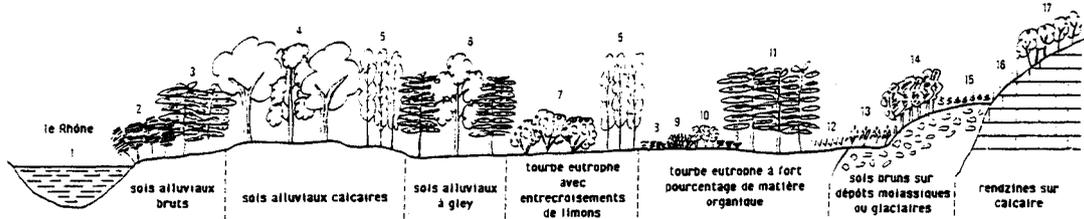


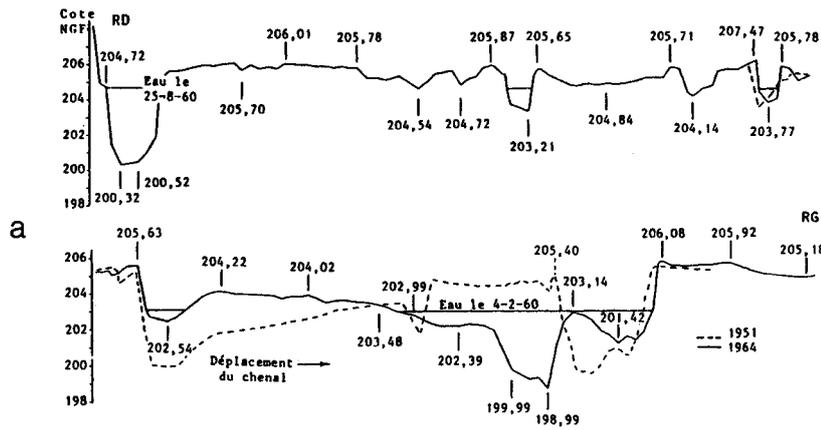
Fig. 5.- Coupes dans la tourbière de Chautagne
Source : P. BORNAND (1979).



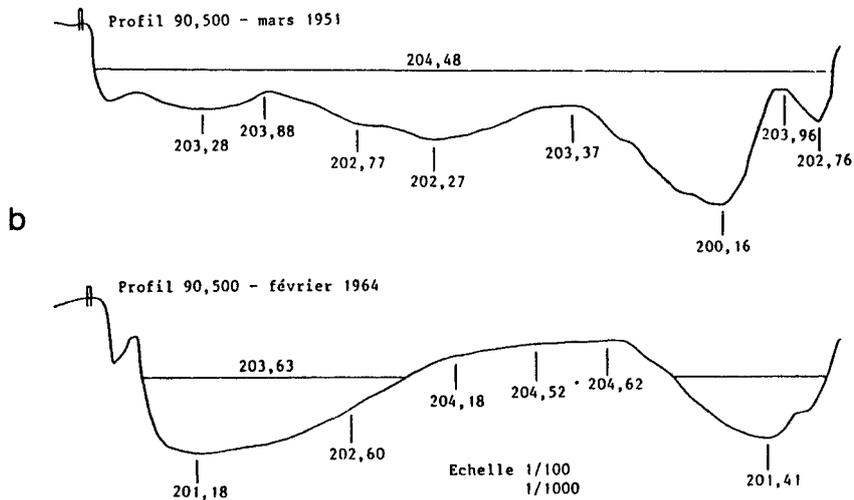
1: chenal principal, 2: saussaies (*Salix purpurea*, *Salix daphnoides*, *Salix alba*), 3: aulnaies à *Alnus incana*, 4: frênaie à *Quercus robur* et *Ulmus minor*, 5: peuplerie, 6: aulnaie à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior*, 7: saussaie à *Salix cinerea* et *Carex*, 8: prairie à *Molinia caerulea* et *Schoenus nigricans*, 9: cladiète à *Cladium mariscus*, 10: fourré de *Frangula alnus*, 11: aulnaie à *Alnus glutinosa* et *Solidago gigantea*, 12: prairie à *Filipendula ulmaria*, 13: maïs, 14: charmaie à *Carpinus betulus* et *Quercus petraea*, 15: vigne, 16: pelouse sèche à *Bromus erectus*, 17: chênaie thermophile à *Quercus pubescens*

Fig. 6.- Organisation du paysage fluvial dans la plaine de Chautagne.

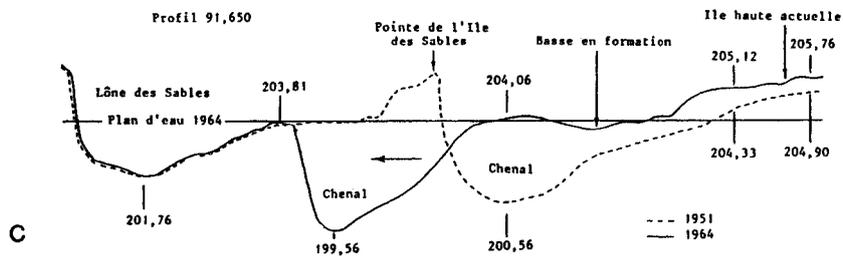
L'intersection entre 2 circuits peut être à l'origine de particularités stationnelles. Ainsi, la confluence entre un bras principal et un bras secondaire est le siège d'une sédimentation d'éléments fins favorables à l'installation de Phragmitaies. A un stade avancé du colmatage, ce type de site est très attractif pour les ormaies à *Ulmus minor* (fig. 7).



- Profil en travers du lit ordinaire, au niveau de l'extrémité méridionale du Jura; on remarque la juxtaposition de lônes, de replats, de bourrelets, de basses et de cuvettes d'altitude et de superficie variable.



- Formation des îles par fractionnement du talweg.



- Déplacement du chenal avec formation de basses.

Fig. 7.- Profils transversaux du lit ordinaire du Rhône au niveau de Brégner-Cordon. On notera l'hétérogénéité hypsométrique du profil transversal (a) et ainsi que la rapidité des phénomènes de régénération (b et c). Source: PAUTOU, GIREL et MAMAN(1985).

B - LES SITES PRIVILEGIÉS DE REGENERATION

L'organisation de la végétation dans l'espace alluvial et son évolution sont conditionnées par l'existence de sites nus où les populations s'implantent massivement. Dans un système actif, des phénomènes d'érosion, de charriage et de sédimentation sont un facteur d'intense régénération et conduisent à multiplier ce type de sites: bancs d'alluvions, dépressions (basses), méandres isolés du chenal principal, trouées effectuées dans les peuplements forestiers.

Les franges à l'interface terre-eau représentent des niveaux privilégiés d'ancrage de la végétation; la partie inférieure des bancs où se dépose une fine pellicule de limon est favorable à l'implantation de nitratophiles (*Polygonum*, *Bidens*); sur les dunes de sables, s'implantent des peuplements de Graminées (*Phalaris*, *Calamagrostis*, *Agrostis*) et de *Salix*.

Les bordures des chenaux secondaires ou des bras morts sont des sites très attractifs pour les héliophytes (*Phalaris*, *Phragmites*, *Carex*, *Cladium*, *Equisetum*). La partie hypogée de l'appareil végétatif constitue une plateforme organique qui est le point de départ d'une séquence d'atterrissement.

Les dépressions empruntées périodiquement par les eaux sont un facteur de connectivité biologique. Les graines des végétaux hydrochores (*Alnus*), les boutures (*Salix*, *Tamarix*, etc), assurent une propagation rapide. Les chenaux colmatés constituent des couloirs où progressent de nombreuses essences: *Alnus incana*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Ulmus minor*, *Crataegus monogyna*. En revanche, les bras vifs peuvent constituer un facteur d'isolement et un obstacle à la progression des végétaux à dissémination barochore (*Quercus*, *Corylus*, *Juglans*).

Les bords des fossés sont très attractifs pour les ligneux tels que *Salix cinerea*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*; à partir de ces pôles d'implantation, ces phanérophytes progressent dans les parcelles où la pression de fauche ou de pâturage est en diminution.

Les parcelles mises à nu par exploitation forestière constituent des sites où, actuellement, trois espèces régénèrent bien: *Alnus incana*, *Fraxinus excelsior* et *Populus alba*; elles peuvent, également, accueillir des espèces exogènes comme *Robinia pseudacacia*, *Ailanthus glandulosa*, *Acer negundo*, *Polygonum sacchalinense*.

La construction d'ouvrages linéaires (digues, routes, canaux) provoque la genèse de bandes sur des centaines de km où des populations photophiles connaissent une progression géométrique: *Phalaris arundinacea*, *Solidago gigantea*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Populus nigra*, *P. alba*, *Robinia pseudacacia*, *Sambucus ebulus*, *Buddleia variabilis*, etc.

III - INSERTION DE L'ÉTAT ACTUEL DANS UNE ÉVOLUTION À LONG TERME

Les interventions humaines ont modifié depuis le néolithique la circulation de l'eau et des sédiments dans les grands systèmes fluviaux et, partant, les modalités de dissipation de l'énergie cinétique; trois types d'effets peuvent être distingués.

- Des conséquences indirectes.

Les répercussions provoquées par les premières activités humaines sont évoquées par de nombreux auteurs. BOURDIER (1961) montre comment le déboisement néolithique a accéléré le comblement et la surélévation des lacs post-glaciaires dans les vallées alpines. L'implantation des populations sédentaires utilisant la charrue vers -2 500, l'extension des terres céréalières consécutive à la conquête de la Gaule par les romains, les grands défrichements du XIIe siècle devaient favoriser les apports latéraux (BECHMANN, 1984). Dans le bassin de la Garonne, les limons et les limons argileux résultant de l'altération des marnes et des molasses, se sont déposés sur les planchers alluviaux et ont provoqué une surélévation des lits d'inondation (ASTRE, 1956). Les forêts alluviales ne devaient pas être touchées jusqu'au XVe ou au XVIe siècle: les inondations, l'absence d'outils pour mettre en culture des terres lourdes constituaient des obstacles majeurs (BECHMANN, 1984).

- La canalisation des flux.

La construction des premiers ouvrages (digues) et les premiers travaux en vue d'une mise en culture (rectification des cours d'eau, épandage des limons) commencent vers 1750 (ASTRE, 1954, 1956). Dès 1774, il ne restait plus que 3 flots

forestiers dans la vallée de l'Hers, petit affluent de la Garonne (CHALMANDRIEU, 1774). Dans la vallée de la Garonne, les ouvrages en vue de former un chenal fixe et profond commencèrent à être construits dès le XVII^e siècle. En 1840, un chenal de 150 m à 200 m limité par 2 berges était réalisé dans la moyenne vallée de la Garonne (DEFFONTAINES, 1928). Parallèlement, les populations riveraines édifient des buttes artificielles et des levées de terre pour se protéger de l'impact des crues et régulariser les dépôts de limon. Au XIX^e siècle, commence la période de mise en place des digues dans la vallée du Rhône (BRAVARD, 1981, 1983, 1987). Les ouvrages réduisent les surfaces soumises aux mécanismes couplés d'érosion et de sédimentation et accélèrent la surélévation du lit d'inondation par dépôt de sables et de limons.

- L'approfondissement des flux hydriques.

Au XX^e siècle, les interventions se diversifient mais vont toujours dans le même sens: limiter le champ où s'exerce l'action érosive du cours d'eau, raccourcir le temps de résidence des eaux de submersion, diminuer le volume de sol soumis à des conditions d'anoxie. La construction de barrages hydroélectriques avec canaux de dérivation (PAUTOU et BRAVARD, 1982, PAUTOU, 1983), le prélèvement de grandes quantités de matériaux, la création de réseaux de drainage efficaces, l'irrigation par aspersion grâce à des pompes dans la nappe (GIREL et PAUTOU, 1986) augmentent la concentration des flux hydriques et accélèrent l'approfondissement de la ligne d'eau et de la nappe phréatique. L'implantation des oléagineux conduit, enfin, à injecter des nutriments (nitrates et phosphates) dans le système fluvial (PINAY, 1985).

Ces modifications des modalités de dissipation de l'énergie cinétique de l'eau affectent les flux démographiques. Les différentes populations peuvent maintenir leurs effectifs, disparaître ou connaître des fluctuations irrégulières. Par rétroaction, l'augmentation massive des individus peut modifier la géomorphologie du lit d'inondation. Nous citerons l'exemple des populations de *Tamarix chinensis* qui ont, à l'aval des retenues, accéléré l'exhaussement du plancher alluvial dans le sud-ouest des Etats-Unis (BLACKBURN, 1982, EVERITT, 1980). De nouvelles populations peuvent s'implanter. D'autres phénomènes interviennent sur les mouvements de populations. Les corridors fluviaux sont favorables à des courants de migration. Actuellement, plusieurs populations progressent rapidement: *Acer negundo*, *Ailanthus glandulosa*, *Sambucus ebulus*, *Polygonum sachalinense*. L'exemple d'*Amorpha fruticosa* est révélateur. Cette espèce qui est originaire des Etats-Unis (VILMORIN, 1969) s'est naturalisée dans le delta du Rhône et remonte la vallée. La limite septentrionale se trouve, actuellement, à une centaine de kilomètres de la Méditerranée. Nous analyserons les changements de végétation au cours de trois périodes de référence.

A - L'EVOLUTION AU COURS DES 10 DERNIERS MILLENAIRES

Elle est bien connue grâce aux travaux de GAILLARD (1984) de CLERC (1985) et de PAUTOU, GIREL et BOREL (1987).

Le retrait des glaciers wurmiens va permettre la colonisation des lacs post-glaciaires et des alluvions déposées par le Rhône. Le nombre d'hydrophytes est déjà élevé (10 espèces de *Potamogeton* d'après GAILLARD). Les principaux héliophytes (*Carex*, *Phragmites*, *Cladium*) élaborent des plateformes organiques sur lesquelles s'implanteront les phanérophytes hygrophiles des eaux stagnantes (*Alnus glutinosa*). Les dépôts bordant le Rhône postglaciaire sont colonisés par des espèces photophiles appartenant aux genres *Betula*, *Populus*, *Pinus*, *Hippophae*.

A partir du préboréal, le réchauffement climatique provoque une diversification du matériel biotique. Les essences des forêts de bois durs sont en place avec les genres *Fraxinus*, *Ulmus*, *Quercus*, *Tilia*, *Corylus*, *Viburnum*, *Ligustrum*, *Sambucus*, *Hedera*. Dès l'Atlantique (à partir de -8000 BP) commence une forte progression des effectifs d'*Ulmus*, *Fraxinus*, *Acer* ainsi que des lianes (*Vitis*). Les datations au carbone 14 font état, à -6500 BP, d'espèces qui actuellement sont présentes dans les forêts plus septentrionales comme *Ulmus laevis* et *Ulmus glabra* (LAMOUILLE et al., 1985).

Les modifications qui vont intervenir par la suite sont les conséquences directes ou indirectes des interventions humaines (IVERSEN, 1960, BOURDIER, 1961). La réduction des surfaces favorables à l'installation des forêts alluviales débute avec la construction des ouvrages de génie civil et se poursuivra inéluctablement. La disparition des populations de bois tendres, l'augmentation des espèces mésophiles non spécifiques des forêts alluviales, la progression des rudérales, des photophiles peu exigeantes (à large amplitude écologique) conduiront à la genèse du paysage des années 2020-2050.

B - LES CHANGEMENTS DEPUIS 1750

Les changements profonds qui commencent dès la deuxième moitié du XVIII^e siècle sont la résultante d'une conjonction de plusieurs phénomènes (BRAVARD, 1981, 1986, PAUTOU et BRAVARD, 1982).

- Construction des digues; les effets sont différents suivant le type d'ouvrage, leur éloignement du chenal principal, la pente du tronçon considéré, le débit solide, le niveau de la ligne d'eau pendant les crues. De façon générale, dans le système rhodanien, les endiguements ont favorisé l'exhaussement des îles, leur coalescence, la formation de levées sableuses, le dépôt de limons et de sables fins sur les replats, de limons fins et d'argile dans les dépressions (basses) et les chenaux secondaires. Une autre conséquence est la mise hors-inondation partielle des tourbières basiques et l'approfondissement de la nappe aquifère.

- Abandon progressif des activités traditionnelles de fauche et de pâturage dans les îles et les marais.

- Instauration d'un statut forestier avec allongement des cycles d'exploitation dans les îles du Rhône.

- Création, en 1936, de la Peuplieraie de Chautagne qui devait accélérer la progression des nitrato-philes de marais.

- Récupération des terres alluviales pour l'agriculture.

Les conséquences sur la végétation sont les suivantes :

- progression des populations mésohygrophiles peu exigeantes au point de vue trophique sur les tourbes eutrophes aérées (*Molinia coerulea*, *Agrostis stolonifera*, *Danthonia decumbens*);

- progression des populations monopolistes d'hélophytes comme *Phragmites australis*, *Cladium mariscus* et d'hémicryptophytes comme *Filipendula ulmaria* et *Solidago gigantea* après arrêt de la fauche et du pâturage;

- progression des populations de ligneux: *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Salix cinerea*, *Alnus glutinosa*, *Viburnum opulus*, *Frangula alnus*.

C - LES CHANGEMENTS DEPUIS 1966

Nos observations confirment les évolutions déjà signalées. Cependant de nouvelles tendances s'affirment en rapport avec de nouveaux types d'interventions: la mise en service de 4 retenues hydroélectriques, la mise en culture de marais, la création de périmètres bénéficiant de mesures conservatoires. Une statistique portant sur 5221 hectares de marais montre, qu'en 18 ans, 66 % des surfaces herbacées ont disparu; 28 % ont été récupérées par l'agriculture; 29 % ont été envahies par des populations de *Salix cinerea* et d'*Alnus glutinosa* (PAUTOU et DECAMPS, 1985). Les populations peuvent être classées en 4 catégories (fig. 8).

- Populations bien représentées et qui sont en expansion. Les individus sont nombreux dans toutes les classes d'âge. C'est le cas d'*Alnus incana*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* et *Salix cinerea*. La poussée du Frêne est caractéristique des 10 dernières années. Sa croissance rapide lui donne un avantage sur *Alnus incana*.

- Populations qui sont en régression. C'est le cas des saules (*Salix alba*, *S. triandra*, *S. viminalis*) de *Populus nigra*. On signalera le cas particulier d'*Ulmus minor* qui régénère bien mais dont les individus meurent de façon précoce (graphiose).

- Populations peu représentées mais qui sont en progression. Nous citerons: *Prunus padus*, *Alnus glutinosa*, *Corylus avellana*, *Juglans regia*, *Acer pseudoplatanus*, *Tilia cordata*, *Polygonum sachalinense*. Il s'agit de populations à faibles effectifs présentes dans quelques stations. Signalons le cas des populations isolées comme *Populus alba* et *Robinia pseudacacia* qui progresseront rapidement si une dénudation de vastes surfaces intervient.

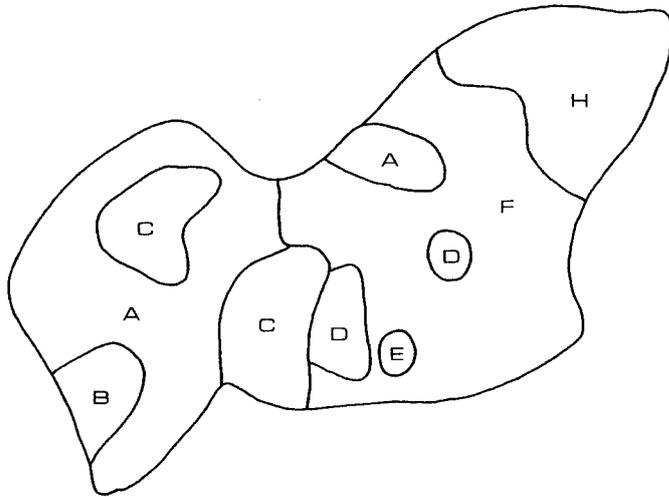
Les modifications des conditions hydrologiques par les aménagements sont les suivantes: diminution des volumes d'eau (débit réservé inférieur à 100 m³/s), abaissement du niveau de la nappe phréatique, raccourcissement des phases de submersion, diminution des flux minéraux, fixation des dépôts (PAUTOU, 1983). Elles vont infléchir l'évolution en cours. On peut prévoir :

- la diminution rapide des effectifs de *Salix* encore présents, CHALEMONT (1985) a mis en évidence une forte mortalité de saules dans toutes les classes d'âge dans la zone d'emprise de l'aménagement de Chautagne mis en service en 1980;

- une amplification de la progression des bois durs: *Fraxinus excelsior* et *Quercus robur* ainsi que des populations dont le centre de gravité se trouve sur les sols bruns du collinéen mésophile;

- une incertitude concerne les populations d'*Alnus incana* qui sont les plus représentées dans ces îles;

- une réduction des populations des bois tendres liées à des eaux



- A: *Salix alba* et *Populus nigra*.
 B: *Salix triandra* et *Salix viminalis*.
 C: *Fraxinus excelsior*, *Populus nigra* et *Robinia pseudacacia*.
 D: *Salix cinerea*.
 E: *Salix alba* et *Ulmus minor*.
 F: *Salix alba* et *Salix cinerea*.
 G: *Fraxinus excelsior*, *Alnus incana*, *Corylus avellana* et *Ulmus minor*.
 H: *Fraxinus excelsior*, *Alnus incana*, *Corylus avellana* et *Juglans regia*.

Deux AFC portant sur les classes d'abondance des populations ont conduit à une partition de l'espace en 8 parties. Les corrélations canoniques des premiers facteurs indiquent une relative homogénéité de la végétation. Le nombre élevé d'essences est la conséquence de la construction des digues qui ont favorisé le dépôt de limons et d'argiles. La mise en service de la retenue de Brégnier-Cordon va provoquer la raréfaction des peuplements de bois tendres.

Fig. 8.- Peuplements végétaux de l'île des Molottes (d'après WUILLOT, 1986).

stagnantes comme celles d'*Alnus glutinosa* et de *Salix cinerea* est à attendre pour trois raisons: enfoncement des nappes phréatiques, récupération des terrains pour la culture du maïs ou du peuplier, contrôle des populations de ligneux par l'introduction de vaches de race Highland Cattle (MAJCHARZAK, 1987);

- extension des populations collinéennes non spécifiques des systèmes fluviaux: *Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Quercus pubescens*;

- augmentation des terrains remaniés colonisés par les ligneux photophiles: *Populus nigra*, *Robinia pseudacacia* (digues par exemple);

- augmentation des surfaces cultivées et spécialisation des cultures. Dans un système fluvial actif, l'existence de contraintes imposées par l'eau (instabilité, anoxie submersion) mais également de stocks (remontées capillaires à partir de la nappe, nutriments des couches limoneuses) créent une partition de l'espace alluvial en portions de territoire, dont chacune s'individualise par une association spécifique de cultures. L'association est définie à l'aide de critères qualitatifs (type de cultures) et quantitatifs (surfaces occupées par chacune d'entre elle. Ces associations de cultures ont été décrites dans nos précédents travaux (PAUTOU et al). Tous les cas de figures existent entre la combinaison très pauvre des sols engorgés pendant une grande partie de l'année (Peupleraies, maïs, cariçaies, prairies à *Molinia cerulea* ou à *Deschampsia cespitosa*) et la combinaison très diversifiée des sols limoneux liés à une nappe comprise entre 1,50 m et 2,50 m de profondeur (céréales, prairies artificielles, oléagineux, arboriculture). La mise hors inondation, l'approfondissement de la nappe, l'irrigation par aspersion à partir des réserves de l'aquifère sont autant de facteurs d'homogénéisation; il y a extension de ce type d'association mais réduction à quelques cultures de haut rendement comme le maïs, le tournesol ou le soja.

Une forte connectivité existe sur le plan des transferts entre les différents éléments par l'intermédiaire de la nappe phréatique. Le rôle de filtres de nutriments que jouent les forêts alluviales a été montré par CARBIENER (1903) et PINAY (1906). La connectivité biologique est faible, la spécialisation des cultures étant un facteur d'isolement. Ce n'est qu'au niveau des écotones que se constituent des peuplements bénéficiant des apports des différents éléments: espèces prairiales, espèces forestières, adventices des cultures. On soulignera la spécialisation des peuplements automnaux liés aux cultures en champ: *Setaria viridis*, *S. verticillata*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus galli*, *Panicum capillare*, *Sorghum halepense* (PAUTOU, GIREL et BOREL, 1987).

IV - PEUPELEMENTS PERMANENTS ET PEUPELEMENTS TRANSITOIRES

Nous entendons par peuplements permanents des peuplements spécifiques qui constituent les constantes du système fluvial et sont toujours représentés dans l'espace alluvial. Le caractère de permanence ne suppose pas la fixité c'est-à-dire la présence durable sur la même portion de territoire. Ainsi, les Saussaies à *Salix alba* constituent des peuplements permanents bien qu'ils aient une vie éphémère; dans la mesure où il y a genèse de terrains neufs, ce type de peuplement est toujours représenté dans la plaine d'inondation. Les peuplements transitoires ne s'implantent qu'à certains stades de l'évolution du système fluvial; ils apparaissent lorsqu'il a émergence de caractères nouveaux.

Les peuplements végétaux permanents constituent le noyau spécifique du système. Leur présence traduit son aptitude à régénérer des sites présentant les mêmes caractéristiques écologiques ou perçues comme telles par la végétation. La reproductibilité de ces peuplements est en rapport avec l'ambivalence des eaux courantes: érosion, sédimentation. Le groupement pionnier à *Phalaris arundinacea*, les différents types de Saussaies, les Aulnaies à *Alnus incana* sont liées à l'aptitude du chenal à se déplacer librement dans la plaine d'inondation.

La genèse des bancs d'alluvions est étroitement dépendante du débit. Ce n'est que lorsqu'il dépasse 900 m³/s que se produisent les charriages des éléments de fond et qu'il y a émergence d'un banc d'alluvions suffisamment haut pour accueillir une population de *Phalaris arundinacea*. La probabilité pour qu'il y ait genèse d'un tel site est élevé (environ 16 jours par an). En revanche, les îles recélant la forêt de bois durs ne sont touchées que par les crues de 1 450 m³/s, soit une fois chaque 4 à 5 ans (PAUTOU, 1975).

Bien qu'il y ait permanence temporelle de certains types physiologiques comme l'attestent les chroniques communales (c'est le cas par exemple des bois de saules blancs ou albarèdes de la vallée de la Garonne, signalés dans les îles aux XVI et XVIIe siècles par DEFFONTAINES, 1928), on peut se demander, néanmoins, s'il n'y a pas transformation progressive de la composition floristique; ainsi, les saussaies qui s'implantent dans un chenal endigué, balayé violemment par les crues, sont très pauvres.

Les peuplements transitoires n'occupent qu'un bloc temporel déterminé. Ils ont 2 origines :

a) Une évolution unidirectionnelle du système. Nous prendrons l'exemple de la plaine d'inondation de l'Ain. Depuis plusieurs millénaires, la rivière s'enfonce dans les sédiments et se déplace toujours vers l'ouest (BRAVARD, 1986). Ces mouvements lents de faible intensité sont sans effets sur les caractéristiques des peuplements végétaux qui colonisent la bande de remaniement (saussaies à *Salix eleagnos*). C'est dans les parties éloignées du chenal qu'il y a genèse de conditions écologiques nouvelles par approfondissement de la nappe souterraine (PAUTOU et GIREL, 1986). Une peupleraie à *Populus nigra*, *Robinia pseudacacia* et arbustes épineux est caractéristique des épaisses nappes de sables grossiers et de graviers qui sont hors inondation.

b) La construction d'ouvrages. Les interventions humaines sont à l'origine de sites présentant des caractéristiques écologiques nouvelles. La construction des digues au XIXe siècle a provoqué l'installation de peuplements originaux sur les sols graveleux en rapport avec une nappe superficielle mais à l'abri des inondations: *Cladiales* à *Cladium mariscus* et *Solidago gigantea*, Aulnaies mixtes à *Alnus incana* et *Alnus glutinosa*. La formation de bourrelets de berge d'altitude élevée a permis l'installation d'une ormaie haute à *Tilia cordata*.

La mise en service de l'aménagement de Chautagne en 1980 et à l'origine d'un abaissement de la nappe de 1 m à 1,50 m qui s'est ajouté à un enfouissement du même ordre, conséquence de la mise en place des digues de chenalisation (BRAVARD, 1981). Un peuplement original à base de *Robinia pseudacacia*, *Populus nigra*, *Acer campestre* et *Quercus pubescens* se met en place sur les dépôts filtrants liés à une nappe très profonde. Sur ce type de site, l'évolution de la végétation peut être très rapide. Ce n'est pas le cas sur les sites présentant un sol limoneux. Bien que hors inondation, la forêt de bois durs peut persister pendant plusieurs décennies (CARBIENER, 1970, 1974 et 1983).

La concentration des flux entre des digues rapprochées conduit à la disparition des peuplements spécifiques. C'est le cas de la vallée de l'Isère dans le Grésivaudan: les saussaies à *Salix alba* et les Aulnaies à *Alnus incana* n'existent qu'à l'état d'îlots minuscules à l'intérieur des digues. A l'extérieur, sur les sites qui ne sont plus inondés s'est constituée une Frênaie à *Acer*

pseudoplatanus et *Tilia cordata* où les phréatophytes ont disparu; un groupement de *Robinia pseudacacia* et *Sambucus nigra* peut également s'implanter.

Au pas de temps du millénaire, la mise hors inondation peut conduire à des changements qui ressortissent à l'évolution pédogénétique; c'est l'origine de l'implantation de forêts post alluviales acidophiles: charmaies, chênaies à *Quercus robur* et *Betula verrucosa*, (voir plus loin, fig. 10, p. 93).

V - PEUPELEMENTS ALLOCHRONIQUES APRÈS LES ENDIGUEMENTS DU XIXE SIÈCLE

Nous désignons par "suites de peuplements allochroniques" un ensemble de peuplements qui se relaient de façon ordonnée sur la même portion du territoire. Ils occupent le même cadre spatial mais dans des blocs temporels différents. Les travaux de géomorphologie fluviale montrent que, depuis les endiguements du XIXe siècle, le lit d'inondation subit une modification rapide de conditions hydrologiques qui a une incidence sur la dynamique des flux de matière : exhaussement du plancher alluvial par exemple.

CARBIENER et al. (1988) discutent avec beaucoup de pertinence les rapports entre zonation et succession. Ils semblent considérer que le terme de succession doit être réservé à des séquences évolutives dont le déroulement est, de façon prépondérante, sous la dépendance de processus autogéniques.

En ce qui concerne le Haut-Rhône français, ce cas de figure ne s'observe pas dans les parties situées à l'intérieur des digues. Les paliers les plus élevés sont affectés par les crues décennales. Au moins une fois sur dix, le biotope de la forêt de bois durs peut être modifié par des entrées de limon. Dans les parties à l'extérieur des digues, la dynamique de la végétation est strictement dépendante de processus autogéniques sur les niveaux les plus hauts, en dehors du champ d'épandage des flux de matière mais ces conditions écologiques ne sont plus représentatives d'un système fluvial actif. En revanche, les terres basses ne sont protégées par les digues que contre des crues dont le débit est inférieur à 1 600 m³/s (crue décennale).

Dans la mesure où le système dévie de façon lente mais continue, on ne peut être certain que les conditions hydrologiques correspondant aux peuplements des stades mûrs n'ont pas changé, même faiblement, par rapport à celles auxquelles étaient soumises les peuplements pionniers, un siècle auparavant. Un enfoncement du niveau de la nappe de quelques décimètres suffit à provoquer une notable augmentation des mésophiles sciaphiles.

Beaucoup de ligneux composant les stades terminaux sont capables de régénérer sur des sites nus (*Fraxinus*). On peut se demander quelles sont les causes de leur absence dans les stades pionniers, si les contraintes hydriques n'interviennent pas.

Nous nous plaçons, donc, dans le cadre d'une définition compréhensive des séquences évolutives et présentons sur le tableau n°I les changements de végétation, qui s'observent sur des portions de territoire dont chacune s'individualise par une évolution géomorphologique spécifique, quelque soient leur origine et le type d'enchaînement (recouvrement de peuplements, remplacement par concurrence, ...).

Dans nos précédents travaux (PAUTOU 1975, PAUTOU et al, 1976 , PAUTOU et DECAMPS, 1985, PAUTOU, DECAMPS, AMOROS et BRAVARD, 1986), nous avons montré que la dynamique de la végétation alluviale est une résultante des interactions entre processus allogéniques (érosion, charriage, sédimentation) et processus autogéniques (dissémination, régénération, croissance, démographie des populations). Huit suites de peuplements allochroniques sont présentés sur le tableau I. Leur déroulement est lié à la genèse de dépôts alluviaux, à leur exhaussement par sédimentation, à leur disparition par érosion ou à leur stabilisation définitive après aménagement. Il peut y avoir également colmatage organique.

La suite peut être interrompue à tous les stades. Lorsque l'énergie cinétique est très élevée dans le chenal endigué, le peuplement pionnier peut avoir le statut de peuplement ultime: c'est le cas du peuplement à *Phalaris arundinacea* dans les chenaux bordés de digues rapprochées.

Dans les types tressés, en rapport avec un chenal actif et un vaste lit d'inondation, les fortes variations de la ligne d'eau, les courants violents en période de crue, les phénomènes de redistribution de matière, la faible représentation des limons fins et des argiles sont à l'origine de séquences courtes ne dépassant pas le stade de la saussaie (à *Salix purpurea*, à *S. eleagnos*, à *S. daphnoides*).

TABLEAU I : Suites de peuplements allochroniques postérieures à la construction des digues.
La progression se fait par sédimentation ou colmatage organique.

stades séquences	herbacées	phase d'implan- tation des ligneux	bois tendres	bois mixtes à Fraxinus	bois durs à Ulmus	bois durs à Carpinus betulus
1	gr. de Phalaris arundinacea	fruticée à Salix divers et Populus nigra	saussaie à Salix alba et Impatiens	aulnaie à Alnus incana et Equisetum peupleraie à Populus alba	frênaie-ormaie Quercus robur et Arum	frênaie-charmaie à Quercus robur et Aegopodium
2	"	"	"	"	frênaie-ormaie haute à Tilia et Acer	"
3	"	"	saussaie à Salix daphnoides et S. pentandra	aulnaie à Alnus incana et Salvia	"	"
4	"	fruticée à Salix eleagnos et Populus nigra	saussaie à Salix eleagnos	frênaie à Populus nigra	peupleraie à Populus nigra et Berberis	gr. à Robinia pseudacacia et Quercus pubescens
5	gr. à Typha latifolia et Phalaris arundinacea	fruticée à Salix triandra	saussaie à Salix triandra et S. viminalis saussaie à Salix alba	aulnaie mixte à Alnus incana et Alnus glutinosa peupleraie à Populus alba	frênaie à Quercus robur et Carex pendula ormaie basse fourré de Crataegus	frênaie-charmaie à Quercus robur Filipendula
6	"	cariçaie à Carex elata	saussaie à Salix cinerea et Salix alba	"	frênaie à Prunus padus	"
7	gr. à Scirpus lacustris et Phragmites australis	cariçaie à Carex elata cariçaie à Carex gracilis	saussaie à Salix cinerea	aulnaie à Alnus glutinosa et Carex		
8	gr. à Cladium mariscus et Phragmites australis	gr. à Schoenus nigricans et Cladium	fourré de Frangula alnus	aulnaie à Alnus glutinosa et Solidago		

1: sur replats (dépôt de sables fins et ensuite de limons); 2: sur levées de berge (dépôt de sables fins); 3: sur replats dans les tronçons submontagnards (dépôt de sables grossiers); 4: sur replats dans les tronçons de basse plaine (dépôt de sables grossiers); 5: bras de tressage communiquant avec le chenal principal (dépôt de sables fins et de limons); 6: bras de tressage, dépression appelées basses, isolées du chenal (dépôt de limons fins et d'argile); 7: bras d'anastomose, méandres à proximité du chenal principal (colmatage minéral et organique); 8: méandre éloigné du chenal principal (colmatage organique). Sur ce tableau, seuls les peuplements types de chaque suite sont présentés. Beaucoup d'entre eux existent sous plusieurs faciès ou variantes; les peuplements de substitution sont également fréquents (voir texte). Le stade à *Carpinus betulus* ou *Quercus pubescens* est susceptible de s'installer dans les parties les plus hautes du lit d'inondation après la mise en service des barrages.

La construction de digues ménageant un lit ordinaire vaste a favorisé le déroulement de suites de peuplements allochroniques comportant de nombreux stades (PAUTOU, 1986). Les saussaies à *Salix alba* connaissent leur plein épanouissement lorsque se constituent d'épaisses nappes de sables fins.

Le déroulement d'une séquence jusqu'au stade à bois durs ne s'observe qu'à la faveur d'une conjonction spatio-temporelle particulière. C'est le cas du tronçon situé à l'extrémité méridionale du Jura: conditions géomorphologiques et hydrologiques favorables, construction des digues submersibles en 1880 et instauration d'un statut forestier après 1940 (BRAVARD, 1983, BRAVARD, AMOROS et PAUTOU, 1986).

Plusieurs stades peuvent être court-circuités, à l'occasion des crues de forte intensité. La force du courant est telle qu'il y a formation de hautes dunes d'alluvions sur lesquelles les essences des stades intermédiaires ou ultimes s'installent immédiatement.

Des exemples d'évolution régressive s'observent par rehaussement naturel (AMOROS, 1987) ou artificiel (GIREL et DOCHE, 1983) de la ligne d'eau.

Les interventions humaines (coupes par exemple) peuvent favoriser l'implantation massive des espèces des stades antérieurs (par exemple, *Alnus incana*, développe des populations nombreuses sur les sites d'exploitation de la forêt de bois dur à côté de *Fraxinus excelsior*).

Dans les stades jeunes juvéniles, le type de combinaison biotique est prévisible. Les contraintes hydrologiques limitent le nombre de populations ligneuses. La saussaie à *Salix alba* constitue un stade obligatoire. Dans les stades ultimes, la diminution des contraintes et l'augmentation des stocks (remontées capillaires, nutriments de l'humus et des horizons limoneux sous-jacents) sont des facteurs de diversification: à côté de la chênaie-ormaie ultime, il existe de nombreux substituts qui constituent, suivant l'environnement biotique, des stades éphémères ou durables: ormaie à *Ulmus minor*, groupement de *Populus alba* et *Populus nigra*, groupement de *Robinia pseudacacia* et d'*Urtica dioica*, Aulnaie à *Alnus incana* et *Fraxinus excelsior*, fourré de *Crataegus monogyna*, fourré de *Corylus avellana*, bois d'*Ailanthus glandulosa*.

La vitesse des phénomènes de substitution dépend de la capacité du cours d'eau à détruire, régénérer, transformer les formes alluviales. Nous avons montré que la vitesse pouvait être très différente suivant la localisation du territoire concerné dans la plaine inondation. L'exemple des quatre bras barrés à l'amont au même moment est, à cet égard, très révélateur (fig. 9).

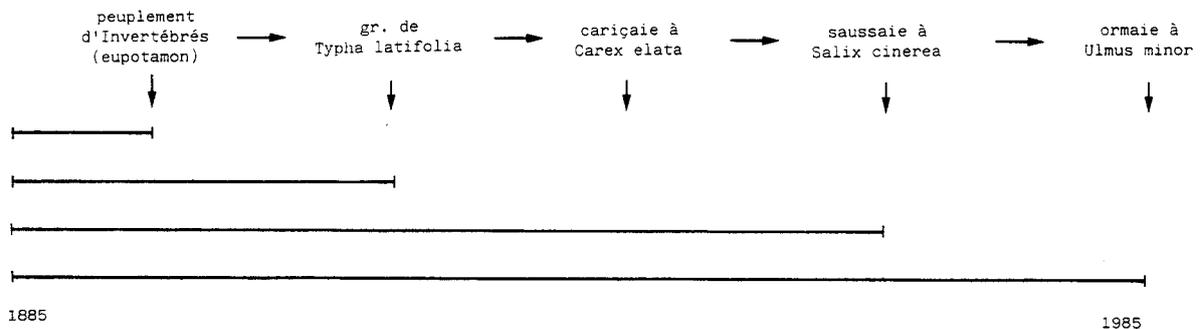


Fig. 9.- Evolution de la végétation dans 4 bras barrés à l'amont au cours d'un siècle in: Oikos (BRAVARD, AMOROS et PAUTOU, 1986).

Des blocages peuvent se manifester à différents stades. Ils sont d'origine divers: isolement écologique (par maintien de conditions écologiques sévères), isolement biotique (par suite d'une forte pression défensive des populations présentes, comme par exemple celles de *Salix cinerea*), isolement géographique (par absence des populations à forte pression offensive; c'est le cas des fourrés de *Crataegus monogyna* et des landes à *Sambucus* dans la vallée de la Garonne qui constituent des flots entre d'immenses champs d'oléagineux).

La stabilisation des dépôts, l'abaissement de la nappe phréatique sont susceptibles de provoquer, après plusieurs décennies, l'extension du stade à feuillus divers représenté uniquement sur les marges de la plaine d'inondation dans un système fluvial actif.

VI - DÉVIATION DU SYSTÈME FLUVIAL

Les modifications des flux d'eau et de matière provoquent une déviation générale du système fluvial et, partant, des séquences de peuplements allochroniques. La mise hors inondation de la plaine alluviale et l'enfoncement des nappes aquifères réduisent les surfaces où se déroulent des séquences à processus allogéniques prépondérants. L'atterrissement des plans d'eau, la stabilisation des dépôts, l'approfondissement de la nappe phréatique augmentent les surfaces favorables au déroulement des suites à processus autogéniques dominants. Nous présentons l'exemple des successions secondaires sur tourbe dans les marais situés au nord du lac du Bourget.

La construction des ouvrages de génie civil à partir 1800, la création des réseaux de drainage à partir de 1900, l'édification récente des barrages hydroélectriques additionnent leurs effets: diminution des flux d'inondation, abaissement du niveau de la nappe. Par étapes successives, le volume de sol soumis à des conditions d'aérobiose augmente. Cette modification des conditions hydrologiques s'accompagne d'un remplacement des peuplements hygrophiles par des peuplements mésohygrophiles. Sur des tourbes à fort pourcentage de matière organique, liées à une nappe comprise entre -0,30 et -0,50 m de profondeur, l'abandon de la fauche provoque l'installation d'une cladiaie à *Cladium mariscus* qui sera ensuite remplacée par un fourré de *Frangula alnus*. L'approfondissement de la nappe conduira à la mise en place d'une Cladiaie à *Phragmites australis* et ensuite à une *Phragmitaie* type à *Convolvulus sepium* qui sera colonisée par une frênaie à *Fraxinus excelsior* et *Quercus robur*. Le tassement de la tourbière consécutif à une dessiccation plus marquée pourrait, cependant, être à l'origine d'un retour de stades juvéniles (tabl. II).

VII - DIFFICULTÉS DES PRÉVISIONS

L'élaboration des scénarios prévisionnels sur le devenir du système fluvial, à la suite de perturbations d'origine anthropique, se heurte à quatre difficultés majeures:

Une dissociation difficile entre évolution en cours et effets provoqués par un aménagement. Prévoir le devenir d'un type de peuplement n'est possible que si on insère l'état actuel du système dans une évolution à long terme, si on précise sa position dans des cycles de réversibilité ou bien dans une évolution irréversible.

Comme dans la vallée du Rhin (CARBIENER, 1987), l'augmentation des effectifs de *Fraxinus excelsior* a débuté après la construction des digues. Elle se poursuivra après la mise en service des barrages. En l'absence de références, cette progression pourrait être interprétée comme un impact de l'aménagement.

La construction d'ouvrages provoque l'apparition de situations écologiques nouvelles. L'explosion démographique de *Tamarix chinensis* dans les rivières du sud des Etats Unis est, à cet égard, très révélateur (EVERITT, 1980).

L'établissement d'un diagnostic prévisionnel est difficile lorsqu'il y a apparition de situations "hybrides". Nous citerons 2 cas: les tronçons court-circuités par les aménagements hydroélectriques; ils sont alimentés tout au long de l'année par un débit réservé (inférieur à 100 m³/s) mais soumis au passage des fortes crues. Le deuxième exemple concerne les terres basses liées à une aquifère de surface mais protégées par des digues contre les crues inférieures à 1600 m³/s (crues décennales).

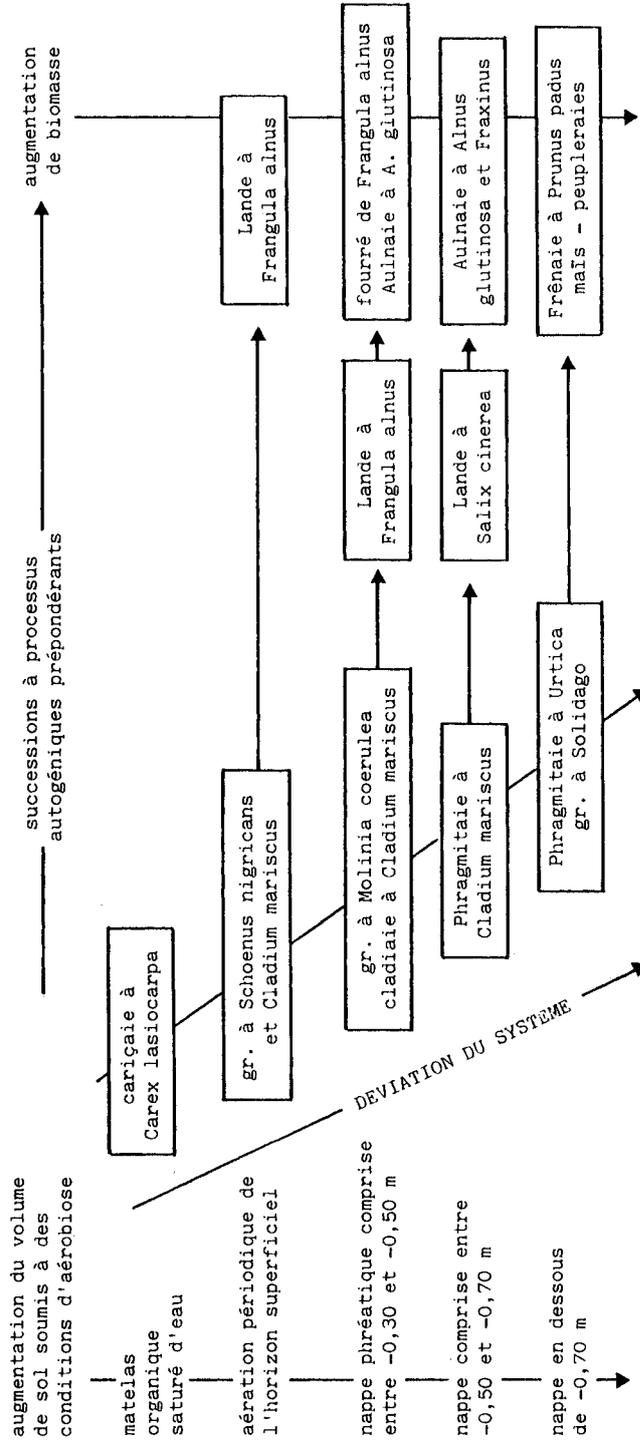


TABLEAU II.- Déviation du système fluvial : l'exemple des marais de Chautagne (à l'approfondissement de la nappe phréatique se surajoute l'abandon de la fauche).

Des réponses complexes étalées dans le temps; on distingue :

- des effets immédiats, conséquence d'une modification brutale des flux: troubles de fonctionnement, mort d'individus;
- des effets perceptibles à l'échelle de plusieurs décennies, ; modifications des rapports quantitatifs entre populations, disparition de certaines d'entre-elles, implantation de nouvelles;
- des effets à long terme après plusieurs siècles: mise en place de nouveaux types de peuplements consécutive à la diminution des contraintes hydrologiques. Cet échelonnement des effets dans le temps s'explique par différents types de réponse: absence de réaction chez les individus appartenant à un nombre plus ou moins grand de populations, traumatismes passagers, troubles de croissance, arrêt de la production des semences, impossibilité de régénération, augmentation de la vulnérabilité (attaques parasitaires), accommodation (enfouissement de l'appareil racinaire), différenciation de nouveaux phénotypes (PAUTOU, 1975), progression ou régression des populations.

Des réponses différentes dans l'espace fluvial.
C'est une conséquence de l'hétérogénéité du système fluvial. Les perturbations provoquées par un aménagement ne sont pas univoques. La réponse dépend des caractéristiques écologiques du site concerné, de la vulnérabilité des populations composant le peuplement considéré, de l'agressivité des populations environnantes.

Un abaissement de la nappe aquatique peut avoir des effets catastrophiques sur les saussaies (CHALEMONT, 1988) et n'avoir aucun effet immédiat sur la forêt de bois durs pour les raisons suivantes :

- grande longévité des essences;
- présence de réserves (nutriments de l'humus et des couches sous-jacentes limoneuses);
- existence d'effets tampons ou de facteurs de compensation (précipitations).

CONCLUSION

Au terme de l'évolution provoquée par des interventions humaines, le système fluvial aménagé présente 2 catégories de sites où s'implante la végétation.

Des sites à forte instabilité soumis à une force tractrice de l'eau élevée pendant de longues périodes. C'est le cas lorsque les eaux sont canalisées dans un chenal étroit entre des digues rapprochées. La végétation alluviale ne dépasse pas le stade du fourré de Saix, sur des bancs d'alluvions ayant une vie éphémère; elle est représentée par la superposition d'une bande de bois tendres et d'une bande de bois durs dans la partie interne des digues.

Des sites stabilisés hors-inondation mais soumis à des transferts horizontaux (chenal-nappe souterraine) et à des transferts verticaux (remontées capillaires à partir de la nappe). Il s'agit des sites situés à l'extérieur des digues. Lorsque la nappe est superficielle, il y a maintien de forêts hydromorphes (Aulnaies à *Alnus glutinosa* ou Aulnaies mixte à *Alnus glutinosa* et *Alnus incana*). Lorsqu'elle se trouve en-dessous de 1 m de profondeur, une forêt mixte de feuillus dominée par *Fraxinus excelsior* et *Carpinus betulus* s'implante. Il existe des faciès de substitution à *Robinia pseudacacia*. Le stade ultime de l'évolution serait représentée par des sites hors-inondation et hors-effets des remontées capillaires.

Généralement, l'homme multiplie les lignes de forces dans le sens longitudinal; elles constituent les linéaments du paysage: canal de dérivation, contre-canaux, digues, voies ferrées, routes de chaque côté du chenal, voies express ou autoroutes etc. Il augmente donc le nombre de bandes parallèles. Les interventions se font également dans le sens transversal avec la création de canaux, de fossés, de routes secondaires, de chemins descendant vers les terres basses. Il en résulte un découpage de l'espace fluvial en cellules de forme rectangulaire ou triangulaire séparées par des lisières qui constituent des îlots reliques pour la végétation spontanée. Ces franges, souvent remaniées par l'homme, constituent des sites où des populations photophiles peuvent s'implanter sur des dizaines de km (*Phalaris arundinacea*, *Solidago gigantea*, *Populus nigra*, *Ailanthus glandulosa*, *Robinia pseudacacia*, *Populus alba*).

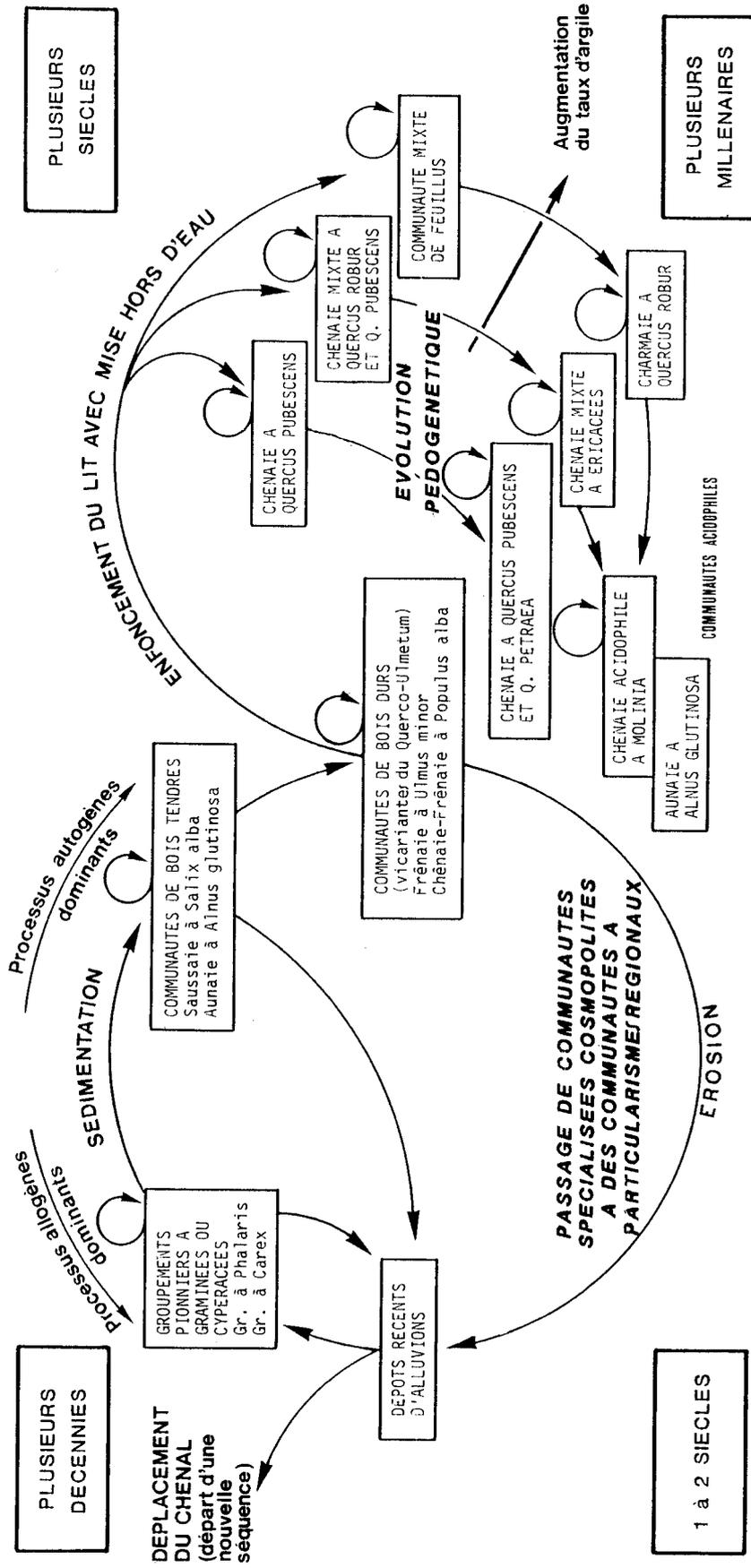


Fig. 10.- Les peuplements allochroniques alluviaux et post-alluviaux (source: LAUGA et PAUTOU, 1985).

A proximité des grandes métropoles urbaines, l'affectation des bandes ne se fait plus en fonction des conditions hydrologiques mais en fonction des impératifs de l'urbanisation. Cependant, le système fluvial peut garder, pendant plusieurs décennies, des caractères hérités qui sont les témoins de l'ancien fonctionnement du système.

- Rangée de *Salix alba* en bordure des anciens fossés.
- Peuplement de *Phragmites australis* et *Phalaris arundinacea* dans les terrains abandonnés.
- Aulnaie à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* dans les anciens bras colmatés.

En période de fortes pluies ou de hautes eaux, la remontée de la nappe phréatique dans les vides sanitaires ou les caves traduit une récurrence de l'ancien fonctionnement.

BIBLIOGRAPHIE

- AIN (G.) et PAUTOU (G.), 1969.- Etude écologique du Marais de Lavours (Ain). Doc. Carte Vég. Alpes, VII, 25-64, 1 carte coul. h.t.
- AMOROS (Cl.), 1987.- Evolution des écosystèmes aquatiques abandonnés par les fleuves: recherches méthodologiques appliquées à la gestion écologique des systèmes fluviaux. Thèse de Doctorat, Lyon, 44 p.
- AMOROS (Cl.), BRAVARD (J.P.), ROUX (A.L.), REYGROBELLET (J.L.) et PAUTOU (G.), 1987.- Methodological research applied to the ecological management of water resources of fluvial systems. *Regulated Rivers*, I, 17-36.
- ASTRE (G.), 1954.- Terrains quaternaires du sous-sol de Toulouse (zone du Lauragais). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, fasc. 3-4, 269-291.
- ASTRE (G.), 1956.- Les dépôts limoneux de la plaine lauragaise de l'Hers. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 91, fasc. 3 et 4, 227-306.
- BECHMANN (R.), 1984.- Des arbres et des hommes. La forêt au Moyen-Age. Paris (France), Flammarion, 385 p.
- BESNARD (G.), 1986.- Carte des peuplements végétaux dans le complexe insulaire de Brégnier Cordon - Les Avenières. Rapport D.D.A., 42 p.
- BLACKBURN (W.M.), KNIGHT (R.W.) et SCHUSTER (J.L.), 1982.- Saltcedar influence on sedimentation in the Brazos River. *J. Soil Water Conserv.*, 37 (5), 298-307.
- BOREL (J.L.), DAMBLON (F.), MONJUVENT (G.), MOUTHEN (J.) et YATES (G.), 1987.- Le lac de Pluvis (Bas-Bugey): paléécologie et variations du niveau durant l'holocène, d'après le sondage 4. *Communic. Xe Symposium A.P.L.F. "Palynologie, Ecologie, Paléécologie"*, Bordeaux, sept.-oct.
- BORNAND (M.) et GUYON (A.), 1979.- Etude pédologique de la haute vallée du Rhône. Aménagement de Chautagne et de Belley. I.N.R.A. Montpellier, S.E.S, n°460, 54 p, 1 carte coul. h.t.
- BORNAND (M.), CHEVRIER (L.) et GUYON (A.), 1983.- Etude pédologique dans la haute vallée du Rhône. Aménagement de Chautagne. Rapport C.N.R., 59 p., 24 p. annexes, 1 carte coul. h. t.
- BOURDIER (F.), 1961.- Le Bassin du Rhône au quaternaire. *Géologie et préhistoire*. Paris, Edit. C.N.R.S., I, 364 p.; II, fig., bibl. index, 295 p.
- BRAVARD (J.P.), 1981.- La Chautagne. Institut des Etudes rhodaniennes, Lyon, 182 p.
- BRAVARD (J.P.), 1983.- Une auto-capture du Rhône par déversement dans les Basses Terres du Bas-Dauphiné (Isère, Ain). *Rev. Géographie de Lyon*, 58, 369-381.
- BRAVARD (J.P.), 1983.- Les sédiments fins des plaines d'inondation dans la vallée du Haut-Rhône; approche qualitative et spatiale. *Rev. Géographie Alpine*, 71, 363-379.
- BRAVARD (J.P.), 1986.- La basse vallée de l'Ain: dynamique fluviale appliquée à l'écologie. In "Recherches interdisciplinaires sur les écosystèmes de la basse plaine de l'Ain (France); potentialités évolutives et gestion". Doc. cart. Ecol., XXIX, 17-38.
- BRAVARD (J.P.), 1987.- Le Rhône, du Léman à Lyon, Ed. La Manufacture, 451 p.
- BRAVARD (J.P.), AMOROS (Cl.) et PAUTOU, 1986.- Impact of civil engineering works on the successions of communities in a fluvial system: a methodological and predictive approach applied to a section of the upper Rhône River (France). *Oikos*, 47, 92-111.
- CARBIENER (R.), 1970.- Un exemple de type forestier exceptionnel pour l'Europe occidentale: la forêt du lit majeur du Rhin au niveau du fossé rhénan. *Vegetatio*, 20, 1/4: 97-148.
- CARBIENER (R.), 1974.- Le Rhin et l'Alsace. Histoire de l'évolution des rapports entre l'homme et un grand fleuve. *Bull. Soc. Industr. Mulhouse*, n°757, 61-69.
- CARBIENER (R.), 1980.- De quelques aspects phytosociologiques, écologiques et de gestion des complexes forestiers alluviaux des grands fleuves d'Europe. *Communic. Colloque Intern., Forêts alluviales européennes*, Strasbourg.

- CARBIENER (R.), 1983.- Le grand ried central d'Alsace: écologie et évolution d'une zone humide d'origine fluviale rhénane. Bull. Ecol., 14, 4, 249-277.
- CARBIENER (R.), DILLMANN (E.), DISTER (E.), et SCHNITZLER (A.), 1987.- Variations de comportement et vicariances écologiques d'espèces ligneuses en zone inondable: l'exemple de la plaine du Rhin. Actes du Colloque "Crues et inondations" (genèse, méthodes d'études, impacts et préventions), Strasbourg, 237-259.
- CARBIENER (R.), SCHNITZLER (A.) et WALTER (J.-M.), 1988.- Problèmes de dynamique forestière et définition des stations en milieu alluvial. Colloques phytosociologiques, XIV, (Phytosociologie et foresterie, Nancy, 1985). Ed., J. Cramer, 655-686.
- CHALEMONT (J.), 1985.- Quelques éléments pour évaluer l'impact de l'aménagement hydroélectrique de Chautagne. D.E.A. Grenoble, "Géographie, Ecologie et Aménagement des montagnes", 98 p.
- CHALMANDRIER, 1774.- Carte du canal royal de la province du Languedoc, gravée par CHALMANDRIER depuis Toulouse à Renneville.
- CLERC (J.), 1985.- Première contribution à l'étude de la végétation tardiglaciaire et holocène du Piémont dauphinois. Doc. Cart. Ecol., XXVIII, 65-83.
- CORILLION (R.), 1982.- Flore et végétation de la vallée de la Loire. Paris, Impr. Jouve, T. I: 737 p.; T. II: 361 p.
- DEFFONTAINES (P.), 1928.- Les hommes et leurs travaux dans le pays de la moyenne Garonne. Mémoires et Travaux Fac. Catholique de Lille. Lille, SILIE Impr., 462 p.
- EVERITT (B.L.), 1980.- Ecology of saltcedar, a plea for research. Environ. Geol., 3, 77-84.
- FOSSATI (J.), 1987.- Dynamique de la végétation après l'arrêt de la fauche dans un marais tourbeux eutrophe (Chautagne, Savoie, France). D.E.A. "Analyse et modélisation des systèmes biologiques", Lyon-Grenoble, 70 p. et annexes.
- GAILLARD (M.J.), 1984.- Etude palynologique de l'évolution tardi- et postglaciaire de la végétation du Moyen-Pays Romand (Suisse). Dissertations botanicae, Edit. J. Cramer, F.L. 9490 Vaduz, Band 77, 346 p.
- GILOT (B.), PAUTOU (G.), IMMELER (R.) et MONCADA (E.), 1973.- Biotopes suburbains à *Dermacentor reticulatus* (Fabricius 1784). Etude préliminaire. Revue suisse de Zoologie, 80, fasc. 2, 411-430.
- GIREL (J.) et DOCHE (B.), 1983.- Influence des activités humaines sur la genèse, l'évolution et la disparition des groupements végétaux alluviaux (exemple du site de l'Etournel dans la vallée du Haut Rhône entre Bellegarde et Genève). Rev. Géogr. Alpine, LXXI, 4, 343-351.
- GIREL (J.) et PAUTOU (G.), 1986.- Associations végétales et types de cultures dans les sections à forte pente du Haut-Rhône français. Colloques phytosociologiques, XIII, "Végétation et Géomorphologie". Berlin-Stuttgart, J. Cramer, 667-689.
- IVERSEN (I.), 1960.- Problems of the Early Post-Glacial Forest Development in Denmark. Danmarks Geologiske Undersogelse, IV Række, Bd. 4, n°3, 32 p.
- KOZLOWSKI (T.T.), 1984.- Flooding and Plant Growth. Academic Press Inc., 355 p.
- LACHET (B.), 1984.- Approche statistique des relations entre variables écologiques et floristiques dans la vallée du Haut Rhône français. Thèse Doctorat Etat, Univ. Grenoble, 187 p.
- LAMOUILLE (G.), SAMUEL (E.) et VILAIN (R.), 1985.- Les arbres fossiles et les alluvions holocènes du Rhône à la "Malourdie", commune d'Anglefort (Ain, France). Revue "Le Bugey", n°72, 1 028-1 061.
- LAUGA (J.) et PAUTOU (G.), 1985.- Modèle d'organisation spatiale et de transfert dans les couloirs fluviaux: l'exemple de la moyenne vallée de la Garonne. Rapport PIREN, 38 p.
- MAJCHRZAK (Y.), 1987.- Mise au point d'une méthodologie permettant d'analyser les modifications des communautés végétales soumises au pâturage dans les marais tourbeux (marais de Lavours). D.E.A. "Analyse et Modélisation des systèmes biologiques", Lyon-Grenoble, 70 p.
- PAUTOU (G.), 1985.- Contribution à l'étude écologique de la plaine alluviale du Rhône entre Seyssel et Lyon. Thèse Doctorat Etat, Uni. Grenoble, 375 p.
- PAUTOU (G.), 1983.- Répercussions des aménagements hydroélectriques sur le dynamisme de la végétation. Rev. Géogr. Alpine, LXXI, 331-342.
- PAUTOU (G.), VIGNY (F.) et GRUFFAZ (R.), 1971.- Carte des groupements végétaux de la Chautagne (Savoie). Doc. Carte Vég. Alpes, IX, 79-108, 1 carte coul. h.t.
- PAUTOU (G.), AIN (G.), GILOT (B.), COUSSERANS (J.), GABINAUD (J.) et SIMONNEAU (P.), 1973.- Cartographie écologique appliquée à la démoustication. Doc. Cart. Ecol., XI, 16 p., 1 carte coul. h.t.
- PAUTOU (G.), MERIAUDEAU (R.), GILOT (B.), THOMAS (J.) et AIN (G.), 1976.- Le lit du Rhône à la sortie du Jura: formation des îles, évolution de la végétation, genèse des biotopes larvaires à moustiques. Rev. Géogr. alpine, LXIV, 3, 289-309.
- PAUTOU (G.), GIREL (J.), LACHET (B.) et AIN (G.), 1979.- Recherches écologiques dans la vallée du Haut Rhône français. Doc. Cart. Ecol., XXII, 1-63, 2 cartes coul. h.t.

- PAUTOU (G.) et BRAVARD (J.P.), 1982.- L'incidence des activités humaines sur la dynamique de l'eau et l'évolution de la végétation dans la vallée du Haut Rhône français. Rev. Géogr. Lyon, 87, n°1, 63-79.
- PAUTOU (G.) et DECAMPS (H.), 1985.- Ecological interactions between the alluvial forests and hydrology of the Upper Rhône. Archiv für Hydrobiologie, 104, 1, 13-37.
- PAUTOU (G.), GIREL (J.) et MAMAN (L.), 1985.- Le rôle des processus allogéniques dans le déroulement des successions végétales: l'exemple de la plaine alluviale du Rhône entre Genève et Lyon. Colloques Phytosociologiques, XIII, "Végétation et géomorphologie", 655-667.
- PAUTOU (G.), DECAMPS (H.), AMOROS (Cl.) et BRAVARD (J.P.), 1985.- Successions végétales dans les couloirs fluviaux: l'exemple de la plaine alluviale du Haut Rhône français. Bull. d'Ecologie, 16, 3, 203-212.
- PAUTOU (G.) et GIREL (J.), 1986.- La végétation de la basse plaine de l'Ain: organisation spatiale et évolution. In "Recherches interdisciplinaires sur les écosystèmes de la basse plaine de l'Ain: potentialités évolutives et gestion". Doc. Cart. Ecol., XXIX, 147-160.
- PAUTOU (G.), GIREL (J.) et BOREL (J.L.), 1987.- Les changements de végétation dans les systèmes fluviaux: l'exemple de la vallée du Rhône entre Genève et Lyon. Communic. 112e Congrès National des Sociétés Savantes.
- PINAY (G.), 1986.- Relations Sol-Nappe dans les bois riverains de la Garonne. Etude de la dénitrification. Thèse Doctorat Etat, Lyon, 198 p.
- VILMORIN (R.) et VILMORIN (A.), 1969.- L'encyclopédie des fleurs et des jardins. Paris, Libr. J. Tallandier, 3 vol., 1 956 p.
- WUILLOT (J.), 1986.- Variabilité et état de référence de la végétation de l'Ile des Molottes (Haut-Rhône français). D.E.A. "Analyse et Modélisation des systèmes biologiques", Lyon-Grenoble, 15 p.



1

Photo 1.- Vue de la plaine du Rhône, au niveau de Culoz (photo prise depuis le massif du Grand Colombier). On aperçoit les îles du Rhône, le molard de Vions dans la partie centrale; les marais de Chautagne avec les plantations de peupliers, le lac du Bourget, bordé à l'ouest (à droite) par la chaîne du Landard et à l'est par la montagne du Landard et le massif du Clergeon (à gauche).



2

Photo 2.- Les îles de la Malourdie entre Angiefort et Culoz. Les bras du fleuve (îlônes) sont bien visibles sur la photo; on distingue au-delà du Rhône les peuplieraies de Chautagne; ces îles doivent faire l'objet de mesures conservatoires.



3

Photo 3 et 4.- La plaine de Chautagne depuis le massif du Landard; au premier plan, à droite, vue sur les peuplements présents dans la partie septentrionale du Lac du Bourget (Phragmites aquatiques, Scirpales); en bordure, on distingue les Cariçaies à Carex elata (Caricetum elatae) qui colonisent les sites soumis à des inondations temporaires. Des Saules blancs de grande taille limitent bien les zones occupées par la Cariçaie; de place en place, on observe des tâches plus foncées; il s'agit de Saules cendrés. On remarque le molard de Châtillon (tâche noire allongée en contact avec le lac) et au fond le massif du Clergeon.



4



1

Photo 1.- Vue de la plaine du Rhône, au niveau de Culoz (photo prise depuis le massif du Grand Colombier). On aperçoit les îles du Rhône, le molard de Vions dans la partie centrale; les marais de Chautagne avec les plantations de peupliers, le lac du Bourget, bordé à l'ouest (à droite) par la chaîne du Landard et à l'est par la montagne du Landard et le massif du Clergeon (à gauche).



2

Photo 2.- Les îles de la Malourdie entre Angletfort et Culoz. Les bras du fleuve (lônes) sont bien visibles sur la photo; on distingue au-delà du Rhône les peupleraies de Chautagne; ces îles doivent faire l'objet de mesures conservatoires.



3

Photo 3 et 4.- La plaine de Chautagne depuis le massif du Landard; au premier plan, à droite, vue sur les peuplements présents dans la partie septentrionale du Lac du Bourget (Phragmitaies aquatiques, Scirpaies); en bordure, on distingue les Cariçaies à *Carex elata* (*Caricetum elatae*) qui colonisent les sites soumis à des inondations temporaires. Des Saules blancs de grande taille limitent bien les zones occupées par la Cariçaie; de place en place, on observe des tâches plus foncés; il s'agit de Saules cendrés. On remarque le molard de Châtillon (tâche noire allongée en contact avec le lac) et au fond le massif du Clergeon.



4

Photo 3 et 4.- La plaine de Chautagne depuis le massif du Landard; au premier plan, à droite, vue sur les peuplements présents dans la partie septentrionale du Lac du Bourget (Phragmitaies aquatiques, Scirpaies); en bordure, on distingue les Cariçaies à *Carex elata* (*Caricetum elatae*) qui colonisent les sites soumis à des inondations temporaires. Des Saules blancs de grande taille limitent bien les zones occupées par la Cariçaie; de place en place, on observe des tâches plus foncés; il s'agit de Saules cendrés. On remarque le molard de Châtillon (tâche noire allongée en contact avec le lac) et au fond le massif du Clergeon.