

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 101 (1975)  
**Heft:** 18: 56e Comtoir Suisse, Lausanne, 13-28 septembre 1975

**Artikel:** Evolution de la basse plaine du Rhône, objet naturel d'importance nationale  
**Autor:** Lachavanne, J.-B. / Choulat, Ch. / Munteanu, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-72575>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 24.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Evolution de la basse plaine du Rhône, objet naturel d'importance nationale

par J.-B. LACHAVANNE, Ch. CHOULAT, A. MUNTEANU

## Avant-propos

L'étude de l'évolution de la basse plaine du Rhône, objet naturel d'importance nationale, a été entreprise en 1974 par trois étudiants du cours postgrade de génie de l'environnement de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, M. J.-B. Lachavanne, diplômé en biologie de l'Université de Genève, M. Ch. Choulat, ingénieur mécanicien diplômé de l'EPFL, et Mme A. Munteanu, ingénieur sanitaire diplômé de l'Institut de construction de Bucarest, sous la direction de M. P. Goeldlin, docteur ès sciences et ingénieur diplômé de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, conservateur du Musée de zoologie de l'Etat de Vaud et chargé d'enseignement au cours post-grade précédent.

Ce travail a bénéficié de l'assistance matérielle de la Commission fédérale pour la protection de la nature et du paysage, de la Ligue vaudoise pour la protection de la nature ainsi que des conseils de nombreux instituts de recherche, services publics et de la Commission fédérale des Grangettes.

Une telle recherche interdisciplinaire qui représente un total de près d'une « année-personne » de travail engage évidemment au premier chef la responsabilité de ses auteurs, notamment en ce qui concerne les conclusions et recommandations.

Bien qu'il ne s'agisse pas, *stricto sensu*, d'un travail de l'Institut du génie de l'environnement, l'EPFL cautionne une telle recherche postgrade, quant à son sérieux, par l'octroi d'un « certificat de 3<sup>e</sup> cycle en génie de l'environnement » décerné à ceux qui ont participé au programme d'études d'une année et défendu avec succès leur recherche devant un jury qualifié.

L'étude de l'évolution de la basse plaine du Rhône a fait l'objet d'une vive polémique au début de l'année 1975 : émissions de radio, de télévision, articles dans les quotidiens et conférences de presse ont éclaboussé ce travail d'une

## I. Le site et son évolution

Ce texte est tiré d'une étude entreprise dans le cadre d'un cours postgrade en génie de l'environnement à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Pour des raisons de place, nous ne présentons ici qu'un résumé des principales parties. En particulier, nous passerons rapidement sur la présentation du site des Grangettes dont la valeur n'est plus à démontrer, pour nous attarder plus longuement sur les caractéristiques de son évolution et les principales causes qui la régissent.

### Introduction

Née de l'observation empirique des nombreuses dégradations constatées depuis plus d'une trentaine d'années, cette étude s'est attachée tout spécialement à suivre les grandes transformations constatées, à les analyser et à rechercher leurs causes. Deux aspects particuliers ont été abordés de façon très détaillée : le problème de la régression

propagande tapageuse. Tant mieux, car cela témoignait de l'intérêt du grand public : tant pis pour la sérénité scientifique. Lorsque l'universitaire descend dans l'arène, il faut qu'il se prépare à recevoir des coups quand ses travaux accusent, même en filigrane, les pouvoirs publics et leurs services d'une part, les intérêts privés d'autre part.

Cette étude ne représente qu'une des nombreuses contributions nécessaires à la connaissance du problème et à l'énoncé des décisions à prendre. Mais c'est une contribution significative, car elle quitte le terrain sécurisant de la science et de la technique pour fouler le domaine de la législation et des intérêts économiques publics et privés. Il devient alarmant de constater le fossé toujours plus large entre article constitutionnel d'une part et lois d'application d'autre part, mais surtout entre textes de lois, de règlements, etc. d'une part et leur application concrète d'autre part. Sans doute avec une candeur qui a irrité, cette recherche accuse-t-elle beaucoup de monde et pas seulement une entreprise qui est, il faut le rappeler, au bénéfice d'une concession en bonne et due forme et ne saurait par conséquent être prise comme bouc émissaire parce qu'elle exerce ses droits. Le vrai problème est beaucoup plus vaste : sommes-nous prêts, population et autorités qui la représentent à tous les niveaux, à faire réellement des sacrifices, financiers et autres, pour protéger les valeurs de notre environnement naturel ? Les opinions ne suffisent pas ; il faut des changements d'attitude. Espérons qu'en appuyant une recherche telle que celle-ci, l'Institut du génie de l'environnement œuvre utilement à un tel changement.

Espérons aussi que l'article qui suit donnera à ses lecteurs une information plus claire et complète que tout ce qui a été publié jusqu'à présent.

Professeur YVES MAYSTRE  
Directeur de l'Institut du génie de l'environnement EPFL

de la roselière et celui de l'érosion des rives. Tous les facteurs susceptibles d'avoir joué un rôle dans l'évolution de cette région ont été envisagés. Deux démarches distinctes mais complémentaires ont été utilisées. La première est une étude comparative de documents photographiques aériens (photogrammétrie) remontant à l'année 1942. La seconde est une étude *in situ* (levés de fond, biométrie...). Nous pourrions ajouter une troisième démarche, à savoir celle de la vérification expérimentale de nos conclusions sur modèle de simulation.

## I. Le site et sa protection

### 1.1 Situation géographique

La basse plaine du Rhône, objet de notre étude, est située à l'extrême orient du Léman, dans le Haut-Lac. Elle comprend un important arrière-pays exploité de manières variées (agriculture, décharge publique, gravière, populiculture...), le rivage compris entre les embouchures de

l'Eau-Froide à Villeneuve et du Rhône près du Bouveret ainsi qu'une partie du Haut-Lac par une beine qui s'avance sur plusieurs centaines de mètres vers le large.

Depuis le milieu du siècle dernier, toute cette région a subi de grandes transformations. La principale cause fut l'endiguement du Rhône dans les années 1850 ainsi que le creusement du Grand-Canal et de nombreux petits canaux de drainages. Cette domestication devait en effet modifier profondément l'aspect des lieux. Certes elle a mis fin aux inondations périodiques, empêchant ainsi les grandes catastrophes au moment des crues, mais en même temps elle a changé complètement les conditions hydriques régnantes en asséchant de vastes étendues. Bien avant cette période, avant d'arriver au lac, le Rhône traversait une zone de collines basses entre Chessel et Noville, et lors de l'abaissement du niveau du lac (environ 30 m) il continuait à alluvionner en aval de ces dernières. On reconnaît encore aujourd'hui ses méandres grâce aux marais qui occupent ses anciens lits.

Par la variété de l'exploitation, cette région se présente comme une mosaïque d'éléments très divers dont l'interdépendance décrit et explique l'évolution du site. Pour les besoins de notre étude, nous nous sommes limités au périmètre défini par le Plan d'extension cantonal 56 qui comprend la partie du Haut-Lac, qui sera, comme nous le verrons plus loin, déterminante pour l'explication de l'évolution générale du site (fig. 1). Cette partie littorale qui nous intéresse tout spécialement montre les caractéristiques suivantes :

- plateau littoral (beine) important et de faible pente ;
- faible profondeur d'eau ;
- présence de végétation lacustre (roseaux) ;
- sous l'effet des vents dominants (secteurs nord-est et sud-ouest) du Haut-Lac, la rive des Grangettes est soumise à l'action de vents dominants de direction relativement constante (secteurs ouest à nord-ouest) ;
- courants de direction également à peu près constants ;
- nature du sous-sol en relation avec son mode de formation.

Si l'on en juge par le nombre de mesures qui concernent de manière directe ou indirecte le site des Grangettes, on comprend d'emblée toute l'importance et l'intérêt que peut susciter ce type de milieu aujourd'hui. En effet, la valeur de ce site est reconnue à tous les niveaux : cantonal,

national et même international. On peut distinguer deux groupes de mesures : celles qui émanent de textes et de lois épargnés dans l'arsenal juridique et qui concernent tel ou tel aspect particulier du site et celles qui lui sont particulières.

### Législation générale

Sans donner la liste complète des lois et des textes, on peut les regrouper suivant trois types :

1. Les lois ayant trait à l'aménagement du territoire ainsi qu'à la protection de la nature et du paysage en général. Ce groupe de lois couvre beaucoup de domaines pratiques et pose comme axiome que les bases naturelles de la vie (faune, flore, ressources) doivent être conservées.
2. Les lois relatives à la protection de la faune et de la flore.
3. Les lois relatives à la protection des eaux.

Toutes ces lois traduisent une certaine option politique qui vise à la protection du site et de ses richesses, mais une caractéristique essentielle est à souligner : ce sont les lacunes de leur application au niveau des contrôles et des situations réelles. En effet, ces lois sont malheureusement souvent incontrôlables et incontrôlées. C'est d'ailleurs cet état de fait qui a poussé les autorités fédérales et cantonales à élaborer des mesures particulières pour les sites menacés. C'est le cas des Grangettes.

### Mesures particulières

Si l'on se place dans un ordre chronologique, trois mesures principales sont à mentionner :

1. Plan cantonal d'extension nos 56 et 56 bis. Ce plan limite les constructions, réglemente l'activité des campements et souligne la nécessité de préserver les roseaux.
2. L'Inventaire fédéral des paysages et des sites naturels d'importance nationale qui méritent d'être protégés. Cet inventaire fédéral dressé dans le but de sauvegarder le « patrimoine national » en incluant le site des Grangettes souligne son importance comme réserve ornithologique, avec ses richesses floristiques et faunistiques rares. La Confédération choisit nettement l'option qui consiste à protéger intégralement le site en dénonçant même les risques de dégradation.
3. Inventaire des monuments naturels et des sites du canton de Vaud (1972).

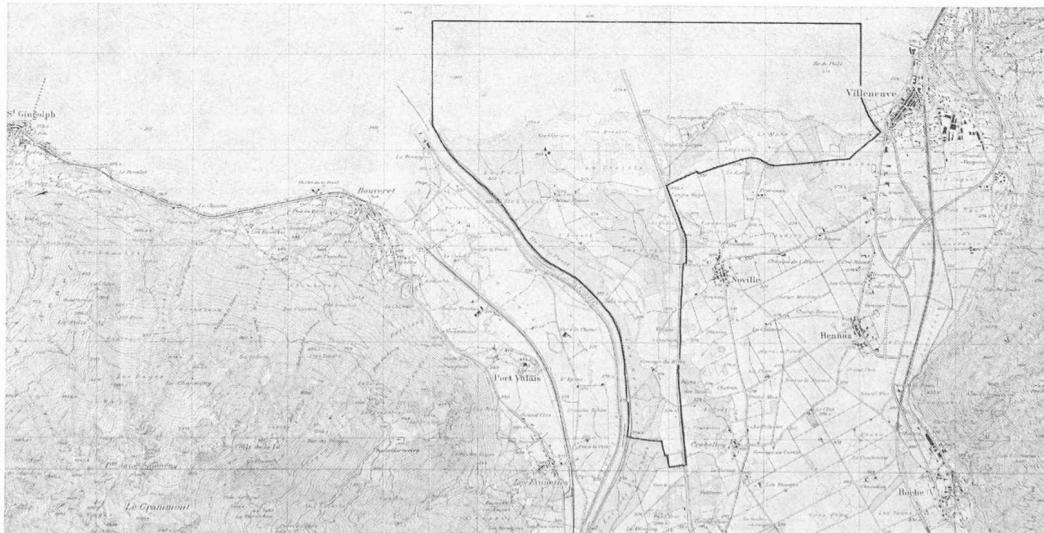


Fig. 1.— La basse plaine du Rhône : limites de l'étude.

(Reproduit avec l'autorisation du Service topographique fédéral du 15 août 1975).

Le territoire délimité dans cet inventaire (« Les Grangettes, les îles du Rhône, les forêts du secteur Crebelley-Dézaley ») est plus vaste que celui déterminé par les mesures précitées. Il englobe la rive et une partie du Haut-Lac, ce qui indique que la protection est désirée pour l'ensemble des caractéristiques du site.

L'option politique qui se dégage de ce développement est finalement confirmée par le Conseil fédéral qui a élevé le problème au niveau international en signant le 21 février 1974 la Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats de la sauvagine conclue à Ramsar (Iran) le 2 février 1971. Celle-ci a d'ailleurs fait l'objet d'un Message du Conseil fédéral à l'Assemblée fédérale le 11 septembre 1974. Cette convention permet de classer des zones humides selon l'intérêt national et reconnaît leur valeur et leur importance. Enfin, elle souligne le fait que leur perte serait irréparable et propose même de classer ces zones comme ressource internationale.

En vertu des mesures particulières prises à l'égard du site des Grangettes tant par les autorités fédérales que cantonales, il apparaît clairement qu'une option politique clairement définie a été prise dès 1957 dans le sens d'une protection totale de ce site.

## II. Evolution de la situation

Nous avons vu dans la partie précédente les principales caractéristiques qui font la valeur du site étudié ainsi que les mesures de protection dont il est l'objet. Ces dernières sont censées assurer son intégrité et pourtant point n'est besoin d'une étude très approfondie pour se rendre compte des grands changements et des atteintes qui lui sont portées. La principale source d'information utilisée pour l'étude de l'évolution de la région est constituée par des séries de photographies aériennes verticales panchromatiques prises en 1942, 1955, 1969, 1972 (en couleur) et 1974 par le Service topographique fédéral. Nous avons utilisé également de nombreuses photographies obliques qui, si elles ne permettent pas la cartographie comme les précédentes, n'en constituent pas moins un apport complémentaire appréciable.

Par sa valeur de document historique, la comparaison des documents photographiques aériens a permis de retracer les principaux stades de l'évolution de la région étudiée, ceci en particulier pour la roselière et la rive. Nous distinguerons dans notre développement l'évolution de ces dernières ainsi que celle de la beine qui a nécessité comme on le verra une approche tout à fait différente.

### 2.1 Evolution de la roselière

Lors de l'analyse des différentes photographies aériennes, la première chose qui frappe le photo-interprète est la grande hétérogénéité présentée par l'ensemble du rivage compris entre Villeneuve et l'embouchure du Rhône.

Déjà en 1942, une approche globale permet de subdiviser deux régions distinctes quant à l'importance de la roselière. La première, située entre l'embouchure de l'Eau-Froide à Villeneuve et le Grand-Canal, montre une roselière étendue et bien développée. La deuxième, comprise entre ce dernier et l'embouchure du Rhône, montre par contre, excepté à cette époque dans la partie Grand-Canal - Vieux-Rhône, des zones de roseaux plus restreintes qui ne parviennent pas le plus souvent à former une roselière continue comme dans la première région envisagée.

Une analyse plus fine nous a amené à subdiviser cette portion du rivage lémanique en quatre régions qui, comme

nous le verrons plus loin, présentent chacune des caractéristiques évolutives propres.

Ces quatre régions sont :

1. Le rivage devant les Saviez : partie comprise entre l'embouchure de l'Eau-Froide et les Grangettes.
2. Le rivage des Grangettes : partie comprise entre la pointe située dans le prolongement de l'étang de la Muraz et le Grand-Canal.
3. Le rivage du Gros-Brasset : partie comprise entre le Grand-Canal et le Vieux-Rhône.
4. Le rivage devant le Fort : partie comprise entre le Vieux-Rhône et l'embouchure du Rhône.

### 1. Le rivage devant les Saviez

Cette région est sans aucun doute celle qui, sur l'ensemble du site étudié avec la région du Fort, a subi les plus importantes modifications sur la partie terre. Parmi les principales, il faut mentionner la création d'une décharge, la construction d'une station d'épuration, l'ouverture de l'étang de la Muraz et l'utilisation de vastes surfaces pour la culture du peuplier. Toutes ces actions ont concouru à faire disparaître la plus grande partie du vaste marais des Saviez dont la flore était bien connue pour son originalité et sa richesse.

Si sur la partie terre cette région a subi de grandes transformations, par contre, sur la partie lac, il semble bien qu'elle est à l'heure actuelle, et pour une durée qu'il serait hasardeux de déterminer, celle qui a subi le moins de dommages. Il ne faudrait toutefois pas s'imaginer que nous avons aujourd'hui encore un rivage intégré dans cette région. En effet, de nombreux signes de « maladie » sont déjà bien visibles et ne laissent malheureusement aucun doute quant à son évolution future. Alors que sur les documents photographiques aériens de 1942 et 1955 se dégage très nettement une roselière étendue et dense, en 1969 celle-ci est déjà méconnaissable. Deux points d'attaque se dégagent très nettement. Le premier est situé sur le front de la roselière (côté lac) et se traduit par la création de surfaces vides dont l'importance diminue en direction de la rive. Ce premier point d'attaque s'explique très bien dans la mesure où c'est le front de la roselière qui est touché en premier car le plus exposé par l'action mécanique des vagues et des macrodéchets (nous reviendrons en détail sur cette question). Par contre, il est un deuxième point d'attaque, situé à l'arrière de la roselière à la limite lac - terre, qui est particulier à cette région. A peine visible en 1969, cette zone d'attaque, qui se présente sous la forme d'une ligne de démarcation dépourvue de végétation, s'est élargie considérablement déjà en 1972. La principale cause de cette dégradation est constituée par les macrodéchets qui par leur action mécanique saccagent les roseaux. Bien que spécialement visible sur cette portion du rivage, cet agent destructeur a opéré sur toute la région étudiée. Ainsi, en vingt ans, on a passé d'une roselière dense et homogène à une roselière présentant une image très hétérogène dont le front a considérablement reculé par endroits. Cette portion qui, vue du lac, semble montrer un état de santé relativement bon, n'est en réalité qu'une roselière malade dont les jours sont comptés. Il suffit de survoler la région en avion pour réaliser la gravité de la situation.

### 2. Le rivage des Grangettes

Cette portion de rive peut se subdiviser en deux parties distinctes quant à la colonisation par les roseaux. La pre-

mière, située entre le Grand-Canal et le camping, colonisée par des roseaux et des joncs, l'autre partie étant dépourvue de végétation déjà en 1942. Dans celle-ci, un mur fait office de ligne de démarcation lac - terre.

A cette époque, la partie qui nous intéresse spécialement était colonisée par de nombreuses espèces caractéristiques des ceintures végétales. Outre la présence de *Phragmites communis* (roseau commun), on pouvait observer également des nénuphars, *Littorella*, *Juncus spec.*, *Hippuris vulgaris*, *Ranunculus reptans*, etc. (P. Villaret, 1951). En 1955 déjà, de nombreuses transformations sont visibles. Parmi les principales, un recul spectaculaire du front de la roselière visible par les zones sombres submergées formées par les restes des systèmes radiculaires de la végétation préexistante, et disparition d'une quantité d'espèces compagnes du roseau, en particulier les nénuphars. La disparition de ces derniers est à mettre en relation avec des conditions mécaniques trop sévères (Sculthorpe, 1967). En 1969, la situation s'est aggravée. En plus de la progression du recul de la roselière, il apparaît en même temps, comme sur le rivage des Saviez, une attaque à l'arrière par les macrodéchets. Alors qu'en 1955 on pouvait observer, malgré le recul du front, une roselière dans un état sanitaire satisfaisant, depuis 1969 la situation n'a fait que se dégrader et actuellement, de la grande roselière qui colonisait jadis ce rivage, il ne reste que deux zones peu étendues et clairsemées (fig. 2).

### 3. Le rivage du Gros-Brasset

Excepté la création de l'étang de la Chaux-Rossat et l'utilisation de surfaces limitées pour la culture du peuplier, l'ensemble de la région du Gros-Brasset est restée à l'état sauvage sur la partie terre. Cette région constitue actuellement la plus grande surface laissée à l'état sauvage de toute la basse plaine du Rhône. Nous avons, par contre, ici une situation inverse de celle du rivage des Saviez, car la bordure côtière est sans aucun doute celle qui a subi les plus profondes modifications de l'ensemble du rivage étudié pendant la période considérée (1942 à 1974). En 1942, cette région située entre le Grand-Canal et le Vieux-Rhône, montrait une roselière importante qui s'avancait vers le large. Dans la partie située directement contre le Grand-Canal, on retrouve le même type de topographie côtière et de végétation que celui décrit pour la région des Grangettes. En 1955, comme pour l'ensemble du site étudié, il semble que les conditions aient été spécialement favorables au développement des roseaux. Cependant, il est une portion du rivage étonnamment bien délimitée, située à environ un tiers de la distance à partir du Vieux-Rhône, qui fait exception. Elle montre une transformation radicale du rivage et son aspect caractérise une érosion très active. Il est intéressant de noter que ce point d'érosion est le seul situé entre Villeneuve et le Vieux-Rhône à cette date et qu'il est situé directement, si l'on considère la direction des vents dominants, sous une fosse de dragage d'une largeur de 40 m environ et d'une longueur de près de 300 m. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point avec l'analyse des causes dans la troisième partie. En 1969, l'érosion qui était localisée en 1955, s'est généralisée à l'ensemble de ce rivage. Partout la roselière a subi une forte régression et il ne reste que quelques zones de surface modeste et plus ou moins clairsemées. Sur la beine, la tranchée ouverte dans les années 50 s'est transformée en une fosse gigantesque qui s'étend du Vieux-Rhône jusqu'à 200 m environ du Grand-Canal et qui passe par endroits à une cinquantaine de mètres de la rive. L'ensemble de

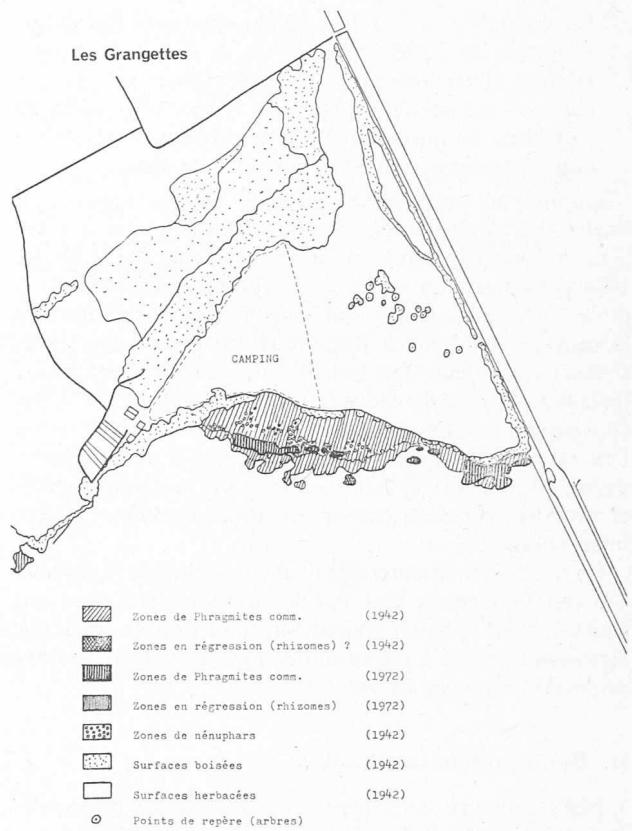


Fig. 2. — Evolution du rivage des Grangettes.

ce rivage montre une érosion active. Au cours des années 1972 à 1974, les processus de dégradations se poursuivent et actuellement il n'est plus possible de parler de roselière dans cette région. Seuls quelques îlots ont résisté, et le stade ultime de leur disparition totale est des plus proches.

### 4. Le rivage devant le Fort

Cette région est certainement celle où les processus de régression des roseaux et d'érosion étaient les plus avancés en 1942. Sur la partie terre, pratiquement toute la région du Fort est utilisée pour la culture du peuplier. Côté lac, à cette époque, on ne peut déjà plus parler de roselière. Excepté quelques restes de zones plus importantes situées dans la région de l'embouchure du Rhône et vers le Vieux-Rhône, il ne subsiste déjà que quelques îlots de roseaux. Il est intéressant de noter que l'île formée par le delta du Rhône à son embouchure divisait encore le fleuve en deux bras principaux qui s'enfonçaient dans des directions différentes. En 1955, le rivage a été égalisé. Les quelques presqu'îles et îlots caractéristiques d'une rive en équilibre ont disparu en laissant des zones sombres (systèmes radiculaires de la végétation préexistante). Directement à l'embouchure du Rhône, une fosse, cachée sur les documents photographiques de 1942 par des eaux très chargées en limon, est très visible. En 1969, l'érosion qui avait débuté dans la partie située directement dans le prolongement de la fosse, s'est généralisée jusqu'à la hauteur du Vieux-Rhône. La sylve sauvage qui borde le lac est attaquée par l'érosion et ralentit la vitesse du recul de la rive. On peut distinguer ça et là la présence d'arbres couchés par l'érosion. Leur taille est souvent importante. Actuellement, ce rivage offre un spectacle de désolation. Malgré leur capacité d'ancrage du sol, les arbres sont minés par

l'érosion et c'est par rangées qu'ils tombent. La roselière est actuellement pratiquement inexistante.

En plus de ces régression et dégradation spectaculaires de la roselière, et d'une façon générale de l'ensemble de la flore typique des ceintures végétales des lacs, l'évolution a été catastrophique également pour un grand nombre d'espèces animales. Le groupe le plus touché est celui des oiseaux aquatiques qui dépendent directement de la présence de roseau (nidification, refuge, nourriture). Les études faites sur l'avifaune lémanique depuis une quarantaine d'années par la Centrale ornithologique romande sont très édifiantes. Une autre étude récente entreprise par M. Werder de la Tour-de-Peilz sur la nidification du grèbe huppé permet déjà de voir les conséquences catastrophiques de la régression de la roselière pour cette espèce (1972 : 200 jeunes dénombrés ; 1973 : 100 ; 1974 : 70). De nombreuses autres espèces animales sont touchées : les batraciens actuellement protégés dans notre pays, le brochet et toutes les autres espèces de poissons qui utilisent les roselières comme lieu d'élection pour frayer, etc.

L'évolution subie par l'ensemble de ce site naturel peut donc être qualifiée, sans le moindre trait de pessimisme, de catastrophique et ceci à la fois pour le biotope et la biocénose qui le colonise.

## 2.2 Modifications de la beine (fig. 3)

De par sa nature même, la beine littorale d'un lac est constamment soumise à diverses influences. Deux types d'actions peuvent être distingués. Il y a d'abord les actions naturelles qui lui donnent son caractère évolutif et dont les principales sont celles des vents, des vagues (dues au vent ou à la navigation), des courants et des déchets (flottants ou du fond). Toutes sont interdépendantes et il est très difficile d'en établir les corrélations. A cela, il faut ajouter les actions artificielles dues à l'homme et qui agissent de façon plus ou moins directes à la fois sur les composantes naturelles citées ci-dessus et sur le milieu. Pour illustrer ce type d'influence nous pouvons signaler la modification de la nature des rives, celle de la végétation riveraine, de la beine naturelle (dragage), de la qualité de l'eau, etc. Pour juger de l'évolution de la beine littorale sur l'ensemble du rivage étudié, deux sources d'informations ont été prises en considération :

1. Inventaire et comparaison des mesures effectuées dans cette région à partir des
  - données de Forel (1898),
  - relevés de S.G.I. et Gaznat (1972-1973),
  - relevés de l'Etat de Vaud (1974),
  - avec nos propres relevés effectués en octobre 1974 à bord du *F.-A. Forel* équipé d'un échosondeur.

2. Analyse des documents photographiques aériens de 1942, 1955, 1969, 1972, 1973 et 1974.

Les comparaisons des relevés bathymétriques pour le calcul de l'avance ou du recul des courbes de niveaux se sont effectués à partir d'une ligne fixe, la coordonnée 139 (échelle verticale) du quadrillage officiel. Nous avons ainsi relevé l'évolution entre 1898 et 1972 de la cote 557 (entre le Vieux-Rhône et le Grand-Canal) à la cote 558,5 (entre les Grangettes et Villeneuve).

Si nous appelons avance la direction nord (vers le large) et recul la direction sud (vers la rive), nous obtenons des variations différentes suivant les courbes de niveaux considérées.

Courbe de niveau 350 m : avance 25 m à 125 m  
recul 15 m à 95 m suivant la cote.

Courbe de niveau 360 m : avance 5 m à 45 m  
recul 5 m à 175 m

Courbe de niveau 370 m : avance —  
recul 115 m à 480 m

Il est possible de remarquer à partir de tous les calculs que l'allure des courbes d'évolution obtenues est similaire pour les trois niveaux considérés, les extrema étant de moins en moins marqués avec la profondeur. La position géographique de ces extrema sur les différentes courbes de niveau indique les directions selon lesquelles se sont faites les transformations. Elles sont de secteur nord-nord-ouest à nord-ouest, ce qui coïncide très bien avec les directions des vents et des vagues dans la région étudiée.

En ce qui concerne les transformations artificielles de la beine littorale, en particulier le dragage, il faut rappeler que celui-ci a débuté près de l'embouchure du Rhône ; il s'est poursuivi entre le Vieux-Rhône et le Grand-Canal (concession de 1955). Actuellement, il est pratiqué entre

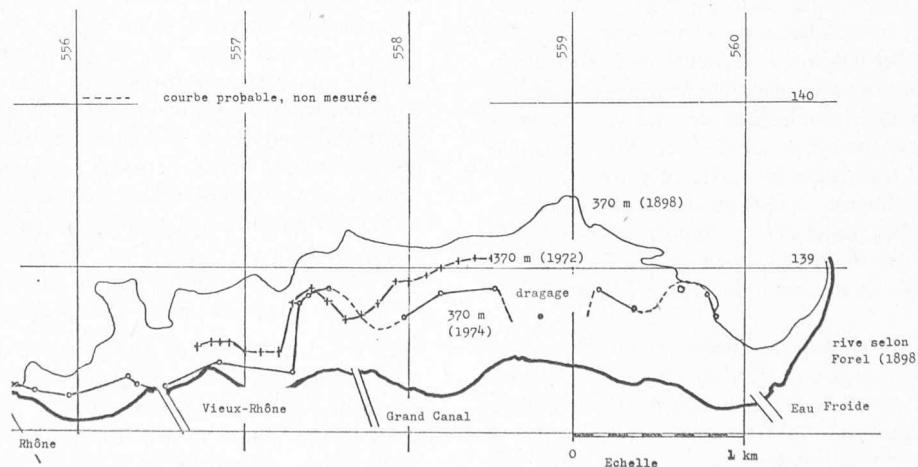


Fig. 3. — Evolution de la beine littorale.

Un exemple spectaculaire de régression de la roselière et du recul de la rive.

ce dernier et l'Île de Peilz (avant de 1962). L'ordre chronologique de ces transformations explique les deux pointes de recul particulièrement visibles sur la courbe de niveau 370 m à l'ouest et sur le Grand-Canal. Ces résultats permettent donc de dire qu'il y a eu transformations d'origine à la fois naturelle et artificielle et que c'est la combinaison des deux types d'action qui définit la situation telle qu'elle a été mesurée en 1972.

La comparaison des relevés locaux de la beine effectués par l'Etat de Vaud en mai 1974 et par nous-mêmes en octobre 1974 sur l'ensemble de la région avec les résultats obtenus antérieurement nous a permis de préciser dans une certaine mesure l'importance des transformations subies par la beine littorale.

En ce qui concerne les courbes de niveau 350 m et 360 m, elles se trouvent pour la plupart au-delà de la ligne de coordonnées 139 (plus au nord), limite de nos mesures. Cependant, les quelques valeurs mesurables décrivent en général (à une seule exception près) des reculs de ces courbes assez importants (plus de 200 m). La courbe de niveau 370 m se trouvait autrefois assez loin de la rive comme en témoigne la carte de Forel (1898). Actuellement, elle est encore éloignée dans le secteur qui s'étend approximativement des Grangettes à Villeneuve. C'est aussi le secteur qui n'a pas encore été exploité pour ses matériaux. Ailleurs, le recul de cette courbe atteint des proportions gigantesques puisqu'il dépasse 500 m en deux endroits. Nous avons déjà parlé plus haut des différences constatées entre 1898 et 1972. Il est frappant de constater qu'entre 1972 et 1974, le recul s'est accentué en tout cas de part et d'autre du Grand-Canal et plus précisément entre celui-ci et les Grangettes.

Ainsi, la détermination et la comparaison des courbes de niveau en plusieurs périodes montrent nettement que la beine littorale s'est creusée, les courbes de niveau s'étant rapprochées de la côte. Les relevés de l'Etat de Vaud 1974 confirment ce fait pour la partie située entre les Grangettes et la Mure. Cette transformation progressive est donc due à l'action conjuguée du dragage, des vents et des vagues, ces dernières activant l'érosion du fond en raison de la rupture brusque des profils stables (naturels).

### 2.3 Modifications du rivage

Un lac, système ouvert avec une entrée et une sortie, subissant et traduisant les conditions climatologiques de la région où il se trouve, voit ses caractéristiques morphométriques changer sans cesse. En effet, la forme d'un lac n'est pas fixée, à moins d'un coup de main de l'homme (murs, digues ...) et se modifie au cours des temps. Comme le souligne B. Dussart (1966) : « Au début de la formation d'un lac, sa ligne de côte n'est généralement pas en harmonie avec les mouvements ultérieurs des eaux. La conséquence de ce phénomène est la constitution d'une nouvelle ligne de rivage qui présentera des zones d'alluvionnement (embouchure des affluents, baies) et des zones d'érosion (caps). » Ainsi la côte, toujours en évolution, est le résultat des actions combinées des vents, des vagues, des courants lacustres et enfin de la nature minéralogique de la côte primitive.

La basse plaine du Rhône est située sur le delta de ce fleuve, donc dans une région d'alluvionnement. Un schéma de remplissage sédimentaire de la vallée du Rhône et de la cuvette lémanique par M. Meybeck (1971) estime à 18 km<sup>3</sup> le volume que les sédiments occupent entre Bex et Le Bouveret avec une épaisseur atteignant 400 m dans la région de l'embouchure sur un substratum antéquaternaire mis en évidence par gravimétrie.

C'est l'analyse comparative des documents photographiques aériens qui a permis de suivre avec précision les principales transformations subies par le rivage entre 1942 et aujourd'hui.

De la même manière que la régression de la roselière est apparue et s'est produite à des vitesses différentes suivant les régions que nous avons délimitées dans la partie 2.1, les modifications observables sur le rivage se sont échelonnées dans le temps.

Si l'on évalue globalement la situation aux différentes époques pour lesquelles nous possédons des documents, nous constatons l'évolution suivante :

1942 : A cette époque, l'ensemble du rivage est colonisé, comme on l'a vu, par une végétation caractéristique et les principaux éléments des ceintures végétales sont présents. Toute la rive montre l'image d'une côte d'alluvion typique en équilibre avec formation de nombreuses petites dunes, presqu'îles et îlots dont l'importance varie avec les fluctuations du niveau de l'eau. Une seule partie du rivage fait exception : celle directement située à droite de l'embouchure du Rhône qui montre de l'érosion. Cette dernière est bien visible car la disparition des dunes et presqu'îles laisse pour un certain temps des zones sombres formées par le système radiculaire de la végétation préexistante qui est peu à peu mise à jour.

1955 : L'érosion qui s'était amorcée dans la région de l'embouchure du Rhône s'est généralisée à l'ensemble du rivage situé entre ce dernier et le Vieux-Rhône. La « dentelle » formée par les anciennes zones émergeantes est encore visible sous forme de taches sombres. Dans la partie qui a montré la première les phénomènes d'érosion, ceux-ci ont entraîné la formation d'un rivage d'érosion typique avec ses pointes de terre dirigées vers le large qui sont là grâce à des points d'ancrage du sol plus fort (arbres). Toutes les autres parties du rivage étudié, excepté deux points localisés dont le premier se trouve sur le rivage du Gros-Brasset, situé directement dans le prolongement d'une fosse de dragage, et le second dans la région des Grangettes où la rive montre un net recul, sont encore sous le régime d'alluvionnement.

1969 : L'érosion, qui a été très active sur l'ensemble du rivage situé devant le Fort, a creusé la rive et couche la végétation côtière, en particulier des arbres de grande taille en les minant par la base. Cependant, la partie qui a subi les plus grandes modifications durant la période 1955-1969 est sans aucun doute celle comprise entre le Vieux-Rhône et le Grand-Canal. En effet, en 1955 encore, on pouvait observer une rive en équilibre excepté dans le prolongement de la fosse de dragage. En 1969, l'ensemble de cette partie montre un déséquilibre général. Recul de la rive par endroits, avance à d'autres, elle montre une image de rive d'érosion typique. Sur la beine une fosse gigantesque a été creusée pendant cette période. La région des Grangettes surtout, et l'ensemble de la rive comprise entre le Grand-Canal et l'Eau-Froide à Villeneuve, montre pendant cette même période un changement de régime (alluvionnement à érosion) qui se traduit par de profondes modifications de la flore littorale et par un recul général de la rive.

1972 : L'ensemble du rivage étudié montre une image d'instabilité généralisée. Celle-ci traduit des phénomènes d'érosion actifs et la vitesse du recul des rives est facilitée par la régression et la disparition de la roselière qui a été la première victime de la transformation des conditions hydrologiques générales dans l'ensemble de la région.

Le calcul des modifications des rives s'est fait par la comparaison des photographies aériennes photogrammé-

triques de 1942 et 1972. Une fois l'échelle de celles-ci connue, il est relativement facile, en se basant sur des points fixes situés sur la partie terrestre (arbre, chemin, maison...), de suivre les modifications dans les différentes régions et surtout de les quantifier :

Les Saviez	1) recul	10,87 m
	2) recul	11,74 m
	3) recul	6,45 m
Les Grangettes	1) recul	30,20 m
	2) recul	57,88 m
Le Gros-Brasset	1) recul	31,34 m
	2) avance	9,78 m
	3) avance	22,6 m
	4) recul	10,78 m
	5) avance	6,71 m
	6) avance	11,74 m
	7) recul	16,98 m
Le Fort	1) recul	28,03 m
	2) recul	8,7 m
	3) recul	9,6 m

Les chiffres après la virgule ne sont pas significatifs. L'erreur possible est estimée à environ 10 % en moyenne.

La comparaison de ces chiffres nous amène à faire les constatations suivantes :

— Excepté dans la région du Gros-Brasset et contre le môle de l'Eau-Froide où la rive avance, partout ailleurs elle a reculé. Ce recul atteint des valeurs extrêmes dans la

région des Grangettes avec — 60 m environ en 30 ans, ce qui donne un recul moyen de 2 m par an.

— Dans la région des Saviez, on constate un recul assez marqué d'environ 10 m malgré une roselière qui présente encore une certaine importance.

#### Remarques :

Les modifications du rivage et en particulier son recul en certains points sont spectaculaires et paraissent à la limite peu croyables. Cependant les photographies aériennes photogrammétriques sont là pour témoigner. Si nous n'avons pas tenu compte dans les calculs du recul des corrections dues à l'optique (erreur négligeable), par contre nous avons considéré les différences de niveau du lac dans l'estimation de l'erreur. Les photographies de la région des Saviez donnent une variation de 22 cm alors que le reste de la couverture aérienne n'a qu'une différence de 8 cm du niveau de l'eau. Ces différences, vu l'inclinaison très faible de la rive entraînent des corrections négligeables qui n'excèdent que rarement 1 m à 1,5 m.

Nous avons présenté dans cet article le site naturel des Grangettes et l'évolution qu'il a subie depuis plus de 30 ans. Dans un prochain numéro du *Bulletin technique*, nous envisagerons les principales causes qui l'ont régie et les mesures qu'il conviendrait de prendre. (à suivre)

#### Adresse des auteurs :

J.-B. Lachavanne  
28a, route de Soral  
1232 Confignon

## Bibliographie

**Commande électronique des moteurs à courant continu**, par Robert Chauprade. — 1 vol. 16×25, 242 pages, Editions Eyrolles, Paris 1975. Prix : broché 63 ffr.

L'industrie et les transports ont de plus en plus besoin de systèmes à vitesse continûment variable, doués de souplesse et de précision. Ceci explique que la proportion des machines entraînées à vitesse variable, déjà considérable, marque une tendance définie à s'accroître. Les solutions mécaniques et hydrauliques laissent de plus en plus la place à l'électricité. La souplesse de commande des machines électriques, la connaissance parfaite de leurs caractéristiques, ainsi que leur grande fiabilité, leur font donner la préférence. A l'heure actuelle, et pour longtemps encore, les moteurs à courant continu, qui sont par nature des machines à vitesse variable, sont les plus utilisés.

Le succès croissant des entraînements électriques vient des caractéristiques incomparables que leur confère l'électronique, tant sur le plan conversion d'énergie et rendement que sur celui de l'asservissement du système.

Les applications industrielles de la vitesse variable aux moteurs à courant continu sont extrêmement nombreuses et couvrent un domaine très vaste :

en puissance, puisqu'elles s'étendent de quelques kilowatts avec les machines-outils à quelques mégawatts avec les locomotives ou les entraînements de laminoirs ;

en vitesse, dont la gamme peut aller de 1 à 20 000 ;

en précision, où le millième dans la zone de vitesse nominale est facilement atteint.

Le lecteur sera frappé par la pluralité des schémas proposés suivant le cas d'application. Leur démonstration théorique est abondamment exposée, sans omettre de faire ressortir les avantages et les inconvénients, ainsi que le facteur économique, c'est-à-dire les critères de choix, illustrés d'exemples d'application.

L'ouvrage comporte deux parties principales :

- la première traite des entraînements alimentés par le réseau alternatif, à travers des convertisseurs alternatif/continu ;
- la seconde traite des entraînements alimentés en courant continu par convertisseurs continu/continu ou hacheurs.

Ces deux chapitres sont précédés de rappels très utiles, concernant les composants de base des systèmes, c'est-à-dire : les machines, les semiconducteurs et les circuits de régulation.

#### Extrait de la table des matières :

*Les moteurs à courant continu* : Rappel des caractéristiques et propriétés utilisées en vitesse variable. — *Les semiconducteurs* : Caractéristiques statiques, dynamiques et thermiques des diodes, thyristors et transistors de puissance. — *Asservissement* : Rappel des fonctions de transfert et applications à la vitesse variable. — *Convertisseurs alternatif/continu* : Montages de base. Circuits de commande et de régulation. Réversibilité. Puissance réactive. Harmoniques. Protections. Critères de choix. Exemples d'application. — *Convertisseurs continu/continu* : Hacheurs à fréquence fixe et variable. Schéma à thyristors et transistors. Réversibilité. Circuits de commande et de régulation. Exemples d'application.

**Der Rhein von den Quellen bis zum Meer.** Édité par l'Association suisse pour l'aménagement des eaux. Rütistrasse 3A, Ch-5400 Baden, 1975. — Un volume A4 de 132 pages, illustré. Prix : Fr. 29.—.

Ce numéro spécial mai-juin 1975 de la revue *Cours d'eau et énergie* réunit une quantité d'informations sur cette importante voie fluviale européenne. La plupart des contributions sont dues à la plume de spécialistes reconnus suisses et étrangers et traitent de thèmes géologiques, hydrauliques, écologiques, d'économie hydrologique, de transport fluvial et d'alimentation en eau. Le numéro est complété par une contribution sur les monuments historiques sis sur les rives du Rhin et des considérations sur le rôle de zone de délassement qu'ont à jouer les régions fluviales.