

Crues et aménagements des lits depuis le XIX^e siècle dans la plaine du Po au sud de Turin

Recherche menée au C.N.R. - I.R.P.I.

Alain GIODA

Hydrologie/U.R. B12 - ORSTOM

RESUME

L'héritage de l'aménagement est caractérisé par la faiblesse des travaux d'hydraulique. Cette faiblesse est nécessaire pour conserver le rôle d'écrêtement et de décantation des eaux attribué à la haute Plaine du Pô, lors des crues. Les limites actuelles de l'aménagement, en partie en voie de résolution, découlent de la valorisation croissante de la plaine d'inondation et de la sur-exploitation des matériaux des lits. S'y ajoutent des limites financières et des problèmes d'éparpillement des compétences administratives.

Le futur proche bénéficiera d'un système d'annonces de crue, en cours d'installation, que l'Auteur voudrait compléter par la prévision hydrométéorologique en temps réel.

ABSTRACT

Since 1801, there has been very little development of the river beds in the Upper Po Plain (south of Torino - Italy). This lack of development is an important factor for its use in the whole Po catchment. It is a natural retention and settling basin during floods.

Actual problems which are partly resolved come from flood-plain development and the over-exploitation of sand and gravel in the bed layers. Others problems are a limited budget and overlapping administrative responsibilities.

From 1978-88 a flood warning service will be set up. The Author proposes to extend this service by the addition of real-time hydrometeorological forecasting.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 41598

Cote : B

08 JUL. 1993

INTRODUCTION

La Plaine du Pô au sud de Turin est considérée depuis les années cinquante comme un vaste réservoir naturel d'écrêtement et de décantation des eaux lors des crues /5/ /21/. Deux raisons ont guidé ce choix :

- la faiblesse de la pente du fleuve entre Casalgrasso, la zone où se jettent dans le Pô tous les affluents issus des Alpes Cottiennes, et Meirano-Moncalieri, limite aval du terrain d'étude et porte de l'agglomération turinoise (0,68‰) (Fig. 1);

- celle des troubles à Meirano-Moncalieri ou le bassin padan a une dégradation spécifique d'environ 70 t/km²/an.

Sur le premier thème, il suffit de constater qu'en 1956 le haut Pô, de sa sortie des Alpes jusqu'à Casalgrasso, a une pente longitudinale de 2,23‰. A partir de Turin et sur 100 km jusqu'à Valenza, la pente est supérieure à celle du tronçon Casalgrasso-Meirano-Moncalieri dépassant presque partout 1‰ /19/. De plus de façon implicite, l'urbanisation et l'importance du tissu industriel à l'aval de Meirano-Moncalieri, imposent un contrôle hydraulique drastique. Le but est de protéger les agglomérations de Turin, Chivasso, Casale Montferrato, Valenza...

Au sujet des troubles, il faut savoir que le Pô, dans son tronçon terminal avant le delta, coulait au-dessus de la plaine riveraine jusque dans les années soixante. Tout apport des émissaires de l'Apennin d'Emilie-Romagne était particulièrement redouté du fait de leur charge parmi les plus élevées du monde. On a mesuré une dégradation spécifique de 4570 t/km²/an sur le Marecchia, fleuve côtier de l'Adriatique, dont le bassin est contigu de celui du Pô /13/. Dans les Alpes, le Rhin, le Rhône, l'Isère, le

Drac et la Durance ont une dégradation comprise entre 600 et 1200 t/km²/an /18/. La faiblesse des troubles à Meirano-Moncalieri s'explique, en montagne, par la présence d'une bonne couverture herbacée et forestière, celle de lithotypes résistants dans le système morpho-climatique actuel et, en plaine, par la grande longueur du parcours du fleuve. Le Pô et ses affluents peuvent s'étaler largement dans des champs d'inondation de 16 800 ha.

1. LE TERRAIN D'ETUDE

Le terrain d'étude fait partie de la haute Plaine du Pô, incluse dans le Piémont, la grande région du nord-ouest de l'Italie.

Les rivières qui drainent cette plaine très monotone constituent le réseau hydrographique du Pô en amont de Turin. Sont exclus les petits émissaires des premières pentes des Alpes et des Collines de Turin. Les six cours d'eau étudiés, tous issus des Alpes Cottiennes qui culminent au Mont Viso (3841 m), sont, du nord au sud, les suivants : le Cluson ou Chisone, affluent du Pellice ; le Pellice, affluent du Pô ; le Pô qui est appelé haut Pô en amont de la confluence avec le Pellice ; la Varaita et la Maïra ou Macra, affluents du Pô ; la Grana ou Mellea, affluent de la Maïra (cf. Fig. 1).

Les tronçons étudiés vont du débouché des Alpes jusqu'à la confluence avec le Pô ou l'un de ses affluents. Sur le fleuve, la station de contrôle de Meirano-Moncalieri (214 m) sert de limite en aval.

Plusieurs traits méritent d'être soulignés.

◊ Les régimes hydrologiques sont du type nival de transition à la sortie des Alpes et sont de type nivo-pluvial en plaine /1/ /18/.

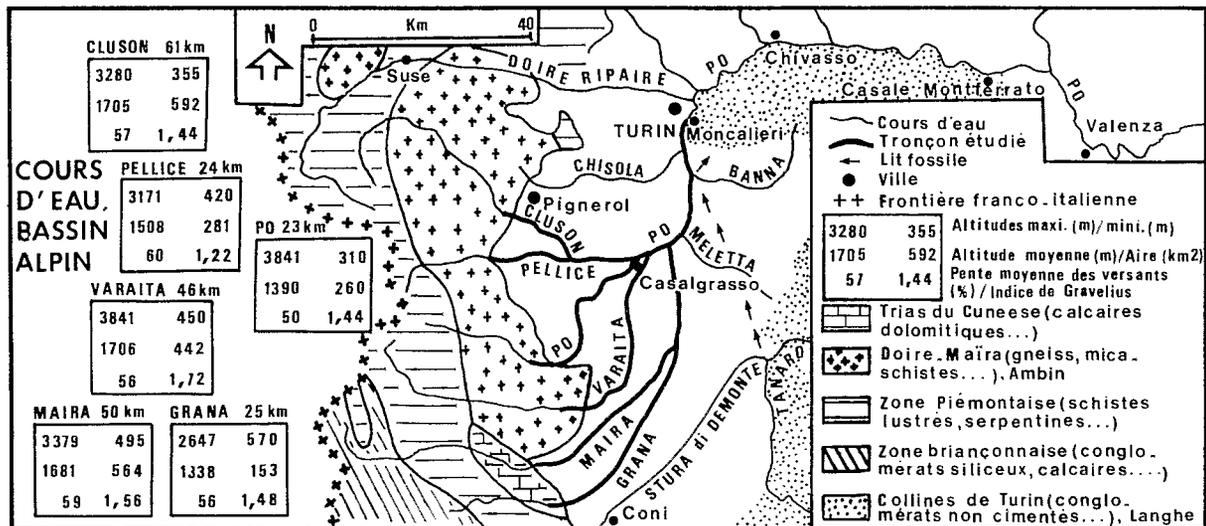


Fig. 1. LOCALISATION DU TERRAIN D'ETUDE ET CARACTERISTIQUES DES BASSINS ALPINS.

RAPPORT IV.9

◊ Le module à San Martino, au débouché des Alpes, est de 13,8 m³/s pour un bassin de 580,8 km², celui du Pô à Meirano-Moncalieri est de 78,4 m³/s pour une aire de 4 885 km² /1/. La seule rivière qui tarit en période estivale est la Grana.

◊ La très faible incision des lits implique que la plaine d'inondation correspond à la définition du lit majeur. Seule, la Maïra est encaissée dans ses alluvions cimentées jusqu'à 5 km en aval de la sortie des Alpes /9/.

◊ En quelques 10 km, dans la région de Casalgrasso, se jettent dans le Pô tous ses affluents alpins importants ; le bassin du fleuve passe de 710 km² à 3 430 km². Une absence de hiérarchisation du réseau hydrographique en découle.

◊ Le lit fossile du Tanaro, issu de l'Apennin ligure, longe les Collines du Montferrat et de Turin. Cette rivière traversait les Collines de Turin jusqu'au Pléistocène supérieur sans se jeter dans le Pô actuel /8/.

◊ Dans la haute Plaine du Pô, l'absence de piedmont est la règle. Ici, pas de cordons morainiques comme à Ivree mais une plaine qui descend très régulièrement avec une pente de 4‰ de Coni à Turin /9/.

2. UN MINIMUM D'AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES

Le choix d'un aménagement minimal pour la haute Plaine du Pô, dans les années cinquante, entérine un état de fait. Dès le XIX^e siècle, il est implicite même si jamais formulé clairement par l'Etat ou jamais perçu par les associations de particuliers.

Dans la Savoie, le Royaume Piémont-Sardaigne est capable de diriger le plus considérable endiguement continu jusqu'en 1872. Les travaux, entrepris entre 1829 et 1854, se développent sur les 39 km du cours de l'Isère situés en amont de la frontière avec la France /6/.

2.1. Le temps des initiatives dispersées (XIX^e s.)

Le manque d'investissements de la part de l'Etat fait que particuliers et communautés locales réalisent des projets qui répondent à leurs seuls intérêts et dont l'ampleur dépend de leurs possibilités financières. Les principales réalisations sont passées en revue.

2.1.1. Le maintien de la couverture forestière dans les lits majeurs est une prévention naturelle contre les dommages des rives et des inondations. Le long des cours d'eau, au premier écran de la fûtaie-taillis de saules succède celui de la fûtaie de peupliers. A l'arrière, se trouvent les champs et les pâturages qui constituent le meilleur terroir de la plaine. Les peupliers dont le bois sert à fabriquer des allumettes ne souffrent pas des inondations sauf lorsqu'elles sont très jeunes. Elles contribuent avec la fûtaie-taillis où sont contenues les érosions de rives à servir de peigne en retenant la plupart des débris et des alluvions lors des crues. L'efficacité du

maintien de la couverture forestière se mesure, le long du Pellice, à la quasi-concordance entre l'aire maximale des bois relevée en 1819 et celle des champs d'inondation de la crue de mai 1977 /10/.

2.1.2. Le fichage de pieux en bois sur une rive entraîne le rejet latéral du courant sur l'autre rive. Ceci est particulièrement grave quand il s'agit des rives concaves car les alluvions se déposent sur les plages convexes qui engraisent. Les gains de terrain sont effectués par les propriétaires installés sur la rive convexe aux dépens de ceux de la rive opposée. Ils sont une source continue de litiges encouragés par la législation qui reconnaît propriétaires des dépôts alluviaux ceux qui luttent contre les érosions de rive. Les particuliers bonifient les nouvelles terres qui sont inondables afin d'amortir les frais engagés pour la défense des rives. A l'inverse, pour ces raisons le tracé des limites des communes, le long des cours d'eau, est inchangé depuis la période 1750-1800 /7/.

2.1.3. La coupure des pédoncules de méandre est une pratique très ancienne. Dix-sept coupures faites par les hommes sur le Pô sont recensées dans les archives de Moncalieri entre 1314 et 1610. Le but est de protéger le long du fleuve les habitats groupés de Faule, Pancalieri, Polonghera, Casalgrasso et Borgo Mercato de Moncalieri. Les dernières coupures connues sont faites à Casalgrasso entre 1840 et 1846. Ce type d'interventions tombe en désuétude car les trains de méandres se reforment rapidement dans la plaine sauf en cas d'endiguement continu /10/.

2.1.4. La construction de digues est limitée, jusqu'au début du XX^e siècle, aux zones les plus menacées du bassin padan sans qu'il existe une vision d'ensemble du problème des inondations /16/. Les 500 premiers km du cours en plaine du fleuve ne sont équipés que sur 40 km /6/. Dans la haute Plaine, on évalue sur d'importants tronçons des cours d'eau l'endiguement d'après les cartes de IGM datées de 1895. Le Pô, le plus aménagé, voit ses rives équipées sur 16,5 % de leur longueur tandis que la taille moyenne d'une digue est de 590 m. Le Pellice est dépourvu d'équipements de ce type sur les 12 derniers km de son cours /10/.

2.1.5. La construction et la protection des ponts routiers sont marquées par l'oeuvre de l'ingénieur NEGRETTI. Dès 1828 dans le Piémont, deux pignons insubmersibles, reliés aux levées d'accès des ouvrages par des digues coudées, sont installés en amont des ponts afin d'effectuer un effet de chasse d'eau rendant impossible toute migration latérale du courant /6/. Trois ouvrages sur le Pô sont de ce type qui contribuera à la disparition des ponts de barques devant être démontés avant chaque crue et impliquant une rupture de charge. Les treize ouvrages empruntés par les voies

ferrées sont construits entre 1848 et 1892. Adaptés à des charges lourdes, ils ont tous résisté sauf dans le cas de destruction volontaire /10/.

2.2. Le début de l'aménagement concerté (XX^e s.)

L'aménagement est marqué par l'intervention croissante de l'Etat italien.

2.2.1. Les "consorzi" deviennent efficaces grâce à la loi n° 774 du 13 juillet 1911. Il s'agit d'organismes émanant des collectivités locales riveraines. Les "consorzi" remplacent les particuliers lorsque ceux-ci sont incapables de résoudre individuellement les problèmes hydrauliques.

Depuis leur création par la loi n° 2248 du 20 mars 1865, l'action des "consorzi" avait été réduite ou inefficace. Les raisons d'échecs sont l'opposition d'un particulier ou d'une commune qui pouvait bloquer tout aménagement car les décisions devaient être prises à l'unanimité, la participation financière de l'Etat qui était de l'ordre de 2 % sur le terrain d'étude, encore n'était-elle pas obligatoire... /7/. La loi n° 774 rend obligatoire la participation des entités suivantes : Etat ; provinces, équivalents italiens des départements ; communes ; "consorzi". Elle fixe la part de l'Etat à 50 % des frais. Seules, les dépenses d'entretien restent à la charge des "consorzi" /10/.

2.2.2. "L'Ufficio Idrografico per il Po" est créé le 31 mars 1912 par décret. Ce bureau spécial du "Genio Civile" du Ministère des Travaux Publics, installé à Parme, est chargé des études hydrologiques sur l'ensemble du bassin du Pô (70091 km²). En 1930, le bassin est quadrillé par 1087 stations pluviométriques et 285 stations limnimétriques. Le compartiment de Turin, la plus occidentale des trois sous-divisions territoriales de "l'Ufficio", compte 68 stations où des mesures de débit sont faites entre 1925 et 1970 /1/. "L'Ufficio" est l'un des meilleurs services hydrologiques au monde jusqu'aux années soixante.

2.2.3. Les résultats de la nouvelle législation et du travail de "l'Ufficio" permettent l'individualisation des tronçons de rivière à haut risque et la mise en oeuvre rapide des travaux d'hydraulique (Fig.2).

Il est à noter que la relation entre les tronçons où le curage est nécessaire et ceux présentant des chenaux anastomosés est parfaite sauf dans le cas de la Varaïta où ce type de lit ne se trouve pas au-delà de Lagnasco.

En aval de ces tronçons et pour tout le Pô, où les lits sont sinueux ou à méandres, le nettoyage des alluvions de crue est suffisant /10/.

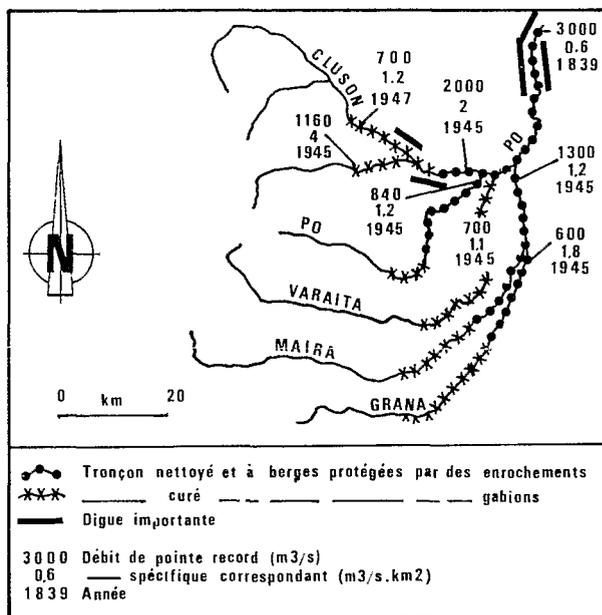


Fig2. AMENAGEMENTS EN PLAIN ET DEBITES RECORDS.

3. LES LIMITES DE L'AMENAGEMENT

Quatre types de limites de l'aménagement se distinguent aujourd'hui.

3.1. La valorisation de la plaine d'inondation de 16 800 ha ne devrait plus permettre la divagation des eaux de crue.

La haute Plaine du Pô est une région agricole dynamique d'importance nationale. Elle est caractérisée par un habitat rural dense et des nombreux centres locaux. La zone étudiée est aussi parcourue par les grandes voies de communication reliant Turin au Midi français et à la Ligurie occidentale. La contribution de chaque cours d'eau à la plaine d'inondation est la suivante : pour le Cluson, 890 ha soit 5,3 % de la surface totale ; pour le Pellice, 2700 ha (16,1 %) ; pour le Haut Pô, 1160 ha (6,9 %) ; pour la Varaïta, 4280 ha (25,5 %) ; pour la Maira, 600 ha (3,6 %) ; pour la Grana, 1070 ha (6,4 %) ; et pour le Pô, 6100 ha (36,2 %) /10/. L'individualisation des dommages se fait à partir des quinze grandes crues suivantes : octobre 1839 et 1896 ; septembre 1920 ; octobre-novembre 1945 ; septembre 1947 ; mai 1948 et 1949 ; novembre 1951 ; juin 1953 ; octobre 1953 ; juin 1957 ; mai 1959 ; décembre 1960 ; octobre 1966 ; et mai 1977.

Les dommages subis par les zones agricoles de chaque commune riveraine sont estimés selon le pourcentage que l'aire inondée, au moins à une reprise, occupe sur la surface totale (Fig. 3). Ils ne comprennent que les inondations causées par les cours d'eau étudiés /10/.

3.2. L'accentuation de l'érosion linéaire

des cours d'eau est datée du milieu des années cinquante à l'échelle du bassin du Pô /20/. La cause principale en est la sur-exploitation

RAPPORT IV.9

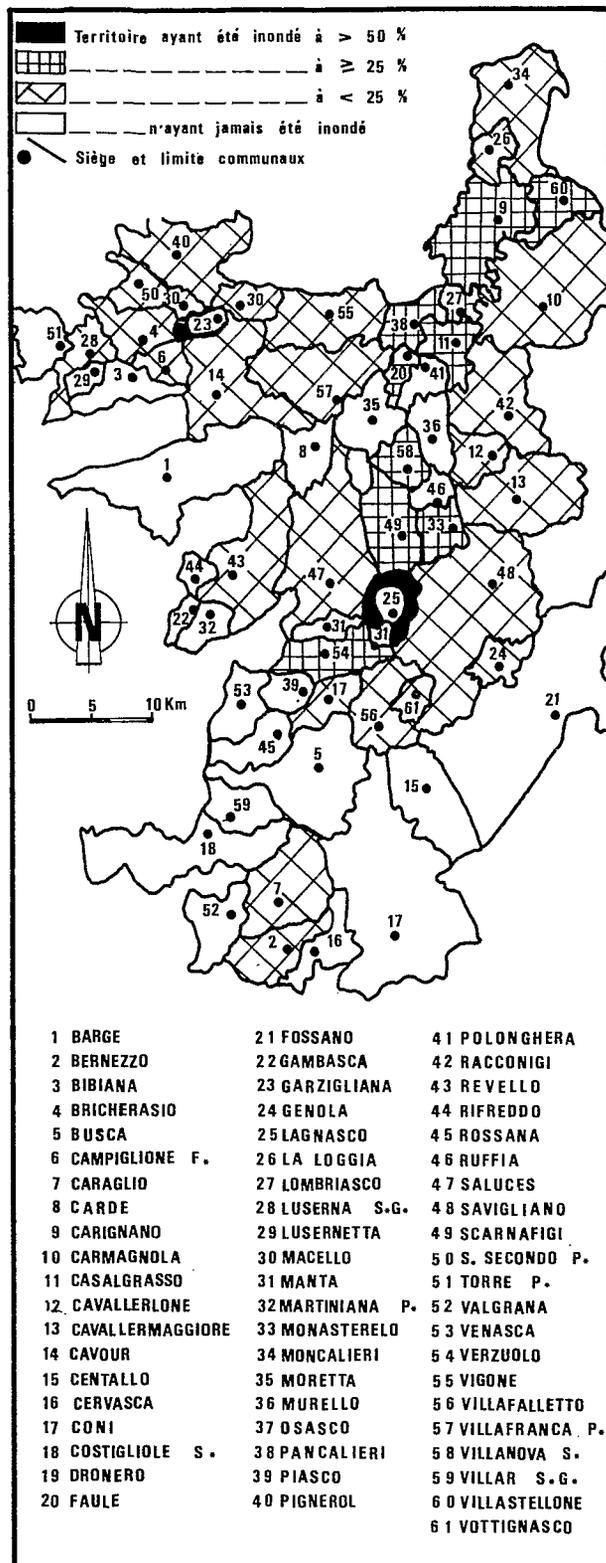


Fig.3. DÉGÂTS SUBIS PAR LES COMMUNES
AGRICOLÉS EN CAS D'INONDATION MAXIMALE

des sablières et gravières dans les lits /17/. Une cause annexe serait le changement du régime pluviométrique depuis 1945. Les hauteurs journalières maximales sont en hausse depuis cette date ainsi que les débits de pointe et les volumes ruisselés des crues /14/. Dans la haute Plaine du Pô, on présente les exemples suivants :

◊ Sur le Pellice, la disparition du modèle de lits à chenaux anastomosés apparaît en comparant les photographies aériennes datées de 1954, 1962 et 1977. L'écoulement se concentre dans un seul chenal. Le dernier méandre du Pellice avant la confluence avec le Pô est coupé par les eaux de la crue mineure de mai 1974 /10/.

◊ Sur le Pô, en 1980 au droit de deux méandres abandonnés par le fleuve dans les années cinquante, le fond de l'ancien lit se trouve à 4,10 - 4,15 m au dessus du niveau des basses-eaux. A la station de Meirano-Moncalieri, un surcreusement de 1,65 m s'observe dans les années 1955-57 /10/. Le profil transversal du fleuve, à Carmagnola, soit 15 km en amont de la station de référence, montre un abaissement d'environ 1,50 m entre les levés de 1960 et 1966 /15/. Sous deux ponts situés dans la même zone, l'abaissement s'établit en moyenne à 3,70 m entre 1957 et 1980 /10/. La conséquence en est la disparition de lits à méandres et de la diminution de l'indice de sinuosité du fleuve.

Canalisé entre des rives de plus en plus rectilignes, le Pô, en cas de crue, ne dispose que d'une longueur moindre de rives à affouiller. Il en résulte une baisse de la turbidité moyenne, à Meirano-Moncalieri, qui passe de 180 g/m³ à 65 g/m³ au delà de 1960 /20/.

Les conséquences de l'accentuation de l'érosion linéaire pour l'aménagement sont graves. Les gabions, les enrochements et les digues sont affouillés à la base. Sous les ponts du Pô, en 1980, la mise à jour des fondations sur 3,50 m est courante. L'ouvrage sur la Grana, emprunté par la Route Nationale n° 22 sur la commune de Caraglio, s'effondre lors de la crue mineure de mai 1973. Des gradins sont mis en place en aval de nombreux ponts donnant au surcreusement des lits de nombreuses irrégularités qui permettent encore l'extension de vastes champs d'inondation, comme lors de la crue de mai 1977.

3.3. Les limites financières imposent bien souvent leurs contraintes aux multiples plans d'aménagement depuis celui de l'ingénieur BRUNATI de 1847 à celui du "Magistrato per il Po" et de la SIMO de 1984. De nombreuses commissions interministérielles se sont penchées sur l'aménagement hydraulique. La plus connue est la "Commission DE MARCHI" qui a rendu ses conclusions en 1970. Après avoir rédigé trois plans successifs de financement entre 1976 et 1978, le Ministère des Travaux Publics n'obtient, en 1978, que 40 milliards sur les 400 demandés. Le plus souvent, les financements ne sont débloqués qu'après une crue catastrophique

comme celle de juin 1957. Ils le sont par des lois spéciales, dans ce cas celle n° 554 de cette même année /10/.

La conséquence est une orientation des crédits vers des ouvrages de type défense passive et non vers la prévision des risques naturels /3/. Ainsi, les débits de pointe ne sont pas jaugés lors de la crue de mai 1977.

3.4. Les limites administratives sont la conséquence du chevauchement des compétences entre différents services nationaux et régionaux.

Dès les années cinquante, le même Ministère, celui des Travaux Publics, coiffe deux services dont l'un, l'"Ufficio Genio Civile" de Turin, veut maintenir de vastes plaines d'inondation tandis que l'autre, le "Magistrato per il Po", autorise les prélèvements des matériaux des lits qui entraînent le surcreusement de ceux-ci. A 50 m du lit mineur, l'autorisation d'exploitation passe à l'"Ufficio Minerale". Afin de décentraliser les compétences, à partir de 1975, l'Etat cède une part de son autorité aux Régions. Ainsi, l'"Ufficio Genio Civile" passe sous la tutelle régionale en 1976. La Région Piémont institutionnalise, par la Loi Régionale n° 41 de juin 1975, quinze "com-prensori" qui sont les organismes de base de la planification et des forces de propositions. Elle crée un service géologique régional en 1978 et commence l'élaboration d'une carte des risques naturels en signant une convention avec le CNR-IRPI. Ce dernier est l'un des trois laboratoires du Ministère de la Recherche Scientifique créés en 1973 pour étudier les causes et effets des calamités naturelles. On aboutit assez vite à la perte de la notion d'intérêt public. Les intérêts d'un "com-prensorio" ou d'une Région peuvent être antago-nistes et leurs possibilités de financement très variables. Pour lutter contre les ten-dances centrifuges, le "Comitato di Bacino per il Po", embryon d'une Agence de Bassin, est mis en place le 28 novembre 1983. Il a une struc-ture de décision restreinte associant repré-sentants de l'Etat et des Régions. Il est dirigé par le directeur du "Magistrato per il Po" /2/.

4. PROSPECTIVES

A court terme, des réalisations en cours doivent être amplifiées en se servant des services et des outils existants. Il est exclu de changer la vocation de la haute Plaine. Elle doit rester un vaste champ d'inondation et de décantation, lors des crues, même si quelques initiatives ont altéré ce rôle. D'ailleurs, le dernier projet d'aménagement maximal du Pô, daté de 1984, ne prévoit aucune intervention notable dans cette zone. /17/.

4.1. La protection des zones les plus fré-quentement touchées par les eaux, lors des crues, doit être néanmoins effectuée. Une méthodo-logie adaptée aux risques naturels existe en Italie, adaptée à la fois à la dynamique des

versants, aux laves torrentielles et aux crues /12/.

Un exemple d'application dans la haute Plaine de cette méthodologie est illustré (Fig. 4).

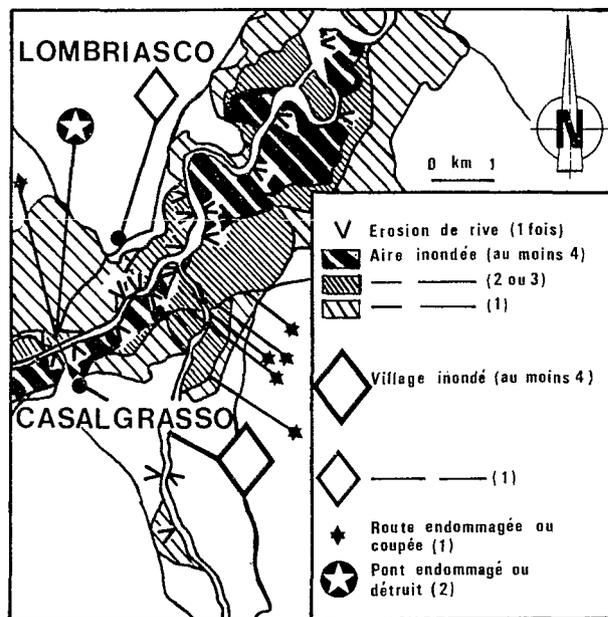


Fig.4. EXEMPLE DE CARTE DU RISQUE DANS LA ZONE DE LA CONFLUENCE MAIRA - PO.

L'échelle de travail est le 1/25000c avant réduction éventuelle. Les documents consultés pour dresser les cartes de risques sont de forme et d'origine très variées : documents météorologiques, données hydro-pluviométriques de "l'Ufficio Idrografico per il Po", comptes rendus inédits de "l'Ufficio Genio Civile", des communes, des "consorzi", du "Magistrato per il Po"... coupures de presse, publications scientifiques, photographies aériennes, images de satellite, levés topographiques et autres travaux de terrains. Le recoupement de ces documents autorise une critique serrée des données.

Etudiant la dynamique fluviale, on distingue les cinq types d'effets géomorphologiques suivants : "suralluvionnements" ; érosions de rive ; coupures naturelles de pédoncule de méandre auxquelles sont assimilées les captures du tronçon terminal d'une rivière par une autre ; champs d'inondation ; dépôts de limons de débordement. Le terme "suralluvionnement" est un italianisme utilisé pour définir le phénomène suivant : la charge solide en graviers, dans la haute Plaine lors d'une crue, est tellement forte que le lit, après celle-ci, domine la campagne riveraine.

Les implications sur le milieu riverain distinguent : les dégâts subis par les zones agricoles avec l'inondation de champs et de pâturages et la destruction des prises des canaux d'irrigation ; ceux touchant les aires

RAPPORT IV.9

bâties avec la submersion de fermes, hameaux, villages et villes ; et ceux causés aux ponts et aux voies de communications.

L'originalité de la démarche consiste à partir des conséquences des crues /10/ /11/ et non de la cause comme dans une étude hydro-météorologique /22/. L'individualisation des crues qui résulte des deux approches est le plus souvent identique. Toutefois, la démarche adoptée permet de connaître les petites crues dont les dégâts sont importants du fait de l'anthropisation croissante et de l'aménagement anarchique du milieu riverain.

4.2. Le système d'annonces de crue s'appuiera sur un nouveau réseau de limnigraphes, en cours d'installation depuis 1982, sur les hauts bassins des affluents du Pô /4/. Le réseau utilise la transmission par radio des données. Il complètera le réseau de 21 stations installées entre 1982 et 1984 sur le Pô et les tronçons terminaux de ses principaux affluents. Le nouveau réseau comptera au total 30 stations en 1987-88. Ainsi seront équipés tous les cours d'eau de la haute Plaine à l'exception de la Grana. La localisation des stations retenues est la suivante : Perosa, à l'ouest de Pignerol sur le Cluson (cf. Fig. 3) ; Torre P. sur le Pellice ; Revello sur le haut Pô ; Venasca sur la Varaita ; Dronero sur la Maira. Meirano-Moncalieri sur le Pô fait partie de la première tranche du réseau installée entre 1982 et 1984.

A Parme où se fait la réception des hauteurs limnimétriques, le "Magistrato per il Po" dispose d'un service télex pour annoncer les crues aux riverains et d'un centre de traitement des données. Le coût total des 51 stations et des infrastructures de Parme est estimé en 1984 à 600 millions de lires dont 450 déjà investis /4/. Depuis 1985, la partie installée du nouveau réseau voit, de façon expérimentale, ses données intégrées à celles des 21 stations existantes sur le Pô et les tronçons terminaux de ses principaux affluents.

4.3. La prévision de crues peut être faite par l'application de la méthode hydro-météorologique. Le système d'annonces projeté ne permettra pas la protection des zones immédiatement situées en aval du débouché des Alpes du fait de la vitesse de propagation des crues. Les six bassins montagneux des Alpes Cottiennes disposent d'un réseau pluviographique peu dense (16 appareils pour plus de 2300 km²), situé à basse altitude pour des raisons de commodité d'accès /10/. Malgré ces handicaps, d'après les relevés fournis par les pluviographes complétés par ceux des pluviomètres, les quinze crues examinées (cf. § 3.1), à l'exception de celle de décembre 1960, ont leur genèse dans les parties alpines internes. Dans la haute Plaine du Pô, les grandes crues sont provoquées par des pluies prolongées, durant plusieurs jours, et très étendues spatialement. Les intensités horaires maximales (89 mm en 1 heure à Verzuolo et cinq autres cas égaux ou su-

périeurs à 50 mm en 1 heure) sont enregistrées, entre 1940 et 1970, au contact Alpes - haute Plaine ou dans les basses et moyennes vallées. Elles sont liées à des orages de type "cloud-burst", très localisés, et n'engendrent pas sur les cours principaux de crues notables. Les grands épisodes pluvieux des Alpes Cottiennes sont, de plus, concentrés en quelques mois. Sur un échantillon très complet de 60 crues allant de 1810 à 1977 et datées avec précision, cinq mois concentrent 80 % des crues /10/. Ce sont les suivants : mai, juin, septembre, octobre et novembre. Sur aucun cours d'eau étudié, ce pourcentage n'est inférieur à 78 %. Les crues de la période froide, de décembre à mars, n'ont jamais causé de gros dégâts à l'image de celle, très forte, de décembre 1960. Aucune crue notable n'est datée de juillet sur l'un des cours d'eau étudiés.

Il faut souligner qu'entre 1801 et 1974 le nombre des crues par année dans le Piémont et la Vallée d'Aoste n'est pas en augmentation. Les décennies où le nombre de crues est le plus grand sont les suivantes : 1821-30 et 1851-60 /11/.

La prévision des crues, en temps réel, ne se ferait que cinq mois par an. On n'équiperait, pour la télétransmission des données, que les pluviographes où la corrélation entre les crues à dommages graves et la lame précipitée est satisfaisante. Des seuils pluviométriques pour les durées de 3 et 6 heures de pluie sont prédéterminés pour 7 appareils installés dans les Alpes. Quatre nouveaux pluviographes implantés dans les hautes vallées seraient nécessaires pour mieux connaître la genèse des crues. Ils remplaceraient d'anciens pluviomètres. Au total, le réseau compterait 11 appareils contre les 16, actuellement installés (Fig. 5).

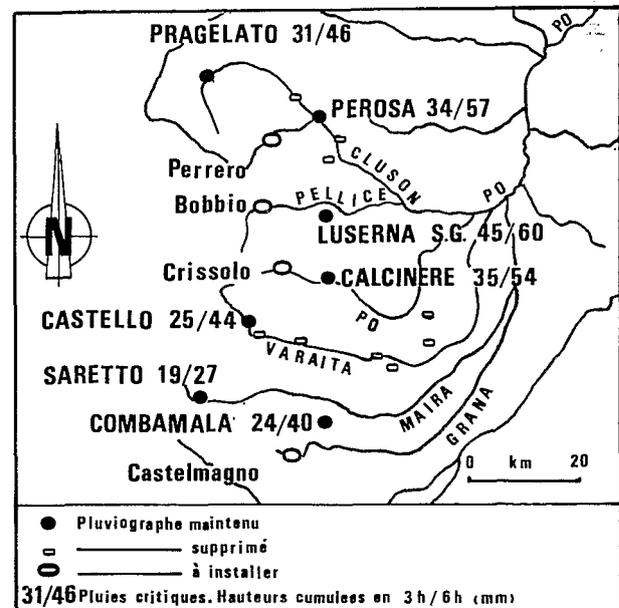


Fig.5. PROJET DE REDEPLOIEMENT DU RESEAU PLUVIOMETRIQUE.

CONCLUSION

Le rôle d'écrêtement et de décantation, en cas de crues, joué par la haute Plaine du Pô, sera conservé malgré la protection des quelques zones les plus fréquemment touchées par les conséquences des hautes eaux. La réglementation du prélèvement des alluvions dans les lits est une mesure concrète prise pour conserver ce rôle.

La mise en place d'un système d'annonces de crue et le projet défendu par l'Auteur d'une prévision hydro-pluviométrique en temps réel assureront une bonne protection des populations en cas d'inondations. Plus ardu, sera de lutter contre la valorisation sauvage de la plaine d'inondation connaissant, en Italie, la difficulté d'accords durables entre particuliers, élus, et représentants de l'autorité étatique ou régionale.

BIBLIOGRAPHIE

- /1/ ANSELMO V., CARONI E., GIODA A. (1981). "Aspects hydrologiques du bassin occidental du Pô (Italie). Limites des données et problèmes d'application des connaissances", Convegno Intern. su : Problemi Idraulici nell'Assetto Territoriale della Montagna, Milano, maggio, B, 1-15.
- /2/ CAMMARATA G.D. (1984). "Prefazione Atti del Convegno : Per il Po ed i suoi affluenti", 2° Convegno di Idraulica Padana, Parma, 11-18.
- /3/ CATI L. (1981). "Idrografia e idrologia del Po", Ufficio Idrografico del Po, n. 19, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 310 p.
- /4/ CIARMATORI L. (1984). "Il sistema tele-idrometrico del bacino del Po : stato attuale e sviluppi", 2° Convegno di Idraulica Padana, Parma, 1, 377-382.
- /5/ CIRCOLO SUPERIORE DI ISPEZIONE PER IL PO (1950). "Opere idrauliche di terza categoria per la sistemazione del F. Po fra il ponte di Faule ed il ponte di Carignano in sponda destra la Cascina Belvedere del Comune di La Loggia in sponda sinistra", Parma, inédit.
- /6/ DAUSSE M. (1872). "Etudes relatives aux inondations et à l'endiguement des rivières", Imprimerie Nationale, Paris, 220 p.
- /7/ DEMORRA V. (1883). "Cenni monografici sul Fiume Po tra Villafranca e Moncalieri. Proposte di sistemazione", Ed. Vincenzo Bona, Torino, 60 p.
- /8/ FORNO M.G. (1982). "Studio geologico dell'Altopiano di Poirino", Riv. Geogr. Fis. e Dinamica Quat., Vol. 5, n. 1, 129-162.
- /9/ GABERT P. (1962). "Les Plaines occidentales du Pô et leurs piedmonts. Etude géomorphologique", Thèse d'Etat, Louis-Jean, Gap, 531 p.
- /10/ GIODA A. (1981). "Effets géomorphologiques des crues dans la Plaine sud-occidentale du Pô (Piémont). Incidences sur le milieu riverain", Thèse 3è cycle, Univ. de Nice, 366 p.
- /11/ GOVI M. (1975). "Cartographie, documentation et interprétation des crues et coulées de boue dans les Alpes italiennes", Intern. Symposium "Interpraevent 1975", Innsbruck, 2, 209-223.
- /12/ GOVI M. (1984). "Les phénomènes catastrophiques d'origine exogène - Le risque lié aux phénomènes exogènes", 25è Congrès Intern. de Géographie : Les Alpes - The Alps - Die Alpen - Le Alpi, Paris, 31-39.
- /13/ GREGORY K.J., WALLING D.E. (1973). "Drainage basin, form and process : a geomorphological approach", Edward Arnold, London, 456 p.
- /14/ MARAGA F. (1983). "Morphologie fluviale et migration des cours d'eau dans la haute Plaine du Pô (Italie, Partie nord-ouest)", Geol. Jb., Hannover, A 71, 219-236.
- /15/ MARAGA F., MORTARA G. (1981). "Le cave per inerti lungo i corsi d'acqua : rapporti con la dinamica fluviale", Bollettino della Associazione Mineraria Subalpina, Anno XVIII, n. 3-4, 385-395.
- /16/ MIN. LAVORI PUBBLICI (1907). "Relazione sui servizi dipendenti della Direzione Generale delle Opere Idrauliche (1° luglio 1890-30 giugno 1906)", Ed. Manuzio, Roma, Parte II, V, 256 p.
- /17/ MIN. LAVORI PUBBLICI (1984). "Studio e progettazione di massima delle sistemazioni idrauliche dell'asta principale del Po dalle sorgenti alla foce", Magistrato per il Po e SIMO, Ed. Campitalia, Roma, 138 p.
- /18/ PARDE M. (1952). "Quelques indications sur le régime des rivières alpestres piémontaises", Revue de Géog. Alpine, Tome XL, 383-420.
- /19/ ROMITI G. (1959). "La sistemazione del bacino idrografico del Po nella regione piemontese", Ed. Panelli, Torino, 124 p.
- /20/ ROSSETTI M. (1970). "La decadenza morfologica dei corsi d'acqua della regione padana", Il Frantoio, n. 4, aprile, 4-17.
- /21/ UFFICIO GENIO CIVILE TORINO (1957). "Piano regolatore del F. Po. Tronchi : XIX/XX/XXI/XXII/XXIII/XXIV/XXV", Torino, inédit.
- /22/ VIVIAN H. (1977). "Averses extensives et crues concomitantes dans l'Arc alpin. Etude hydrométéorologique", Thèse d'Etat, Ed. Honoré Champion, Paris, 2 tomes, 1309 p.