

E F F E T S D E
L'EXTRACTION
DES GRANULATS
ALLUVIONNAIRES
SUR LES MILIEUX
AQUATIQUES



BILAN ET ALTERNATIVES

Si la vocation première des Agences de l'Eau est le financement de travaux dans les domaines de l'eau et de l'assainissement, il leur est nécessaire d'avoir une vision la plus précise possible des problèmes posés et des solutions adaptées.

Pour cela, elles conduisent des programmes d'études et de recherches au niveau de leur bassin, mais aussi au niveau national, de façon concertée avec la Direction de l'eau du Ministère de l'Environnement, à travers les programmes inter-Agences.

Ainsi, depuis 1977, cinq programmes ont été menés à bien. Le cinquième, portant sur la période 1997-2001, a permis de réaliser cette étude.

Les résultats de ces études sont régulièrement publiés dans les collections inter-Agences dans lesquelles le présent document s'inscrit.

D'un montant de 105 millions de francs, ce cinquième programme s'intéresse aux axes suivants :

- AXE 1 : La socio-économie, la planification et les institutions
Pilote : Direction de l'eau du ministère chargé de l'Environnement
- AXE 2 : La connaissance et l'évaluation des milieux aquatiques
Pilote : Rhône-Méditerranée-Corse
- AXE 3 : L'urbain
Pilote : Seine-Normandie
- AXE 4 : Le rural
Pilote : Loire-Bretagne
- AXE 5 : L'eau et la santé
Pilote : Artois-Picardie
- AXE 6 : La gestion des milieux aquatiques
Pilote : Adour-Garonne
- AXE 7 : Les industries, l'énergie et le transport
Pilote : Rhin-Meuse

E F F E T S D E L'EXTRACTION DES GRANULATS ALLUVIONNAIRES SUR LES MILIEUX AQUATIQUES



BILAN ET ALTERNATIVES

Document réalisé par les Agences de l'Eau

Directeur de publication : Bernard Baudot

Agence de l'Eau réalisatrice de l'étude : Agence Rhône-Méditerranée-Corse

Réalisation :

| | |
|-----------------|----------|
| Danielle Levet | Aquascop |
| Yann Laurans | Asca |
| Manuel Sarraza | Aquascop |
| Isabelle Dubien | Asca |

Comité de pilotage :

| | |
|----------------------|---|
| Michel Bouchaud | Agence de l'Eau Adour-Garonne |
| Alexis Delaunay | Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement |
| Jean Falala | Agence de l'Eau Loire-Bretagne |
| Laurent Gasnier | Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse |
| Philippe Goetghebeur | Agence de l'Eau Rhin-Meuse |
| Carole Mathieu | Agence de l'Eau Seine-Normandie |
| Laurent Pavard | Agence de l'Eau Artois-Picardie |

Crédit photographique :

Aquascop : p.7, 13, 17, 20, 25, 29
A. Berly : p.1, 3, 9, 12, 13, 23, 25, 33
D. Levet : p.1, 9, 11, 13, 22, 31
P. Goetghebeur : p.17, 23
A. Ulmer : p.22
M. Ribette : p.15
M. Pate : p.35
Agence de l'Eau Rhin-Meuse : p.28

Autorisation d'utilisation de documents BRGM n° R00/11Ed

Autorisation d'utilisation de documents IGN n° 50-0119

Mise en forme et infographie : A & O Conseil & Création

Impression : Imprimerie des Deux Ponts, Lyon

ISSN : 1161-0425

Tiré à 15000 exemplaires, octobre 2000



SOMMAIRE

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | UN MILLION DE TONNES DE GRANULATS PAR JOUR | 4 |
| 1.1 | DES GRAVIERS ET DES GRANULATS | 4 |
| 1.2 | UN MILLION DE TONNES DE GRANULATS PAR JOUR | 4 |
| 1.3 | QU'EN PENSENT LES RIVERAINS ET LES COMMUNES ? | 4 |
| 1.4 | LES PRINCIPES RETENUS DANS LES SDAGE | 5 |
| 1.5 | LES SCHÉMAS DÉPARTEMENTAUX DES CARRIÈRES | 5 |
| 2 | LE FONCTIONNEMENT ÉCOLOGIQUE DES COURS D'EAU | 6 |
| 2.1 | VALLÉES ALLUVIALES ET ALLUVIONS | 6 |
| 2.2 | QU'EST-CE-QUE LA DYNAMIQUE FLUVIALE ? | 8 |
| 2.3 | LES FLEUVES ET LEURS VALLÉES, RESSOURCES EN EAU | 9 |
| 2.4 | LES COURS D'EAU ET ZONES HUMIDES, SOURCES DE VIE | 11 |
| 2.5 | UNE VALLÉE ALLUVIALE EST UN SYSTÈME VIVANT DONT CHAQUE ÉLÉMENT EST SOLIDAIRE | 13 |
| 3 | EFFETS DE L'EXTRACTION DES GRANULATS | 14 |
| 3.1 | EFFETS SUR LES RIVIÈRES À LIT MOBILE ET LA PROPAGATION DES CRUES | 14 |
| 3.2 | EFFETS SUR LES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES | 18 |
| 3.3 | EFFETS SUR LA CHIMIE DE L'EAU SOUTERRAINE | 19 |
| 3.4 | EFFETS SUR LES HABITATS NATURELS DE LA FAUNE ET DE LA FLORE | 21 |
| 3.5 | INTÉRÊT PATRIMONIAL DES GRAVIÈRES ALLUVIONNAIRES | 22 |
| 3.6 | EFFETS LES PLUS PRÉJUDICIALES AUX MILIEUX | 24 |



| | | |
|------------|--|-----------|
| 4 | LES ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'EXTRACTION DES GRANULATS | 26 |
| 4.1 | DONNÉES MACRO-ÉCONOMIQUES | 26 |
| 4.2 | LES ENJEUX SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'EXTRACTION DES GRANULATS | 27 |
| 4.3 | QU'Y A-T-IL À GAGNER À PRÉSERVER LES VALLÉES ALLUVIALES ? DES SERVICES RENDUS AUX COLLECTIVITÉS | 30 |
| 4.4 | EN CONCLUSION, LIMITER L'EXTRACTION DES GRANULATS ALLUVIONNAIRES EST ÉCONOMIQUEMENT POSSIBLE | 33 |
| 5 | ÉVALUER LES ENJEUX POUR DÉCIDER : DES MÉTHODES, DES OUTILS | 34 |
| 5.1 | QUELS SONT LES ENJEUX ? | 34 |
| 5.2 | UNE NOUVELLE APPROCHE DES VALLÉES ALLUVIALES EST EN COURS | 34 |
| 5.3 | POUR PROTÉGER LES VALLÉES ALLUVIALES | 34 |
| | RÉFÉRENCES DES TEXTES RÉGLEMENTAIRES | 36 |
| | BIBLIOGRAPHIE | 38 |
| | GLOSSAIRE | 40 |





Dans et sur les sables fluviaux, toutes les formes de vie.





UN MILLION DE TONNES DE GRANULATS PAR JOUR

1.1 DES GRAVIERS ET DES GRANULATS

Le granulat est un ensemble de grains de dimensions comprises entre 0 et 125 mm, destinés à la construction des ouvrages du bâtiment et du génie civil.

Il est obtenu en extrayant du sable et des graviers d'origine alluvionnaire terrestre ou marine, ou d'origine éolienne, en concassant des roches massives (calcaires ou éruptives) ou encore en recyclant des matériaux de démolition ou des "laitiers" de sidérurgie.

1.2 UN MILLION DE TONNES DE GRANULATS PAR JOUR

Chaque jour, un million de tonnes de granulats de toutes origines doit être produit sur l'ensemble du territoire français pour répondre à la demande de l'économie du pays : "Il n'y a pas d'acte de bâtir sans granulats" (UNPG, 1998).

La production nationale de granulats d'origine alluvionnaire a été en croissance entre 1960 et 1985. C'était une période de prélèvements intenses de graviers et sables en rivière, fournis par les alluvions récentes ou anciennes déposées par les cours d'eau ou les glaciers (non compris le volume des granulats obtenus par concassage des roches massives). Les volumes extraits sont considérables en comparaison de l'activité de transport solide et du dépôt de matériaux dans les cours d'eau pendant la même période : ils peuvent représenter plusieurs décennies, voire plusieurs siècles d'apports naturels.

Le volume extrait pendant 20 ans dans l'Ardèche à l'aval de Ruoms a ainsi été évalué à 4 millions de m³, alors que dans le même temps l'apport à la rivière a été de 1,3 millions de m³ (avec une variation annuelle très large de 15 000 à 115 000 m³ par an). La résorption de l'abaissement du lit consécutif aux extractions en lit mineur représente donc, en ordre de grandeur, 40 ans d'apport en matériaux (Sogreah, 1993).

1.3 QU'EN PENSENT LES RIVERAINS ET LES COMMUNES ?

La production de granulats alluvionnaires est présente sur la majorité du territoire national, généralement en milieu rural où elle constitue parfois la seule activité industrielle.

■ **Les ressources financières créées par l'installation d'une gravière sont souvent très importantes dans le budget des petites communes rurales.**

L'installation d'une carrière engage des investissements fonciers, technologiques et financiers, très importants qui représentent généralement plus de deux ans de chiffre d'affaires. Pour être rentables, les investissements supposent une durée d'exploitation le plus souvent supérieure à 10 ans (UNPG, 1998). Celle-ci peut se prolonger 30 ans et plus si l'autorisation est renouvelée, voire étendue aux sites attenants. Les taxes versées au profit de la commune entrent ainsi dans son budget pendant de nombreuses années, constituant une source de revenus très importante dont le bénéfice paraît considérable à court terme.

L'analyse des aspects socio-économiques de l'extraction des granulats montrera qu'en fait, à long terme, le bilan pour la collectivité est nuancé (Chapitre 4).

■ **La demande en capacité d'écoulement du lit reste forte.**

Après chaque forte crue, des atterrissements, des exhaussements se forment, que les riverains considèrent comme préjudiciables parce que pouvant aggraver les inondations, alors que le plus souvent il ne s'agit que de déplacements de bancs. Les riverains sont de plus en plus sensibles aux crues ; l'écho médiatique des inondations s'est ainsi amplifié. Des demandes répétées de curage sont émises par les riverains. On entend donc parfois regretter le temps des extractions régulières en lit mineur qui "permettaient d'évacuer l'eau plus rapidement".

Nous essaierons de montrer ci-après qu'il n'en est rien, une gestion précautionneuse des cours d'eau étant la bonne solution.

■ L'acceptation de la divagation du lit se heurte souvent au statut foncier des terres riveraines.

Les terres riveraines des cours d'eau sont considérées à juste titre par leur propriétaire comme un bien, un patrimoine qui peut être valorisé par une cession à un exploitant de granulats. Aussi, lorsque le cours d'eau change de lit au gré des crues, et fait disparaître des parcelles, il est très difficile pour les riverains d'accepter la variabilité de ces phénomènes. On verra que le respect de la dynamique fluviale est une des solutions de gestion optimale à long terme pour préserver le patrimoine et les usages liés à l'eau. Il faudra donc proposer des choix de développement qui satisfassent à la fois les intérêts privés et ceux de la collectivité.

1.4 LES PRINCIPES RETENUS DANS LES SDAGE

Dans les six grands bassins hydrographiques français, un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) a été adopté fin 1996 en application de la "Loi sur l'Eau" du 3 janvier 1992. Le concept de gestion globale d'un bassin versant en est un des grands principes. La dynamique fluviale est par ailleurs reconnue comme une composante essentielle de l'équilibre du cours d'eau.

Tous les SDAGE se préoccupent du contrôle des extractions de matériaux. Ils rappellent l'interdiction de prélèvements en lit mineur. Ils préconisent en particulier le rétablissement du transit des matériaux par une nouvelle gestion des lits et des ouvrages, et "une politique très restrictive d'installation des extractions de granulats" dans l'espace de liberté des cours d'eau et les annexes fluviales, ainsi que dans les secteurs "reconnus comme milieux aquatiques remarquables".

1.5 LES SCHÉMAS DÉPARTEMENTAUX DES CARRIÈRES

Les carrières, dont les gravières en vallée alluviale font partie, relèvent du régime des installations classées pour la

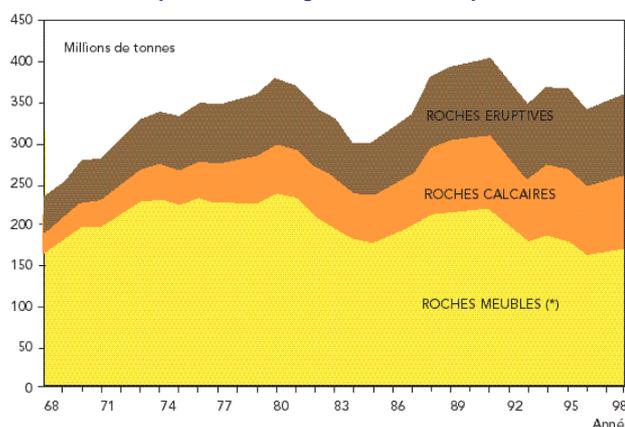
protection de l'environnement. Aujourd'hui, chaque ouverture ou extension de carrière fait l'objet d'une étude d'impact préalable sur l'environnement, d'une enquête publique et d'une instruction administrative conclue par un arrêté préfectoral.

Les schémas départementaux des carrières orientent la politique de gestion des matériaux dans chaque département. Ils définissent les conditions générales d'installation des carrières, en fonction des ressources et des besoins en matériaux, des contraintes de protection de l'environnement et de la gestion de l'espace. Ils sont compatibles avec les autres instruments de planification, notamment les SDAGE, dont l'objet est de garantir une gestion équilibrée de la ressource en eau.

Des "protocoles d'accord" ont été signés dès 1979 entre l'État et la profession des producteurs de sables et graviers pour réduire progressivement ou arrêter les extractions dans les lits mineurs et majeurs de certains cours d'eau. Certains affirment par ailleurs le principe de réserver les granulats alluvionnaires aux usages "nobles", et la contribution volontaire de la profession à la réalisation de travaux d'aménagement des berges.

Notons que le Conseil Général des Mines, du Secrétariat d'État à l'Industrie, a admis à l'unanimité, dans sa séance du 25 novembre 1997 consacrée à l'approvisionnement du Bassin Parisien en granulats, l'objectif de mieux protéger les lits majeurs des extractions et la nécessité d'une recherche plus volontariste de matériaux de substitution aux granulats alluvionnaires.

Évolution de la production de granulats (statistiques UNICEM)



(*) Cette appellation recouvre les granulats alluvionnaires (85%), les granulats marins et les sables d'origine éolienne.



LE FONCTIONNEMENT DES COURS D'EAU

2.1 VALLÉES ALLUVIALES ET ALLUVIONS

■ Le transport des matériaux dans un cours d'eau

Un cours d'eau transporte des matériaux. C'est ce qu'on appelle le transport solide. Les alluvions les plus grossières, des sables aux blocs, se déplacent sur le fond du lit (c'est le charriage). Les alluvions fines (argiles, limons et parfois sables) sont transportées "entre deux eaux" en suspension. La composition des alluvions transportées varie avec le débit, les plus fines étant déplacées plus facilement¹. Les phénomènes de reprise et de dépôt des matériaux d'une taille voisine de celle du fond du lit sont importants : ils conditionnent l'évolution morphologique du lit.

La granulométrie des fonds décroît de l'amont vers l'aval, du fait de la superposition de deux phénomènes : l'usure des matériaux et le tri granulométrique. Celui-ci intervient lorsque le transport solide est faible, les matériaux les plus grossiers étant moins faciles à déplacer que les matériaux plus fins.

Sous les alluvions, le substratum est la formation géologique non alluviale qui les porte. Mais ce n'est pas toujours une roche dure (marnes, schistes, grès, argiles... sont ainsi fréquemment observés). La rivière peut aussi couler naturellement sur un substratum résistant : rocher dur affleurant, blocs éboulés des versants...



Sur la carte géologique, les alluvions apparaissent en gris-vert, codées en "F".

[extrait de la carte géologique 1/50000 de Rouen Ouest n° 99, © BRGM]

¹ Ce principe apparemment simple est en réalité plus complexe, les petites particules étant protégées par les plus grosses.

² Phénomène de variation du fond du lit en altitude autour d'un niveau moyen : la crue laisse des dépôts obstruant en partie le lit, qui seront emportés par la montée des eaux suivante.

■ L'origine des matériaux

En amont des bassins, les matériaux sont produits par des mécanismes variés : gel et dégel, avalanches, érosions glaciaires, glissements de terrain, ruissellement sur terrain nu... Lorsque la vallée s'élargit et n'est plus sous l'influence des versants, le courant, plus faible, n'a plus l'énergie suffisante pour transporter les matériaux qui alors se déposent. Les stocks constitués sont souvent très importants par rapport aux apports annuels.

Les apports annuels de sables et graviers par le bassin sont souvent très modestes devant les stocks déposés dans les cours d'eau. Les alluvions forment donc une réserve qui ne se renouvelle que très lentement. Elles protègent le substratum, qui n'est pas toujours une roche dure, et filtrent les eaux. Le transport des alluvions dans une rivière en équilibre garantit le renouvellement de cette protection.

■ La morphologie du cours d'eau

La forme du cours d'eau est façonnée par le débit (en particulier les hautes eaux annuelles) et les matériaux transportés : la morphologie du cours d'eau correspond à un équilibre moyen, au-delà des modifications cycliques observées au gré des crues (mobilité des bancs, des seuils, des mouilles, "respiration" du lit²...). Dans un cours d'eau non perturbé, cet équilibre s'installe entre le débit solide, le débit liquide, la taille des matériaux et la pente du cours d'eau. Ces paramètres sont déterminés par la géographie du bassin versant.

La morphologie traduit l'activité du cours d'eau et son mode d'évolution. On distingue quatre grands types morphologiques correspondant à une énergie décroissante : torrents, rivières en tresse, rivières à méandres divagants et rivières à lit peu mobile, unique ou multiple avec des îles. La morphologie s'ajuste en permanence pour assurer le transport des matériaux venant de l'amont, en fonction de leur taille et de la variation du débit. Toute perturbation d'un des éléments du système conduit à une adaptation de la morphologie du cours d'eau aux nouvelles conditions ainsi créées. Les cours d'eau à lit mobile sont particulièrement sensibles à ces phénomènes.

Dans le cadre de la mise au point du Système d'Évaluation de la Qualité du milieu physique des cours d'eau (SEQ-physique), il a été proposé une typologie physique simplifiée des cours d'eau français, fondée sur le critère pré-

pondérant de la morphologie des cours d'eau : l'énergie. On y retrouve évidemment les quatre grands types morphologiques cités ci-dessous, déclinés ensuite en fonction de la dynamique flu-

viiale, du transport solide, de la géologie, de l'origine de l'eau. Une trentaine de types fonctionnels a ainsi été définie. Référence : Aquascop (1997), mise au point d'un système d'évaluation de la qualité du milieu physique du cours d'eau.



Un torrent : le Lignon-du-Velay.



Une rivière en tresse : la Durance.



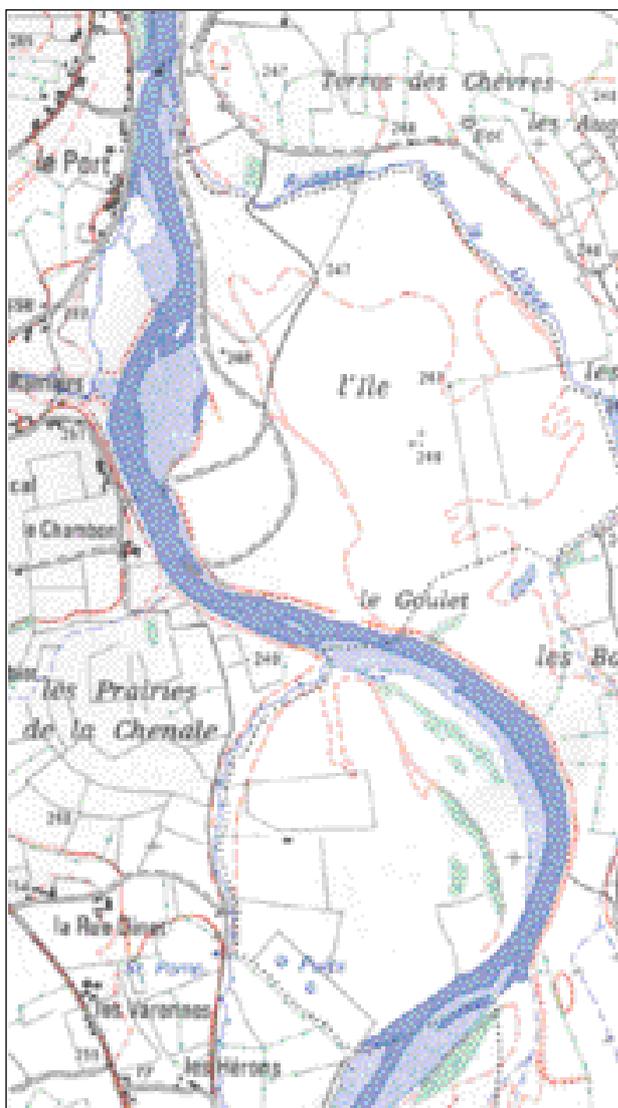
Un fleuve à méandres divagants : la Loire dans le Forez (photo aérienne de 1946).



Une rivière à lit peu mobile : le haut Doubs.

2.2 QU'EST-CE-QUE LA DYNAMIQUE FLUVIALE ?

Un cours d'eau déplace naturellement son lit, de manière plus ou moins importante, rapide et prononcée.



[extrait de carte au 1/25000 n° 2829 Ouest, © IGN]

On voit sur cette carte de l'IGN de 1982 que la Loire a inversé ses méandres, les limites communales souvent fixées à la Révolution étant un témoignage de la position du lit à la fin du XVIII^{ème} siècle.

■ Des gradients de l'amont vers l'aval

Les cours d'eau fonctionnent généralement grâce à des phénomènes qui s'expriment selon un gradient amont-aval : le débit augmente, ainsi que la largeur ; a contrario, la pente et l'énergie du cours d'eau diminuent... Les matériaux sont transportés, déposés ou repris.

■ Des échanges latéraux et verticaux

Mais la grande complexité des écosystèmes dynamiques tient à leur fonctionnement dans trois dimensions.

Les matériaux de la plaine alluviale, apportés par le fleuve, sont repris à l'occasion des crues et entraînés vers l'aval, la circulation de l'eau se faisant latéralement aux écoulements amont-aval, mais également verticalement, à travers les alluvions. Ces transferts d'eau et de particules ne sont pas que de simples échanges : ils permettent les relations (matière, énergie) entre la plaine et le cours d'eau, constituent eux-mêmes et façonnent des habitats très diversifiés pour la flore et la faune qui en seront d'autant plus riches.

■ Une zone de divagation et des milieux "annexes"

Dans les SDAGE, l'espace de liberté (appelé aussi zone de divagation ou fuseau de mobilité) est défini comme l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux, les bras ou méandres se déplacent latéralement à l'échelle de quelques années, permettant une mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres. Il est l'expression de la dynamique fluviale. Il existe cependant des cours d'eau naturellement stables à notre échelle de temps (la Saône, la Moselle aval), ce qui n'enlève rien au fait qu'un espace de protection (zone tampon) soit souvent nécessaire.

Cette dynamique de l'eau et des sédiments crée, dans la plaine alluviale, des zones en eau de profondeurs et écoulements variés que l'on regroupe sous le terme générique de "milieux latéraux" ou "annexes fluviales".

La dynamique fluviale est reconnue dans les SDAGE comme une composante essentielle de l'équilibre du cours d'eau. L'intégrité de l'espace de mobilité qu'elle génère est une contrainte forte à respecter .



2.3 LES FLEUVES ET LEURS VALLÉES, RESSOURCES EN EAU

■ Les fonds de vallées régulent les écoulements

Les zones riveraines des cours d'eau présentent un fonctionnement hydrologique complexe lié en particulier à la durée et à l'intensité de la submersion par les crues. L'inondation se produit à la fois par élévation des eaux de nappe et débordement des cours d'eau. Une partie de l'eau est ralentie et/ou stockée. Le déstockage est progressif et non simultané en différents points. Cette fonction permet d'atténuer le pic de crue et de ralentir son déplacement, et ainsi de protéger l'aval contre les inondations.

La rivière est par ailleurs en relation étroite avec la nappe alluviale. Cette dernière est un système hydraulique complexe : c'est un milieu granulaire qui permet la circulation et le stockage de l'eau. La nappe est alimentée par la rivière en période de hautes et moyennes eaux. Elle est drainée par le cours d'eau en période d'étiage, et lui assure ainsi un soutien naturel. Elle reçoit aussi les apports des versants. A ce fonctionnement général se superposent des phénomènes hydrauliques locaux.

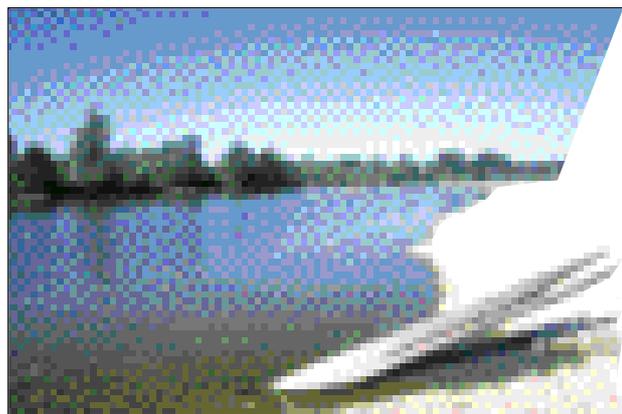
■ Les zones riveraines participent à l'épuration naturelle des eaux souterraines et superficielles

Dans les zones riveraines, le piégeage des particules en suspension est la conséquence d'une modification des conditions de transport, conduisant à leur sédimentation. L'interception et le stockage du phosphore sont soumis à des processus physiques (phosphore associé aux particules), chimiques (adsorption, précipitation) et biologiques (microflore microbienne, algues, végétaux supérieurs). L'azote est retenu selon trois processus : sédimentation et stockage dans le sol, absorption et stockage dans les végétaux, élimination des nitrates par dénitrification. Cette fonction s'exerce sur les eaux de ruissellement avant que celles-ci ne percolent vers les aquifères ou atteignent le cours d'eau. Sur les plages de galets et sables, les bactéries assurent une autoépuration activée par le réchauffement de l'eau et l'absence de courant.

Le milieu "phréatique" assure ainsi une filtration et un "traitement" physicochimique et bactériologique de l'eau, mettant en jeu des phénomènes mécaniques (élimination des matières en suspension), microbiologiques et chimiques (adsorption, échanges d'ions, précipitations).



Une crue au confluent de l'Ain et du Rhône.



Sur les plages de galets et sables, les bactéries assurent une autoépuration activée par le réchauffement de l'eau et l'absence de courant.

Fonctionnement des hydrosystèmes

Les échanges d'eau et de matière qui se font entre le lit vif du fleuve et sa plaine alluviale dans trois directions et dans les deux sens génèrent une mosaïque d'habitats diversifiés et hiérarchisés en divers états de connexion avec le chenal principal. Ces différents milieux sont liés par la présence de l'eau. Cependant, le lien n'est pas continu, que ce soit dans l'espace et dans le temps. Le degré de connexion est fonction de son type et de sa durée : permanente pour les bras secondaires, temporaire pour d'anciens lits, voire absente pour d'anciens méandres...

Mais, si la connexion est la possibilité physique d'échanges, des éléments non contigus peuvent cependant avoir une connectivité fonctionnelle : ancien méandre isolé, mais en relation avec le cours vif par la nappe, marais connecté à l'occasion des grandes crues... Les caractéristiques d'habitat qui en résultent, en termes de vitesse du courant, hauteur d'eau, granulométrie du substrat, variations de la qualité de l'eau..., sélectionnent alors une flore et une faune adaptées.

On sait ainsi que les végétaux aquatiques supérieurs, les invertébrés benthiques et les alevins de poissons, incapables de résister à la force d'entraînement du courant dans le cours principal, se trouveront vers les berges, sur le fond du lit ou dans les zones de moindre vitesse.

Les bras secondaires présentent une diversité d'abris importante, les végétaux s'y multiplient et offrent ainsi une nourriture plus abondante à la faune ; les anciens méandres, parfois alimen-

tés par un affluent et/ou de l'eau de la nappe phréatique, présentent de grands plans d'eau calmes, mais avec quelques veines de courant, et accueillent des flores et des faunes diversifiées et riches, encore différentes de celles rencontrées dans les autres milieux ; le rôle des prairies inondables dans la reproduction de plusieurs espèces de poissons, dont le brochet, est par ailleurs bien connu.

Ne sont cités ci-dessus que quelques exemples des très nombreuses relations entre les habitats et les communautés vivantes. A titre indicatif, à une échelle plus fine, il existe même des variations de la faune d'invertébrés benthiques selon une zonation longitudinale et transversale (liée aux processus d'atterrissement) dans d'anciens méandres ou le lit vif du Haut-Rhône.

Le facteur temps constitue par ailleurs une quatrième dimension d'évolution de l'hydrosystème, à plusieurs échelles "emboîtées" : par exemple, la crue annuelle établit une communication temporaire entre le lit vif et ses milieux annexes, l'alternance étiage-hautes eaux régit l'évolution saisonnière des peuplements aquatiques, la dynamique fluviale s'exprime en plusieurs dizaines d'années en façonnant le lit... et des processus géoclimatiques plus généraux peuvent affecter les conditions de fonctionnement du système fluvial à l'échelle du millénaire.

Cette hiérarchie des phénomènes dans le temps génère évidemment une hiérarchie dans l'espace : il existe en effet une très forte relation entre la durée de réalisation d'un processus (ou sa fréquence) et la taille des sous-

systèmes qu'il affecte. C'est ainsi que les secteurs, ensembles et unités définis ci-dessus se forment et évoluent à des pas de temps différents. Ces unités peuvent évoluer à l'échelle de l'année, alors que les ensembles évoluent plutôt à l'échelle de la décennie ou du siècle.

Les bancs, berges, seuils sont remaniés par les crues qui modifient la topographie : il en résulte que la flore et la faune qui les habitent sont périodiquement éliminées, et en quelque sorte "rajeunies" par l'installation de peuplements "pionniers". A contrario, les milieux moins fortement ou plus rarement modifiés sont des refuges et des réserves biologiques, permettant la recolonisation du cours vif, soumis à des conditions plus sévères. On notera que ces variations permettent l'équilibre dynamique de l'hydrosystème, qui reste ainsi stable à une échelle de temps plus grande.

La position des différentes composantes du système fluvial n'est donc pas aléatoire puisqu'elle résulte des mécanismes géomorphologiques qui les créent. L'organisation de la plaine alluviale en mosaïque implique donc des échanges entre des éléments de nature, de structure, de fonctionnement et d'âge différents. "Le résultat de ces interactions se traduit par la présence d'une flore et d'une faune particulières nécessitant le voisinage d'unités complémentaires, l'augmentation de la productivité globale, la capacité de rétablissement après perturbation, grâce au rôle de refuge ou de foyer de recolonisation que jouent certaines unités".

Référence : C. Amoros, G. Petts (1993) Hydrosystèmes fluviaux.

LE FONCTIONNEMENT ÉCOLOGIQUE DES COURS D'EAU



2.4 LES COURS D'EAU ET ZONES HUMIDES, SOURCES DE VIE

■ Des habitats pour la flore et la faune

Les vallées fluviales, dans un même secteur homogène en termes de pente, largeur, morphologie de la vallée, présentent des ensembles fortement imbriqués qui occupent un espace continu et sont soumis à la même dynamique fluviale :

- le lit principal, large et sinueux ;
- parfois des bras secondaires plus étroits, et a priori moins profonds ;
- des anciens bras ou anciens lits aux eaux calmes, séparés du lit vif ou en communication par l'aval ;
- des bancs de sables et de graviers dépourvus de végétation ;
- des prairies pratiquement riveraines des milieux aquatiques, sur toute la largeur de la plaine alluviale ;
- le milieu "souterrain", contenu dans les interstices des sédiments du fleuve et des alluvions de la plaine.

Chacun de ces ensembles se compose alors d'unités homogènes pour les paramètres d'habitat et les peuplements animaux et végétaux : seuil, mouille, berge, anse dans le chenal, marais, étang, saulaie dans un ancien lit, bancs, terrasses, deltas dans les zones de dépôt...

Le lit majeur des cours d'eau comporte de nombreuses zones humides : ce sont les bordures boisées appelées ripisylves, les plaines et prairies humides naturelles, les forêts alluviales, les annexes hydrauliques (boires, lônes, noues, bras-morts, anciens méandres).

■ Une flore et une faune très diversifiées dans les cours d'eau, zones humides et vallées alluviales

Les zones humides assurent des fonctions essentielles pour la flore et la faune : alimentation, reproduction, abri et protection.

Les prairies humides naturelles possèdent une flore et une faune originales et diversifiées. Les milieux latéraux au cours d'eau (bras morts, lônes, noues, ...), d'une grande richesse biologique, sont des sites favorables à la reproduction, à la croissance de nombreuses espèces, qui ne peuvent résister aux écoulements du cours vif. Lors des crues, ces milieux latéraux ont un rôle de protection des espèces, voire de "réserve" pour reconstituer des peuplements perturbés.

L'érosion fluviale permet le remaniement, et donc le rajeunissement des communautés "pionnières", rares et/ou protégées, et d'alimenter l'aval en matériaux. C'est aussi le moteur du fonctionnement des cours d'eau à lit mobile.



La Lône des Pêcheurs, ancien méandre du Rhône, à la flore et à la faune originales.

■ Une flore et une faune adaptées aux mouvements de l'eau

La durée de la crue a les mêmes effets biologiques que son intensité, mais dans le temps, par sélection des espèces capables de résister à une submersion prolongée. Elle est également nécessaire au développement de certains juvéniles de poissons (brochet), et à la réalimentation des nappes. La période de réalisation des crues est également importante, par l'interférence qui peut se produire avec les phénomènes biologiques : de hautes eaux en fin de printemps favorisent la reproduction du brochet, par l'inondation de prairies à la période où les géniteurs sont prêts à se reproduire ; mais précoces, elles sont trop froides pour que la maturation sexuelle soit adéquate ; trop tardives, elles peuvent emporter les alevins.

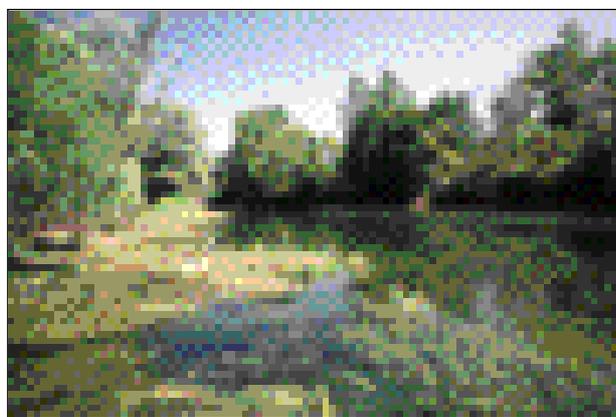
Il va de soi que des décalages peuvent se produire naturellement dans la réalisation des crues ; mais un phénomène de "balancier", sur plusieurs années, compensera les effets dommageables.

Le niveau des moyennes eaux conditionne au premier chef la zone de développement de la ripisylve, milieu de première importance dans les systèmes fluviaux : les racines fixent les rives, fournissent par ailleurs des supports aux invertébrés et des cachettes aux poissons, l'arbre piège (et "immobilise") les nutriments sous forme de bois, offre un habitat diversifié à la faune terrestre, et établit la connexion avec la plaine par les haies, lorsqu'elles existent encore. C'est avec les moyennes eaux que vont se diversifier les écoulements, permettant une grande variété de la petite faune du fond du lit (éphémères, porte-bois, mouches de pierre, escargots d'eau...), et le cas échéant, le frai des poissons. La décroissance progressive des eaux permettra ensuite le développement des végétaux de bordure (iris, roseaux...), abri d'une faune invertébrée et supérieure (poissons, amphibiens, oiseaux, mammifères) et zone de piégeage des particules fines.

L'étiage découvre des îles, bancs, et zones riveraines constituant autant d'interfaces entre l'eau et l'air : par effets de "lisière", ces secteurs sont particulièrement riches, diversifiés en flore et faune, et productifs ; l'autoépuration y est très active. Dans le lit mineur, les végétaux aquatiques peuvent croître, et offrir abris et nourriture à la faune aquatique, participer à l'oxygénation de l'eau...

Les milieux riverains

A la jonction des milieux terrestres et aquatiques, les rives constituent habituellement un micro-milieu particulièrement propice à la flore et à la faune : par bon éclairage favorable aux végétaux, maintien d'une bonne oxygénation grâce à l'agitation de l'eau, diversité des supports et des abris. La production primaire (végétale, macrophytique ou périphytique) et secondaire (animale, benthique) y est importante (température plus élevée), ce qui rend le milieu attractif pour de nombreux organismes, poissons (sites de frayères, zones de refuge, nourricerie pour les alevins), et oiseaux (nourriture abondante, zone de repos...). Siège de multiples interactions écologiques, ce milieu "lisière" s'avère cependant très fragile : sa richesse biologique dépend en effet directement de la stabilité des conditions environnementales et notamment des modalités de submersion.



Il est maintenant démontré que les arbres bordant le cours d'eau sont particulièrement efficaces pour retenir l'azote provenant de l'agriculture.

LE FONCTIONNEMENT ÉCOLOGIQUE DES COURS D'EAU



2.5 UNE VALLÉE ALLUVIALE EST UN SYSTÈME VIVANT DONT CHAQUE ÉLÉMENT EST SOLIDAIRE

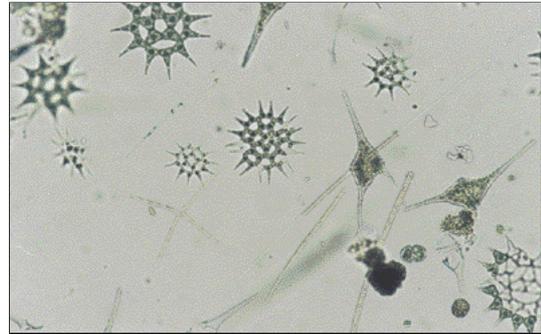
Un cours d'eau n'est pas un simple chenal conduisant l'eau de la montagne à la mer, mais un ensemble de milieux de vie pour une multitude d'organismes. Dans la vallée fluviale, se trouvent le chenal principal, les bras secondaires, les anciens méandres, les bancs de graviers, îles et grèves, les marais, les forêts alluviales. Tous ces milieux sont solidaires du fleuve qui les alimente en eau, et l'eau fait le lien entre les pièces de cet immense puzzle.

La vie de la rivière ou du fleuve se manifeste par la diversité des organismes qu'il abrite : poissons, petits animaux dont ils se nourrissent, crustacés, mollusques, larves d'insectes, vers... plantes, mousses et algues leur fournissent de l'oxygène, de la nourriture, des abris ou des supports. La vitalité du cours d'eau se mesure à la complexité de ce réseau où chacun a une place. Ce réseau biologique participe aussi au maintien de la qualité de l'eau.

L'eau, par son énergie, arrache des matériaux et ér ode ici, dépose là : le lit du cours d'eau résulte de cet équilibre subtil. C'est la dynamique de l'eau, son courant, l'alternance entre les hautes et basses eaux, les débordements... qui sont à l'origine de la vie du fleuve et permettent sa richesse et sa régénération permanente.



La fritillaire des prairies humides.



Des algues planctoniques microscopiques.



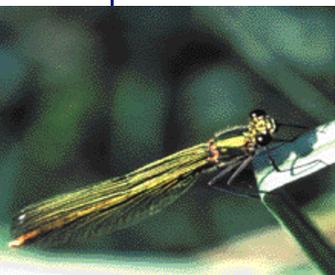
Un invertébré benthique (larve d'éphémère).



La truite de rivière.



Jeune balbuzard pêcheur (campagne de bagage).



EFFETS DE L'EXTRACTI

La richesse d'un système fluvial est due à la mosaïque des milieux naturels de la plaine alluviale. Celle-ci est générée par le fonctionnement géomorphologique du fleuve, lié aux variations du débit. Par conséquent, toute activité tendant à modifier la morphologie et l'hydrologie peut remettre en cause le fonctionnement du système fluvial, et la richesse biologique qui le caractérise. C'est le cas de l'extraction de matériaux, qui change de manière irréversible la forme du lit, et modifie les modalités de transfert des eaux.

3.1 EFFETS SUR LES RIVIÈRES À LIT MOBILE ET LA PROPAGATION DES CRUES

■ **La dynamique des rivières à lit mobile est fortement perturbée et l'espace de divagation potentiel est contraint par les gravières installées dans l'espace de mobilité**

Les effets sont particulièrement désastreux dans les rivières à lit mobile, si l'extraction est installée dans l'espace de mobilité du cours d'eau. En effet, pour éviter que l'évolution du lit n'atteigne les gravières du lit majeur, une protection lourde (enrochements, ...) est souvent construite.

Or, si on restreint la largeur de l'espace de divagation du fleuve, il perd de sa "créativité". Il ne peut plus, en effet, arracher des matériaux aux berges pour les déposer plus loin et il reporte son énergie sur le fond de son lit. Il ne peut plus alimenter en eau les milieux naturels latéraux qui font sa richesse et qui constituent un "réservoir biologique". Il reste canalisé dans le lit mineur, ce qui induit un creusement du lit (dont les effets viennent se cumuler avec ceux, toujours sensibles, des anciennes extractions en lit mineur maintenant interdites).

Les protections de berges construites pour éviter l'envahissement des gravières par la rivière empêchent le déplacement des bancs de graviers, la construction des

îles, l'alimentation des anciens méandres : l'impact majeur de l'extraction des matériaux alluvionnaires dans les cours d'eau à lit mobile est la diminution ou le blocage de la dynamique fluviale, qui est à l'origine de la richesse des écosystèmes.

Les effets de ce "corsetage" sont irréversibles. C'est ce qui fait que la gestion ultérieure de ces sites (en rapport avec les inondations, l'érosion, l'eau potable...) est par ailleurs très complexe et très coûteuse.

■ **Les effets sur les crues sont très variables**

On s'interroge souvent sur le rôle des gravières dans la propagation des crues.

Une étude récente du BRGM (1998) montre que les impacts des gravières du lit majeur peuvent être directs ou indirects (par le biais des échanges nappe-rivière), et ressentis selon le cas soit au droit du site, soit en amont, soit en aval.

Les effets d'une gravière sur les crues sont en fait très variés selon la configuration du site (sinuosité du lit, importance des plans d'eau par rapport au bassin versant, colmatage de la gravière, forme et dimension des excavations, distance de la gravière à la rivière et à d'autres gravières...), l'hydraulique (pluie efficace, forme et intensité de la crue, fluctuation du lit) et l'hydrogéologie du cours d'eau (aquifère alluvial, substrat, perméabilité, porosité, gradient, sens des écoulements, profondeur, battements saisonniers). Il est de plus souvent très difficile de mesurer les effets des gravières. Cela résulte en partie de la superposition, en un même site, de phénomènes aux effets inverses dépendant fortement des conditions locales (voir détails dans le paragraphe "gravières et crues").

Il se peut aussi que les gravières soient, localement, sans effet significatif. Il faut cependant noter qu'un impact négligeable à l'échelle de la gravière peut devenir significatif dans le cas d'une succession de gravières, par cumul des effets. Et rappelons qu'un effet positif sur les crues peut être désastreux sur la qualité du milieu naturel ou les infrastructures : l'agrandissement du lit mineur

consécutif aux anciennes extractions accélère le passage des crues, mais a éliminé la flore et la faune aquatiques et remis en cause la stabilité de certains ponts (le pont Wilson à Tours, par exemple).

Les études conduites sur l'Oise, l'Aisne, l'Yonne et la Marne concluent toutefois que des gravières dont l'exploitation et le réaménagement sont bien conçus (c'est-à-dire sans endiguement et avec des stocks de terre végétale et de découverte minimales, le réaménagement étant simultané) sont neutres du point de vue des inondations, les éventuels effets négatifs locaux (sur la qualité des eaux, par exemple) étant inférieurs à ceux des infrastructures (routes, voies ferrées, remblais).

Les effets potentiels des gravières en lit majeur sur les crues, qui sont en général négligeables à l'échelle locale, peuvent se cumuler et avoir un impact (positif ou négatif) à l'échelle du bassin du cours d'eau.

Quelques effets du blocage des berges et de l'endiguement

Lorsque le lit du cours d'eau est stable, il est inutile de protéger la berge le séparant des gravières du lit majeur. Lorsque le lit est mobile, cela devient indispensable pour éviter le détournement du cours d'eau à l'occasion d'une crue. Le "corsetage" du cours d'eau entraîne alors une érosion régressive, qu'il faut alors stopper par un seuil...

La dynamique morphologique du lit entretient des relations étroites avec les autres composants de l'écosystème. Les perturbations de l'équilibre morphologique ont une incidence majeure en diminuant l'alimentation en eau des milieux latéraux.

Tous ces phénomènes sont extrêmement complexes. On se reportera pour plus de détails à l'étude des Agences de l'Eau n°65 : "la gestion des rivières, transport solide et atterrissements".



photo Filberte

Gravières et crues

De l'unique point de vue hydraulique, le seul effet positif de l'extraction en lit mineur est l'amélioration locale à court terme de la section d'écoulement des crues par suite de l'abaissement du lit mineur. Cependant il est limité aux crues de fréquence annuelle à décennale, et contrarié à terme par le développement de la végétation dans le lit. Cette situation a été mise en évidence dans la Loire et le Drac. Rappelons que les carrières en lit mineur sont par ailleurs responsables de nombreux effets négatifs sur l'environnement qui ont conduit à leur interdiction en 1994. Certaines carrières en lit mineur restent cependant autorisées, comme celle de Saulcy/Meurthe dont l'exploitation va se poursuivre pendant les 15 prochaines années.

- Le stockage de l'eau dans les gravières de lit majeur pendant les crues (écrêtement) existe, mais est très limité : le secteur de La Bassée, dans la vallée de la Seine, joue ce rôle lors des crues les plus faibles ; un stockage de l'eau des crues a été mis en évidence dans certains secteurs de l'Oise, uniquement lors des crues faiblement débordantes. Le volume de stockage reste faible (si les gravières ne sont pas déjà remplies) par rapport au volume qui transite dans la rivière en crue.

En phase de montée de la rivière, l'onde de crue se propage dans la

nappe. Si elle est située dans la zone d'influence de la rivière sur la nappe, le niveau de la gravière augmente, mais moins vite que ne le ferait l'aquifère qu'elle remplace puisque le volume potentiel de stockage y est supérieur. La gravière peut avoir un effet bénéfique sur l'écrêtement des crues modérées, en permettant d'éviter le débordement (localement) de la rivière ou le retarder. Cependant, le risque de débordement de gravière existe en période de hautes eaux de la nappe, et aggrave la crue de rivière. En phase de décrue, la restitution de l'eau se fait de manière plus progressive vers la rivière. Ce rôle dépend bien sûr de plusieurs paramètres (perméabilité de l'aquifère et du substrat, distance de la rivière, dimension et colmatage de la gravière).

A contrario, il a été relevé que la présence de gravières pouvait avoir des effets négatifs sur les crues.

- Les aménagements d'exploitation ou réaménagements de réhabilitation du site (merlons, digues, cordons, stocks de granulats, terres de découverte, végétation trop dense, stations de criblage, remblais...) peuvent constituer des obstacles à l'écoulement des crues et aggraver les risques d'inondation à l'amont ou au droit de sites, l'effet d'obstacle conduisant à un effet de barrage avec montée de la ligne d'eau en

amont (observations dans les vallées de la Meuse et de l'Oise).

- La chenalisation du lit mineur (renforcée par l'endiguement et l'approfondissement induit) limite ou empêche l'accessibilité des hautes eaux au lit majeur, champ naturel d'expansion des crues. Celles-ci arrivent plus rapidement et plus intensément en aval. Si cet effet n'est pas important pour une seule carrière, il peut le devenir dans le cas d'une succession de gravières (phénomène mis en évidence par modélisation dans les vallées de l'Oise et de l'Aisne).

- La présence de gravières peut entraîner une modification du trajet de l'écoulement lors des crues, un axe préférentiel d'écoulement se constituant au niveau d'une succession de gravières, la capture du lit mineur modifiant définitivement le cours habituel du cours d'eau.

- Les fonds de vallée sont enfin des zones de contact et d'échanges intenses et continus entre eaux superficielles et souterraines ; cette dynamique peut être modifiée par la présence de gravières et avoir un impact positif ou négatif sur les crues selon les caractéristiques du site et celles de la gravière.

Références : Hydratec (1998), BRGM (1998), Mouron (1999)

EFFETS DE L'EXTRACTION DES GRANULATS



■ Captures du cours d'eau et coupures de méandres liées aux extractions de matériaux en lit majeur

Le prélèvement de matériaux dans le lit majeur sous forme de souilles d'extraction peut avoir une incidence morphologique si elles capturent le cours d'eau. Cela se produit lorsque la berge qui sépare le lit du plan d'eau est attaquée directement par érosion latérale ou à l'occasion d'une crue débordante, parce que la dénivelée entre le plan d'eau qui reste horizontal et le lit mineur peut provoquer une érosion régressive de la berge du plan d'eau vers le lit. Si les gravières sont nombreuses entre deux méandres successifs, une "réaction en chaîne" peut conduire à un "détournement" du lit et à l'abandon de la boucle. Le cours d'eau retrouve alors son lit en aval, là où l'eau peut passer, déstabilisant le cas échéant des infrastructures en place.

Après capture du cours d'eau, l'extraction en lit majeur a les mêmes conséquences qu'en lit mineur : érosion, enfoncement du lit, accélération des crues, perte de l'intérêt biologique.

La réglementation (arrêté du 22 septembre 1994) prévoit, pour des raisons hydrauliques, une bande de sécurité entre gravière et rivière (ayant un lit mineur d'au moins 7,5 m de large) de 35 m.

■ Erosion générée par les extractions de matériaux en lit mineur

Les extractions de matériaux alluvionnaires en lit mineur (interdites presque partout aujourd'hui sauf autorisations anciennes) ou les opérations de curage, ont entraîné un creusement du lit. Il y a donc une zone de plus forte pente à l'amont qui s'érode et une zone de plus faible pente à l'aval, avec dépôt des matériaux.

La forte pente amont favorise une érosion régressive³. La faible pente aval favorise le piégeage des alluvions ainsi dégagées dans la zone d'extraction, ce qui provoque un déficit de sédiments en aval. Tout prélèvement dans le lit vif, même inférieur aux apports naturels du cours, induit un déficit du transit des sédiments : il est donc compensé par un entraînement naturel du stock, qui se traduit par un abaissement du lit. La roche peut ainsi être mise à nu.

³ = qui se propage en amont

Son érosion (elle n'est pas toujours une roche dure) conduit à une concentration du débit dans un chenal préférentiel ("chenalisation"), voire à une "canyonisation", accentuant encore les vitesses d'écoulement, et donc la capacité d'érosion.

Notons que même si les extractions en lit mineur sont interdites, leurs effets se font encore sentir pendant des décennies : on assiste par exemple dans la Loire forézienne à un effet de "canyonisation", les marnes mises à nu s'effritant au contact de l'air.



Une brèche créée par la crue dans le cordon d'enrochement isolant la gravière (ex. : Moselle, 1996).



Illustration de la dynamique fluviale : des galets apportés par la dernière crue se sont déposés au bord de la Loire (Forez), ainsi que des blocs de marne verte ; au contact de l'air, celle-ci se fragmente et se pulvérise.

3.2 EFFETS SUR LES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

■ Modifications du niveau des eaux souterraines

Les fonds de vallée sont des zones sensibles de contact et d'échanges intenses et continus entre eaux superficielles et souterraines. Cette dynamique, fondée sur le principe des vases communicants dans une zone au rôle d'éponge, est modifiée par les gravières. Les variations du régime de la rivière sont atténuées par la nappe.

En lit majeur, l'enlèvement des alluvions met la nappe à l'air libre. Le niveau de l'eau souterraine libérée s'établit alors à l'horizontale. Si les fonds de la gravière ne sont pas colmatés⁴ par de fines particules, cela induit un " basculement de la nappe " avec drainage (rabattement) à l'amont et alimentation (élévation) à l'aval de la gravière. Si les fonds sont colmatés, ils forment alors un obstacle à l'écoulement de la nappe, et le basculement est inversé. Si la gravière est en communication avec le cours d'eau, son niveau est alors influencé par celui-ci.

Des études hydrogéologiques détaillées à proximité de gravières de la Sarthe ou dans la plaine alluviale de l'Orb (Hérault) montrent que l'effet sur le niveau de la nappe peut aller de quelques décimètres à plusieurs mètres dans différents scénarios de conduite de l'exploitation et du réaménagement (Hydratec, in IEA 1995, Bangoy, 1993). Cet effet étant sensible sur quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres autour de la gravière.

■ Modifications du sens d'écoulement des eaux souterraines

La multiplication des plans d'eau dans un même secteur peut modifier le sens de l'écoulement général de la nappe. Un exemple est " visible " dans la plaine d'Alsace à proximité du bourg de Thann (Babot, 1986). La nappe

coule maintenant en direction du Sud-Est, au lieu de l'Est, ce qui a été mis en évidence par la pollution et par les sulfates de fer qu'elle véhicule.

Les effets sur la productivité des captages pour l'eau potable peuvent donc être positifs ou négatifs selon qu'ils se situent dans une zone d'alimentation ou de rabattement de la nappe. Des simulations dans la plaine de la Garonne ont montré que la productivité pouvait être affectée de 50 % par l'ouverture de gravières (BRGM 1982, in IEA 1995). Une protection des sites a d'ailleurs été mise en place.

■ Modifications des échanges avec le cours d'eau

Lorsqu'une gravière est installée dans un méandre à faible distance des berges, une partie de l'eau de la rivière passe par celle-ci à travers les berges et alluvions. Cet effet ne se fait plus sentir au delà de 100 m (travaux de Bangoy sur l'Orb). En deçà, les infiltrations entre nappe et cours d'eau augmentent de façon notable (jusqu'à 75 %).

Rappelons que l'abaissement du lit mineur, dont l'évolution peut se poursuivre avant de se stabiliser bien des années après la fin des extractions, se répercute encore directement sur le niveau du toit de la nappe.

Il modifie ensuite le sens et l'importance des échanges nappe-rivière. L'importance de ce phénomène dépend de la configuration de la gravière et des caractéristiques de la nappe.

Les terrasses basses formées des alluvions les plus récentes sont les sites d'extraction les plus intéressants parce que la proportion d'argiles y est plus faible. C'est aussi là que l'aquifère présente les réserves les plus intéressantes pour l'eau potable (porosité et perméabilité fortes). Les gravières entraînent des variations du volume des réserves des eaux souterraines et des modifications de leur niveau et de leur sens d'écoulement, en particulier lorsque les gravières se succèdent dans la vallée.

⁴ Le colmatage est le phénomène par lequel les sédiments fins obturent les interstices des matériaux ou les fissures des roches constituant le lit du cours d'eau ou le fond des plans d'eau, diminuant considérablement sa perméabilité. C'est le résultat de l'évolution naturelle d'une gravière sous l'effet de phénomènes mécaniques, chimiques et biologiques. Il est principalement localisé aux berges aval et au fond de la gravière. Cette caractéristique, qui est fonction de l'âge de la gravière, protège la nappe de la pollution mais modifie l'intensité et le sens des échanges nappe-rivière et diminue l'effet favorable sur les crues et la réalimentation de la nappe.

EFFETS DE L'EXTRACTION DES GRANULATS



Impacts hydrogéologiques des extractions

Le remplacement des graviers formant la matrice de l'aquifère par l'eau de la nappe induit un phénomène d'appel semblable à celui créé par un pompage, phénomène dont l'ampleur varie avec la vitesse d'extraction et la vitesse d'écoulement de la nappe. Il semble cependant que cet effet soit faible et temporaire (lié à la phase d'extraction).

Les formes et les dimensions des excavations, leur orientation par rapport à l'écoulement de la nappe influencent l'hydrodynamique du système. Une gravière allongée, dans le sens de l'écoulement de la nappe, aura un impact piézométrique fort, contrairement à une gravière de même forme mais perpendiculaire au sens de la nappe. Une succession de plans d'eau de dimensions moyennes orientés dans le sens de la nappe aura un effet de basculement assez proche de celui d'un seul plan d'eau de longueur équivalente si les gravières ne sont pas colmatées. Dans le cas contraire, la succession de plans d'eau moyens aura un impact plus faible qu'une grande gravière d'un seul tenant. Dans le cas des gravières en communication avec le cours d'eau, et allongées parallèlement, la position de l'ouverture joue un rôle important : à l'aval, elle provoque un drainage de la nappe ; à l'amont, une alimentation de la nappe.

Les gravières peuvent jouer un rôle favorable dans la réalimentation de la nappe : quand elles ne sont pas colmatées, elles constituent des zones d'infiltration préférentielle des eaux de crue. Si elles sont colmatées, elles forment a contrario un obstacle à l'infiltration. Ces remarques sont valables pour les éventuels polluants véhiculés par les eaux de crue.

Les abaissements de nappe provoquent des modifications écologiques dont l'ampleur est fonction de la hauteur en jeu : on a constaté des évolutions de sols par assèchement, détérioration liée au tassement de terrain, mortalité des boisements. Les gravières contribuent aussi, par effet de drainage, à la disparition des prairies humides et boisements alluviaux naturels qui jouent un rôle tampon essentiel dans la régulation des crues, les zones humides artificielles les remplaçant n'ayant pas la même fonctionnalité. A contrario, les remontées de nappe induisent l'hydromorphie des sols.

Si les effets locaux sont souvent négligeables, c'est encore le cumul des effets à l'échelle de la vallée qui peut être négatif.

3.3 EFFETS SUR LA CHIMIE DE L'EAU SOUTERRAINE

Dans sa traversée de la gravière, les caractéristiques de l'eau de l'aquifère évoluent.

■ Evolution "naturelle" de l'eau

La mise en contact de l'eau souterraine avec l'air provoque des modifications de ses caractéristiques physico-chimiques. En général, la minéralisation, les phosphates, le calcium diminuent, alors que le fer, le manganèse, les sulfates, le magnésium, les germes-test de contamination fécale augmentent. Le développement de la flore et de la faune dans le nouveau plan d'eau contribue à la production de matières organiques, d'oxygène, parfois d'ammoniaque. Un effet thermique est possible par cumul lorsque de nombreuses gravières se succèdent. Mais des mesures montrent que les réactions chimiques ne se font pas toujours dans le sens prévu (Sinoquet, in IEA, 1995).

■ Dénitrification

Les gravières peuvent participer à la dénitrification de l'eau (transformation des nitrates en azote). Cela est notamment le cas dans la vallée de la Garonne, en aval de Toulouse, mais aussi dans la vallée de la Seine, au niveau de la Bassée, où il a été montré que les gravières en eau retiennent 30 à 85% de l'azote. Les bactéries dénitrifiantes qui se développent dans la zone des sédiments dépourvue d'oxygène convertissent en effet les nitrates en nitrites, puis en oxyde d'azote ou en azote. De plus, les algues utilisent l'azote de l'eau pour leur croissance. Enfin, les nitrates peuvent être réduits en ammoniaque si l'oxygénation de l'eau est insuffisante.

Cependant, cette dénitrification n'apparaît que dans certaines conditions (épaisseur d'eau suffisante), doit être

mise en regard de celle due à la flore du milieu naturel initial (marais, boisements, prairies humides...) si la gravière a remplacé un tel milieu, et n'a qu'un effet localisé, le rayon d'influence d'une gravière étant limité.

Des observations faites en Allemagne (Banoub in IEA, 1995) indiquent que la chimie de l'eau de la nappe n'est pas influencée sur un rayon de plus de 250 m autour des gravières.

■ Eutrophisation

L'eutrophisation désigne les proliférations végétales anarchiques dues à un excès de substances fertilisantes (azote, phosphore...).

En règle générale, les gravières en eau sont moins sensibles à ce problème, les nappes alimentant les gravières étant mieux protégées contre les pollutions que les cours d'eau. Toutefois dans les secteurs où l'activité agricole est très développée, l'apport important d'engrais sous forme de nitrates et phosphates peut entraîner une eutrophisation rendant l'eau impropre à la consommation.

■ Risques de pollution

Si la gravière communique avec la nappe, celle-ci risque d'être polluée par les extractions du fait de la remise en suspension des particules fines (turbidité) et de rejets accidentels d'huiles et d'hydrocarbures par les engins. Une étude de 22 gravières de la vallée de l'Eure (Desprez, La Querrière in IEA, 1995) a montré la présence de "substances extractibles au chloroforme⁵" dans 7 d'entre elles.

Pour certaines substances polluantes liées à des pollutions accidentelles (c'est à dire non liées à l'activité normale de l'industrie extractive), la mise à nu de la nappe la rend donc plus sensible à ces pollutions.

Rappelons que le remblaiement de la gravière avec des matériaux d'origines diverses peut aussi nuire à la qualité des eaux.

⁵ Elles mesurent les micropolluants organiques.



Cultures de maïs à proximité de la gravière : risques accentués d'eutrophisation et de pollution de la nappe.

Rehse (1977) confirme en partie le fait que la mise à nu des nappes les rendent plus sensibles aux pollutions accidentelles. En effet dans la zone non saturée, où le cheminement des eaux est relativement lent, les substances biodégradables comme les arsénites, les chromates ont le temps de se dégrader. Si, par contre, elles atteignent directement la nappe, elles y migrent plus rapidement.

Pour les métaux (Pb, Cd, Hg, Ni...), la mise à nu ne devrait pas avoir d'incidence, leur fixation dans la matrice de l'aquifère étant en principe extrêmement rapide, hormis les complexes sous forme organiques.



Les remblais et digues devraient toujours être construits avec des matériaux d'excellente qualité, présentant une bonne cohésion, et dénués de risque de pollution.



3.4 EFFETS SUR LES HABITATS NATURELS DE LA FAUNE ET DE LA FLORE

Les gravières, comme d'autres activités (agriculture, infrastructures, ...), entrent en concurrence avec les milieux naturels alluviaux, dont on a vu la richesse et l'intérêt pour le fonctionnement du cours d'eau.

■ Effets directs par destruction des milieux naturels

Les milieux en place dans la vallée alluviale sont variés, parce qu'ils résultent de la dynamique fluviale. Ils offrent de nombreux habitats à la flore et à la faune et ils ont un rôle de filtres des polluants vers la nappe et le cours d'eau très important. Les extractions en lit majeur qui les font disparaître ou les fragmentent ne leur permettent plus d'assurer leur rôle. On estime par exemple qu'une largeur de ripisylve de quelques dizaines de mètres est nécessaire pour une fixation efficace de l'azote (Boyer, 1998).

Rappelons que dans le lit mineur, la disparition des fonds naturels du cours d'eau s'est accompagnée de celle de ses habitats. Les affleurements du substratum rocheux, qui restent inhospitaliers pour la flore et la faune benthiques, réduisent de plus le potentiel d'autoépuration du milieu.

La disparition des grèves et hauts-fonds induit celle des algues et invertébrés qui s'y développent, celle des poissons qui s'en nourrissent et celle des oiseaux qui s'y reposent et s'y alimentent.

■ Effets indirects par évolution des milieux

L'activité d'extraction de granulats peut aussi avoir des effets négatifs sur des sites non transformés en gravières. Les modifications de la dynamique naturelle du cours d'eau suffisent à remettre en cause l'existence des milieux naturels de la vallée.

La proximité des gravières et du lit conduit à protéger les berges, ce qui entraîne la disparition de la faune qui les habite. Les remaniements des berges du cours d'eau

sont par ailleurs favorables aux espèces envahissantes comme la renouée du Japon.

L'utilisation des techniques végétales est une solution à ces problèmes mais ne permet pas de traiter les effets négatifs de la perte de mobilité du lit.

La diminution (et a fortiori la disparition) de la divagation du cours d'eau empêche le renouvellement des milieux par érosion et/ou apports latéraux en eau. L'endiguement conduit à une concentration du débit dans un chenal préférentiel et, par voie de conséquence, à une moindre alimentation des bras secondaires, habitats préférentiels de certaines espèces des eaux calmes. L'abandon progressif des bras secondaires constitue un facteur défavorable à la flore et à la faune du cours d'eau : alevins, plancton, plantes aquatiques et amphibiens... Le colmatage (par les limons) des terrasses qui ne sont plus érodées renforce la déconnexion de ces milieux.

La modification des habitats induit celle des communautés : le cas du brochet, qui se reproduit sur les prairies inondées, est particulièrement significatif de ces liaisons, et relativement simple à expliquer : si les inondations sont reportées en aval du fait d'un endiguement, le brochet régresse puis disparaît. Mais ces phénomènes concernent aussi la flore.

Les vallées alluviales sont de gigantesques systèmes vivants, complexes, riches d'interactions entre toutes leurs composantes, évoluant dans le temps. Les activités anthropiques, dont l'extraction de matériaux, réduisent ou détruisent leurs richesses et fonctionnalités premières.

3.5 INTÉRÊT PATRIMONIAL DES GRAVIÈRES ALLUVIONNAIRES

L'intérêt patrimonial d'une gravière alluvionnaire peut être très variable selon les cas :

- lorsque l'extraction fait disparaître des milieux aquatiques et riverains remarquables (prairies humides, annexes fluviales, milieux pionniers constamment remaniés de cours d'eau à lit mobile, ...), l'intérêt biologique de la gravière s'avère différent et par ailleurs bien moindre que celui du milieu originel ;
- lorsque la gravière est implantée sur un site initialement de faible intérêt écologique (par exemple peupleraies, champ de maïs, cours d'eau canalisé, ...), elle peut présenter un bénéfice pour les milieux aquatiques, par exemple lorsqu'elle joue le rôle de bras mort. Cependant son intérêt est caractérisé par la présence de milieux pionniers dont la pérennité est assujettie à une gestion et un entretien permanent du site ;

Dans le premier cas, une gravière, même remise en état, ne peut être considérée comme une " parenthèse " dans l'histoire du site où elle est implantée car :

- les durées d'extraction sont très longues pour des raisons économiques (10 à 30 ans parfois renouvelés) ;
- les milieux en place, riches et fonctionnels (filtres vers la nappe et le cours d'eau), prairies alluviales en particulier, ne sont jamais remplacés par des milieux du même type ;
- les plans d'eau d'intérêt analogue aux milieux d'origine sont très rares ;



Plan d'eau de faible intérêt biologique.

- le temps de cicatrisation est très long (cela tient au phénomène des successions écologiques qui s'étendent sur plusieurs dizaines d'années, voire de siècles) ;
- l'évolution du site est irréversible à notre échelle de temps.

L'état du site est très difficilement réversible comparé à d'autres usages du sol.

La réglementation impose aux exploitants de remettre en état les sites exploités en tenant compte des caractéristiques du milieu initial (une garantie financière couvre d'ailleurs, en cas de défaillance de leur part, le coût des travaux prévus). Et ils restent par ailleurs responsables des éventuels désordres hydrauliques du site, même si la commune gère ensuite le plan d'eau. Mais force est de constater que les remises en état des carrières donnent lieu à des réalisations assez peu variées dans le cas des gravières en alluvions, qui sont généralement transformées en plans d'eau dont l'usage et la gestion sont alors laissés au choix de la collectivité (activités nautiques, réserve d'eau, site naturel).

La Loire dans la plaine du Forez, sur 50km de fleuve, comprend plus d'une centaine de gravières, anciennes ou en cours. Elles représentent environ 5000 hectares de plans d'eau alors qu'il existe déjà plusieurs centaines d'étangs dans cette même plaine. A l'exception de l'Écopole du Forez (150 hectares), leur intérêt hydro-biologique est limité (aquascop-sogréah, 1995).



Gravière réaménagée d'un fort intérêt écologique (Écopole du Forez)

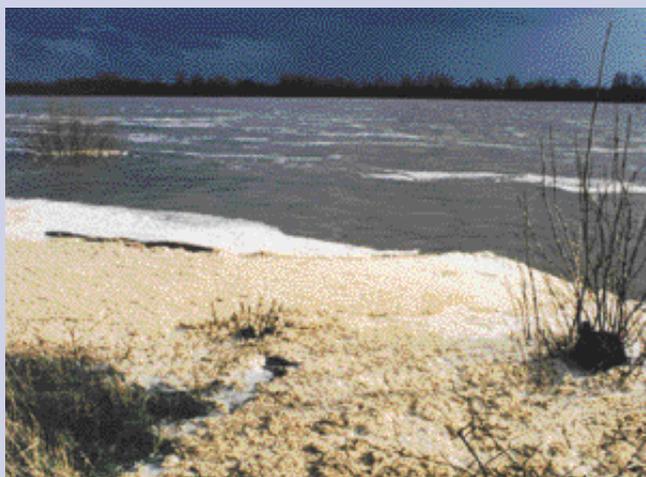
EFFETS DE L'EXTRACTION DES GRANULATS



Un inventaire des carrières de granulats en eau appartenant à des zones d'intérêt écologique a été dressé par le Muséum National d'Histoire Naturelle en 1995. D'après les données utilisées, il met en évidence que les carrières (sables, graviers, calcaires, roches éruptives) seraient présentes dans 1 % des ZNIEFF de type 1, ce qui ne préjuge d'ailleurs pas d'un intérêt écologique identifié. Toujours d'après les fichiers traités, quelques anciennes carrières présentent un intérêt pour une ou quelques espèces particulières de la flore ou de la faune ; une vingtaine sur l'ensemble de la France appartient à des espaces protégés (sur plus de 600 espaces de ce type).

Par ailleurs, des expertises écologiques conduites sur 17 sites de gravières en eau, connus pour leurs potentialités écologiques (Ecosphère, 2000), ont mis en évidence les éléments suivants :

- trois types de biotopes, considérés comme remarquables, sont présents dans plus de la moitié des sites. Il s'agit :
 - des milieux pionniers (berges, vasières, ...) peu profonds à exondation annuelle, situés dans la frange de battance de la nappe. Leur intérêt est surtout d'abriter des espèces végétales rares et/ou protégées et quelques espèces d'oiseaux nicheurs remarquables (Sarcelle d'été, Vanneau huppé, Gravelots). Cependant, ces milieux de petite taille et, sauf sur des sites régulièrement rajeunis par des inondations, sont voués à être envahis par des herbes hautes et des saules ;
 - des roselières, formations végétales denses dominées par de hautes herbes vivaces (phragmites ou massettes) et inondées en permanence ou en grande partie de l'année ; leur intérêt est multiple avec cependant une prépondérance pour les oiseaux nicheurs (Blongios nains, petit héron, Râle d'eau, Rousserolle turdoïde, Lusciniole à moustaches, ...) ;
 - des boisements humides dont l'intérêt est surtout ornithologique.
- la diversité biologique, évaluée par cumul des observations sur ces sites, est établie par la présence de 17% de la flore française, de plantes protégées au niveau national ou régional, de 47% des oiseaux nicheurs et de 90% des hivernants et migrateurs, ainsi que d'amphibiens et reptiles cités dans la Directive européenne "habitats".



Un fleuve en crue régénère sa vallée ; au premier plan, l'écume créée par le vent.

Ainsi, cette étude qui porte sur 17 sites ayant déjà un intérêt écologique (sur environ 1 500 carrières alluvionnaires existantes en France) et qui avait pour objectif d'évaluer la nature et l'importance de cet intérêt montre que celui-ci peut s'approcher de celui des zones humides caractéristiques des milieux pionniers.

Les gravières ayant un intérêt écologique constituent alors un type de zone humide particulier qui ne peut remplacer ni atteindre l'intérêt écologique d'autres types de milieux tels que les prairies humides.

Il convient en outre de relever que contrairement aux milieux pionniers naturels régulièrement renouvelés par le fonctionnement dynamique des cours d'eau, le maintien de l'intérêt écologique d'une gravière n'est pas pérenne et peut de ce fait nécessiter un entretien à long terme qui peut s'avérer coûteux.

Références : MNHN (1995), Écosphère (2000).

3.6 EFFETS LES PLUS PRÉJUDICIALES AUX MILIEUX

Il y a peu d'intérêt à rechercher les effets les plus fréquents des gravières sur les milieux aquatiques. Il existe en effet une très grande diversité de situation d'implantation des gravières qui détermine l'importance des effets précédemment décrits. Ceux-ci dépendent en effet de la dynamique de la rivière, de la morphologie et de l'orientation de la gravière, du niveau de connexion de la gravière au cours d'eau, etc.

Par conséquent, le choix des effets mis en exergue ci-après repose sur les situations qui s'opposent le plus nettement à la politique de restauration et de préservation des milieux aquatiques.

■ La limitation de l'espace de mobilité des cours d'eau

Dans la vallée d'un cours d'eau à lit mobile, la présence d'une gravière située dans l'espace de mobilité de cours d'eau prive ce dernier des sédiments nécessaires à son fonctionnement morphodynamique. La capture de la gravière par le cours d'eau peut être très dommageable (enfouissement du lit et de la nappe d'accompagnement des cours d'eau, déchaussement d'ouvrages, diminution du débit d'exportation des captages d'eau, ...).

■ La création d'axes d'écoulement préférentiel

Dans une vallée à lit mobile ou non, une succession de gravières dans un axe longitudinal de la vallée peut constituer un axe préférentiel d'écoulement lors des crues. La coupure du méandre de la rivière présente alors les mêmes risques de déstabilisation de la morphologie du cours d'eau que ceux décrits ci-dessus.

■ La disparition de milieux humides naturels d'une grande richesse

Une gravière constitue un plan d'eau qui, dans certains contextes, peut présenter une certaine diversité biologique. Cependant celle-ci, même si la gravière est réaménagée, restera toujours inférieure à la richesse bio-

logique et fonctionnelles de zones humides naturelles comme les prairies humides par exemple.

Hors la moitié des zones humides françaises a disparu en 30 ans, en raison des pratiques agricoles intensives, des infrastructures, La préservation de ce qu'il en reste est un enjeu patrimonial majeur. L'implantation de gravières dans de tels milieux va à l'encontre de cette politique, notamment du fait de leur caractère irréversible.

■ Le cumul des effets à l'échelle de la vallée

Une des difficultés majeures de la quantification de l'impact de l'extraction des granulats est l'imbrication des échelles d'espace et de temps qui régissent le fonctionnement des systèmes fluviaux. C'est pour cela qu'elle doit être effectuée sur l'ensemble d'une vallée, en observant le cumul des effets de l'ensemble des sites modifiés. Apprécier l'impact d'une gravière sur le plan local est certes indispensable pour des raisons de protection de l'espace et des biens, mais est insuffisant.

Un fleuve dans sa plaine alluviale, c'est un réseau complexe de milieux aquatiques et terrestres, superficiels et souterrains, ce sont des échanges incessants entre ces ensembles qui dépendent les uns des autres : les bras secondaires abritent des réserves d'organismes, les bras morts sont des refuges pour les poissons. Les crues débarrassent le lit des sédiments fins, régénèrent les sites vieillissants, rechargent la nappe. Chacun joue son rôle et l'ensemble fonctionne.

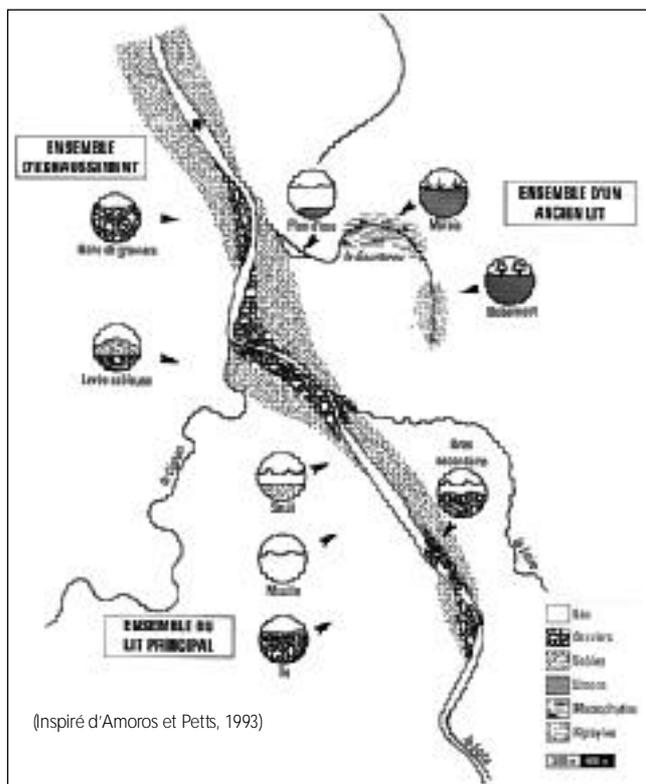
Le cours d'eau a besoin d'espace dans sa vallée alluviale. Les crues se chargent de maintenir la diversité des paysages. La plaine alluviale évolue avec la progression de la végétation, mais ne perd pas ses multiples visages pour autant que de nouveaux bras, îles ou grèves auront été créés, de nouveaux méandres recoupés. L'écosystème garde sa complexité (Coulet, 1990).

C'est pour cela qu'il faut préserver des processus plutôt que des sites.

EFFETS DE L'EXTRACTION DES GRANULATS



Une vallée alluviale...
[© IGN]



...une mosaïque qui a besoin d'espace.



Des paysages variés en constante évolution.





LES ASPECTS SOCIO-ÉCOLOGIQUES DE L'EXTRACTION DES GRANULATS

4.1 DONNÉES MACRO-ÉCONOMIQUES

Les granulats constituent des ressources non renouvelables, dont les gisements laissent prévoir des durées d'exploitation future très variables selon les régions, certaines prévoyant à brève échéance une relative pénurie.

■ La production de granulats en France : 5,8 tonnes par habitant et par an

L'essentiel de la production de granulats est composé de trois types de matériaux : les granulats alluvionnaires d'une part, et deux types de granulats issus de roches massives, calcaires et éruptifs. L'essor du secteur des granulats date des années 50-60, période de reconstruction d'après-guerre.

La croissance de la production a été très importante jusqu'aux années 70 (de 20 Mt dans les années 50 à près de 300 Mt en 1970). Elle est beaucoup plus modérée depuis, pour atteindre 346 Mt en 1997 (soit 5,8 tonnes par habitant et par an) avec cependant de fortes fluctuations d'une année à l'autre (par exemple, 295 Mt en 1984, 399 Mt en 1991).

La part des granulats alluvionnaires⁶ n'a cessé de diminuer dans le total des granulats produits entre 1970 et 1998. Elle est passée de 58 à 41 % de la production totale de granulats à l'échelle nationale. Cependant, la production de granulats alluvionnaires reste stable en volume depuis le début des années 1970 (voir graphique page 5). En 1998, la production de granulats alluvionnaires atteint 147 Mt. Cette situation globale à l'échelle nationale masque cependant une diversité régionale en grande partie liée aux conditions géologiques et à la connaissance géologique disponible.

Par ailleurs, on constate (Arquié et Tourenq, 1990) que dans certaines de ces régions alluviales (Ile-de-France, Alsace et Picardie),

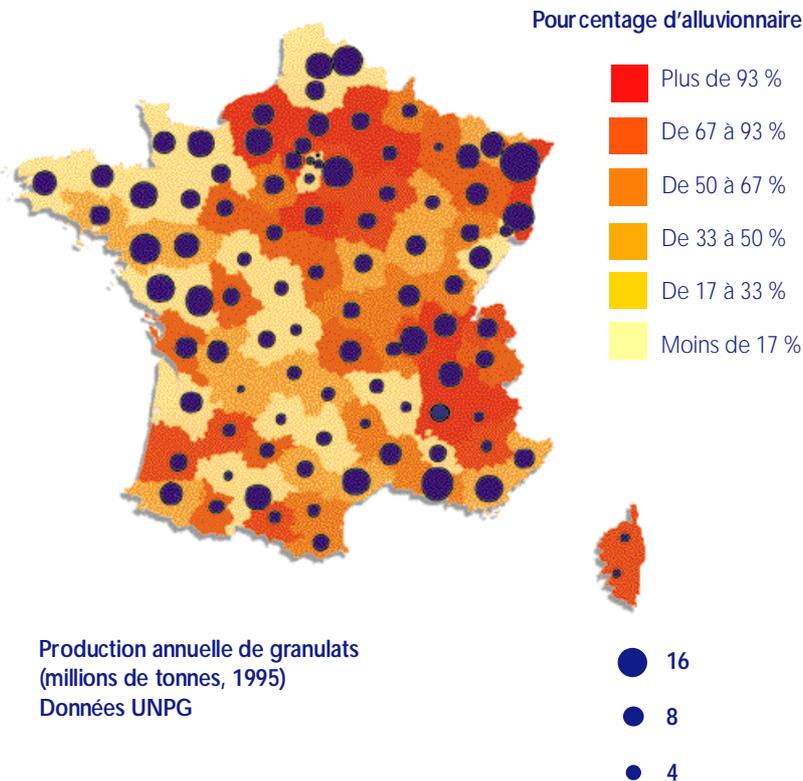
la diminution de la part d'alluvionnaires au profit des concassés durant les années 80 a été faible. A l'inverse, les régions où la part de granulats concassés était déjà significative (au moins un tiers) connaissent un mouvement de "substitution" plus net.

■ La consommation de granulats

Les granulats alluvionnaires sont très appréciés pour la fabrication de bétons hydrauliques (voir notamment Asca, 1997). Il serait souhaitable de les réserver à ce type d'usage et d'éviter leur emploi là où des matériaux concassés sont tout aussi adaptés (remblais routiers par exemple).

La consommation de granulats est essentiellement concentrée à proximité des grandes agglomérations. Ainsi, la forte proportion de matériaux alluvionnaires s'explique historiquement par la position géographique (le long des fleuves) des principales villes : Paris, Rouen, Nancy, Strasbourg, Lyon, Toulouse, Bordeaux, Orléans, Nantes... Par ailleurs, la gran-

Répartition départementale de la production de granulats



⁶ 70 à 80 % proviennent de zones inondables.

⁷ Pour 1 m³ de béton, il faut environ 1250 kg de gravillons et 850 kg de sables.

de qualité "technologique" du granulat alluvionnaire et sa constance dans le temps et l'espace (les gisements alluvionnaires sont en effet de nature homogène), bien plus que ses coûts de production, en font un produit privilégié.

Aux dires de la profession, les sites de production alimentent des pôles de consommation situés dans un rayon moyen de 40 à 50 km, de sorte que les flux se raisonnent essentiellement à une échelle départementale (voire sur quelques départements). Notons que la région Ile-de-France est largement déficitaire de sorte que l'importation s'établit à partir d'autres régions (Haute-Normandie, Picardie, Bourgogne, Centre, Champagne-Ardennes).

Enfin, concernant les possibilités de substitution entre types de matériaux, il semblerait que pour la fabrication de béton, le remplacement de sables roulés alluvionnaires⁷ (40 % de la quantité de matériaux intégrés dans le béton) par du sable concassé (matériaux de roches massives) est possible, mais implique des équipements particuliers, pour réduire l'angularité des grains notamment (Ecodécision, 1995). Quant au sable utilisé pour le maraichage, la substitution ne peut se faire qu'avec d'autres sables roulés (sables marins, du Pliocène). Pour les autres usages des granulats alluvionnaires (voirie notamment), il n'existe aucune contrainte technique particulière à la substitution de sables roulés alluvionnaires par des matériaux concassés.

4.2 LES ENJEUX SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'EXTRACTION DES GRANULATS

La maîtrise des effets de l'extraction suppose des mesures réglementaires et impliquent des coûts de réaménagement écologique et de substitution. Elle entraîne, par ailleurs, un transfert des ressources financières associées.

■ Le cadre réglementaire

Compte tenu des effets de l'extraction des granulats alluvionnaires sur le fonctionnement des vallées alluviales, des mesures réglementaires et de préconisations encadrent les modalités de cette activité. Ainsi, la loi du 4 janvier 1993 (n°93-3) relative aux carrières (dite loi Saumade) marque-t-elle

l'entrée de toutes les carrières dans la législation des installations classées. Le décret du 11 juillet 1994 (n°94-603) et la circulaire d'application du 11 janvier 1995 définissent le contenu et les procédures d'élaboration des schémas départementaux des carrières (SDC) qui fixent des orientations en matières de mode d'approvisionnement de matériaux et doivent être articulés (au sens de compatibilité et non de mise en conformité) avec d'autres instruments de planification tels que les SDAGE et SAGE. L'arrêté ministériel du 22 septembre 1994 interdit les carrières en lit mineur des cours d'eau, le rabattement de nappe par les extractions en lit majeur, fixe des normes de rejet pour les eaux de lavage et incite à la prise en compte des caractéristiques essentielles du milieu pour la remise en état du site.

Outre cette réglementation, les SDAGE affichent un certain nombre de préconisations spécifiques à l'extraction de granulats qui, de façon globale, encouragent la limitation de l'extraction en lit majeur en préconisant le recours aux matériaux de substitution, et même interdisent l'activité sur certaines zones du lit majeur. L'interdiction d'extraction s'applique aux espaces naturels protégés réglementairement (réserves naturelles, arrêtés préfectoraux de protection de biotope notamment). Elle peut, dans certains bassins, concerner également les espaces naturels sensibles, la zone de divagation, les lits majeurs endigués ou les zones de vallées ayant subi une très forte exploitation. Dans d'autres bassins, les autorisations peuvent être possibles dans le lit majeur à condition que les espaces soient préservés ou restaurés dans leurs caractéristiques biologiques, physiques et dans leur fonctionnement et que, durant la durée de l'exploitation, un réseau de surveillance de la qualité des eaux comme du niveau de la nappe influencée par la gravière soit mis en place et les résultats communiqués aux services de la Police des eaux.

Ces préconisations visent à maintenir un certain nombre de services rendus à la collectivité par les zones alluviales lorsque leur fonctionnement n'est pas perturbé. Mais par les modifications de pratiques qu'elles entraînent (substitution et réaménagement écologique notamment), elles impliquent des coûts et représentent des enjeux économiques pour les acteurs concernés.

Le "réaménagement écologique" des sites d'extraction de granulats alluvionnaires est à la charge du carrier

Afin de restaurer la fonctionnalité des milieux atteints par l'extraction de granulats ou de profiter de cette activité pour reconstituer des milieux humides, des réaménagements de gravières à caractère "écologique" peuvent être entrepris. Ils ont un coût.

Les exemples de coûts présentés ci-après ne tiennent pas compte des coûts de reconstitution des conditions stationnelles (substrat, niveau hydrique) très difficiles à chiffrer en raison de la multiplicité des situations. Ils comprennent en revanche les coûts de préparation du sol avant semis et les plantations avec ou sans mesures de protection contre les rongeurs.

Coût de reconstitution de boisements et bosquets frais à humides avec mélange d'espèces (de type chênaie-frênaie, aulnaie-frênaie) incluant une préparation du sol, une plantation de jeunes plants avec protection : environ 45 000 F/ha.

Coût de reconstitution d'une saulaie (préparation du sol et plantation de plançons sans protection) : environ 30 000 F/ha.

Coût de reconstitution de formations hélophytiques de type phragmitaie, scirpaie, jonçaie, cariçaie, végétation de grève alluviale (d'une végétalisation d'amorce à semis peu dense à un semis assez dense) : de 120 à 400 000 F/ha.

Coût de reconstitution d'une prairie humide (préparation du sol, semis soit d'un fond graminéen "classique" soit d'un cortège floristique plus élaboré) : de 7 à 20 000 F/ha.

Coût de reconstitution d'herbiers aquatiques : environ 500 F/ha de plan d'eau.

Coût d'un faucardage de roseaux ; de l'ordre de 2 500 F/ha/an.

Référence : Ecosphère, com. pers.



Un tel site ne présente aucun intérêt touristique ; il faut le remettre en état puis l'entretenir.

■ Les coûts de substitution

La substitution consiste à remplacer les granulats alluvionnaires par d'autres matériaux : sables marins du pliocène (sables roulés) ou matériaux concassés issus de roches massives. Elle entraîne une évolution de la profession.

Répetons-le, la substitution sera encouragée au mieux par le remplacement d'utilisation des matériaux dits "nobles" (en particulier granulats alluvionnaires) au profit des matériaux concassés. Lorsque ces derniers sont disponibles, à des coûts comparables, leur utilisation préférentielle peut rapidement conduire à une réduction notable des prélèvements alluvionnaires.

Un tel changement implique plusieurs contraintes pour les entreprises d'extraction de granulats alluvionnaires de vallées alluviales.

• Une modification de savoir -faire

Le changement de matériaux extraits entraîne des modifications de pratique nécessitant, outre des matériels différents, une formation du personnel à leur mode d'utilisation.

• Des coûts de production (fonctionnement et investissement) supérieurs

La substitution de sable de lit mineur par du sable marin peut entraîner des surcoûts d'investissement liés à l'acquisition de dragues et de matériel de déchargement et de fonc-

LES ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'EXTRACTION DES GRANULATS



tionnement en raison de taxes et de redevances diverses (frais de pilotage, taxes portuaires, droit de forage).

A capacité de production égale, le prix de revient de l'extraction en roche massive est plus élevé qu'en gravière, du fait notamment de la nécessité d'équipements supplémentaires (de concassage pour produire plus de sable, de correcteur de forme pour réduire les angles) et de l'emploi de personnel plus important.

Cependant il semble difficile de conclure pour l'ensemble des carrières dans la mesure où la substitution peut entraîner le remplacement de petites carrières alluvionnaires par des carrières en roches massives de capacité plus importante qui pourraient avoir un prix de revient moyen plus faible.

• Des coûts de transport routier accrus

Les zones d'extraction de roches massives étant plus éloignées des centres de consommation que les carrières alluvionnaires, une augmentation du coût de transport est prévisible et d'autant plus importante dans les régions les moins riches en matériau de substitution de qualité. Cependant ces considérations ne concernent que le transport routier. Une étude de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisation de la région Ile de France en 1992 sur les vallées de la Seine, de l'Oise, de la Marne et de l'Yonne conclut que le transport par voie d'eau se justifie pleinement pour les moyennes et longues distances (Narcy, 1995).

• Des surcoûts pour les utilisateurs

Pour les fabricants de béton, la substitution nécessite l'achat de sables concassés en remplacement de sable alluvionnaire (850 kg pour 1 m³ de béton), ce qui entraîne un coût d'achat plus élevé en raison de l'accroissement du prix de départ et des distances à parcourir. Par ailleurs, les fabricants doivent également modifier leur matériel avec des coûts de production probablement majorés. Outre les bétonniers, les maraîchers ont besoin de sable roulé (l'utilisation de sable concassé trop anguleux entraînant des dommages aux plantes).

Des exemples de surcoûts de production et d'utilisation de matériaux de substitution

- Une entreprise du bassin Loire-Bretagne a investi dans un matériel "correcteur de forme" qui diminue l'angularité des granulats concassés pour une utilisation sous forme de béton ce qui l'a conduit à avoir des prix de vente départ carrière de 58 F/t soit le double d'un sable alluvionnaire au début des années 1990.
- En région Bretagne, dans un contexte où la quasi-totalité des transports se fait par route avec des camions de 26 t de charge utile environ, le prix de revient du transport d'une tonne, avec retour à vide est défini par l'équation : $(8 F + 0,45 F/km)$ soit pour un prix de départ de 35 F/t, un prix rendu de 70 F/t pour 60 km.
- Une étude a estimé qu'un surcoût de 30 F/t en prix d'achat départ carrière (différence entre du sable concassé et du sable de rivière) entraînerait une augmentation de 6 % du prix du béton prêt à l'emploi (environ 25 F/m³, pour un prix du béton prêt à l'emploi de l'ordre de 400 F/m³) et de 1,5 % environ pour du béton en place dans un bâtiment ou un ouvrage d'art dont le prix est d'environ 2 000 F/m³.
- La substitution des sables de Loire par des sables marins a entraîné, pour les maraîchers, un surcoût estimé à 14 F/t de légumes, soit au total 0,3 % environ de leur chiffre d'affaires.

Références : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées 1988 (cité par Ecodécision), Ecodécision, 1995.



Abandonnée, cette ancienne gravière se couvre de lentilles d'eau et reçoit des ordures.

■ Les ressources financières associées à l'extraction des granulats

Les propriétaires fonciers tirent un bénéfice de l'extraction de granulats sur leur territoire. Ils reçoivent le montant de la vente, dans le cas d'une cession définitive, ou un droit de forage, fonction du volume de matériau exploitable. En revanche, la taxe professionnelle n'est versée aux communes que par les établissements situés sur leur territoire. **Lorsque l'extraction est le fait d'un établissement dont le siège est ailleurs, la commune ne retire pas ce type de ressource de l'extraction. Par ailleurs, il lui incombe l'entretien d'une partie de la voirie, dépense susceptible d'être alourdie par l'utilisation de son réseau pour le transport des granulats extraits.**

La substitution de granulats de roches massives aux granulats alluvionnaires a ainsi pour conséquence de transférer les bénéfices retirés de l'extraction de granulats des acteurs de vallées alluviales vers d'autres acteurs situés dans les régions riches en roches massives. On peut penser par ailleurs que le revenu à l'hectare (fonction du volume du matériau présent) serait plus élevé compte tenu de la productivité plus importante en roches massives (quantité extraite/ha).

Les droits de forage seraient de l'ordre de 4 à 5F/t (Narcy, 1997). Si l'on considère un terrain d'un hectare avec une épaisseur moyenne de 4m de granulats alluvionnaires, 10 m de matériaux de substitution et un ratio de $1 \text{ m}^3=2 \text{ t}$ (Ecodécision, 1995) on peut estimer qu'un hectare de roches massives procure un droit de forage compris entre 800 000 et 1 million de F/ha contre 160 000 à 200 000 F/ha pour des granulats alluvionnaires.

Enfin, si les collectivités peuvent parfois valoriser sur le plan touristique quelques étendues d'eau issues de l'extraction de granulats alluvionnaires (baignade, pêche par exemple), elles doivent également consentir des dépenses pour en assurer un entretien régulier compte tenu de l'évolution naturelle vers le colmatage, la rentabilité de ces aménagements dépendant d'une fréquentation touristique payante suffisante pour compenser les frais de fonctionnement (entretien du plan d'eau, accueil, services,...).

Ainsi, le vieillissement des plans d'eau induit-il souvent des proliférations d'algues et de plantes qui les rendent moins attractifs. Sur les cours d'eau à lit mobile, les problèmes d'érosion des berges peuvent fragiliser les équipements (Hydratec, 1998). Les coûts d'entretien peuvent alors rendre l'exploitation des bases de loisirs difficile.

4.3 QU'Y A-T-IL À GAGNER À PRÉSERVER LES VALLÉES ALLUVIALES ? DES SERVICES RENDUS AUX COLLECTIVITÉS

La maîtrise de l'extraction des granulats alluvionnaires contribue à préserver la dynamique naturelle des cours d'eau. Cela suppose certains surcoûts, mais contribue aussi à maintenir plusieurs services rendus par les vallées alluviales, non perturbées, génératrices de bénéfices pour la collectivité au travers des usages actuels ou potentiels qu'elles permettent. Ce paragraphe fournit des éléments chiffrés monétaires sur les services rendus par les milieux alluviaux à la collectivité. Il ne prétend pas, à chaque fois, que les impacts des gravières sont les seules menaces aux usages évoqués. Cependant, la satisfaction des dits usages repose sur le bon fonctionnement des vallées, que les gravières peuvent contribuer à dégrader.

■ Maintenir le rendement des captages d'eau potable

En raison des modifications d'écoulement associées à l'extraction de granulats, les sites de production d'eau potable peuvent devenir très fragiles du fait de la baisse potentielle des quantités d'eau de nappe disponibles. Ceci peut conduire les collectivités locales à utiliser d'autres ressources en eau, entraînant des investissements nouveaux (forage, tuyaux d'amenée, station de potabilisation) et des frais de fonctionnement supplémentaires (traitement).

Si les captages de la plaine de la Loire n'étaient plus fonctionnels, le surcoût pour le maintien des capacités d'eau potable de la ville de Tours serait de 10 MF/an environ. Ce coût tient compte de la nécessité de la mise en place

LES ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'EXTRACTION DES GRANULATS



d'une filière de traitement représentant un investissement total de 25-30 MF auquel il faut ajouter le coût d'exploitation de ce traitement supplémentaire, soit 7 MF/an (Ecodécision, 1995).

Un scénario de développement de l'extraction de granulats en Moselle sur des secteurs actuellement naturels et utilisés pour l'eau potable (hors zones protégées réglementairement) chiffre le coût de substitution de l'eau de nappe en provenance de captages fragilisés par l'extraction. La collectivité de 420 000 habitants serait conduite à modifier son approvisionnement (captages à déplacer ou à approfondir) ce qui entraînerait des investissements supplémentaires de l'ordre de 80 à 100 MF auxquels s'ajouteraient des frais de fonctionnement supplémentaires de 40 MF/an⁸ (DDAF Meurthe et Moselle, 1991).

■ Maintenir la capacité de stockage des champs d'inondation

Comme on l'a vu plus haut (chapitre 3 pages 14 et 15) les impacts des carrières sur le régime des crues sont particulièrement difficiles à appréhender et à estimer. Il n'en reste pas moins que lorsque les gravières se multiplient et leurs berges se renforcent (enrochements, ...), cela peut conduire à reporter le problème des inondations à l'aval.

L'ensemble des acteurs de l'aménagement du territoire et de l'environnement s'accorde à présent à reconnaître l'importance primordiale des champs d'expansion des crues et l'intérêt économique de leur préservation. Ainsi, rappelons qu'un mètre carré de terrain inondable "stocke" un mètre-cube d'eau lorsqu'il accueille une lame d'eau d'un mètre au cours d'une crue importante. Or, remplacer le "stockage" naturel par des barrages peut coûter entre 10 F (pour de très gros ouvrages) à plus de 30 F (pour des solutions difficiles ou sophistiquées) par mètre-cube d'eau stockée (exemples estimés pour la Seine amont). Cela signifie alors que dans ce cas de figure, chaque mètre carré de vallée alluviale "fonctionnelle" est susceptible de rendre un service équivalent à une dépense évitée de 10 à 30 F, ou 100 000 à 300 000 F par hectare (Asca, 1996).

■ Éviter d'avoir à soutenir les étiages

Les zones humides des vallées alluviales contribuant naturellement à régler les écoulements par soutien des étiages, les préserver revient notamment à éviter des coûts d'investissement par exemple pour la réalisation de barrages de soutien d'étiage. Asca (1996) avance que le maintien des zones humides de la moyenne vallée de l'Oise rend un service équivalent à celui d'un barrage de soutien des étiages de l'ordre de 120 à 230 MF.

■ Éviter les inconvénients de l'érosion des berges

Le fonctionnement non perturbé de la dynamique du cours d'eau contribue à une protection du lit contre l'érosion progressive et régressive. Ceci évite ainsi à la collectivité de réaliser des aménagements visant à réduire les risques d'érosion de type enrochement, épis, renforcement des piles de pont par exemple.

Ecodécision (1995) a ainsi estimé le coût de renforcement de piles de pont sur la Loire dans le cas d'un déchaussement engendré par l'extraction de granulats alluvionnaires, à 1,5 MF par pile.



Une zone fortement abaissée par suite des extractions en lits mineur et majeur, avec drainage de la nappe et déconnexion des milieux alluviaux.

⁸ Sur la base d'un surcoût de fonctionnement lié aux prélèvements en eau de surface par rapport à de l'eau de nappe de l'ordre de 6 à 10 MF/m³ (1990) et d'un volume nécessaire de 4 Mm³/an pour l'alimentation de 420 000 habitants.

Dans la vallée de la Moselle, des gravières abandonnées risquaient de capturer le cours d'eau ; il a donc fallu engager de lourds travaux de confortement des berges dont l'érosion menaçait un pipeline, et ce pour un montant de 2 à 3 MF par site. Ces dépenses peuvent être à la charge de la commune, lorsque l'exploitant lui a retrocédé le site.

■ Éviter un surcoût de traitement de l'eau potable

Les prairies et forêts alluviales permettent une épuration naturelle des eaux qui les traversent. Dans la vaste zone humide alluviale de Romilly, à l'amont de Nogent-sur-Seine, un tronçon de rive de la Seine d'environ 100 m de long et 80 m de large permet le stockage de 40 kg de phosphore sur trois mois de crues. Quelques mètres à quelques dizaines de mètres de formations boisées riveraines de cours d'eau peuvent suffire à piéger de 60 à plus de 95% de l'azote organique associé aux particules mises en suspension. Dans ce site, 45 % de la zone de la nappe présente des teneurs nulles en nitrates et 30 % des teneurs inférieures à 10 mg/l, alors que les teneurs sont supérieures à 50 mg/l sur les coteaux (Fustec, Frochet et coll., 1995).

Préserver les zones humides des impacts de l'extraction de granulats (destruction physique, modification du fonctionnement hydrologique) conduit donc à éviter des coûts d'épuration des eaux pour la potabilisation en filière de traitement supplémentaire.

On peut ainsi estimer, en extrapolant des données obtenues sur le Val de Saône (entre 30 et 72 MF/an pour le remplacement des services d'épuration de l'ensemble des zones humides en termes de dénitrification et épuration des pesticides), le coût relatif au "service épuration de l'eau" rendu par la zone humide de la Bassée. Ainsi, une suppression de la capacité d'épuration des 6 500 ha de zones humides nécessiterait-elle de traiter l'eau de la nappe de la Bassée (potentiel estimé à 500 000 m³/j) ce qui représenterait un coût d'investissement de 330 MF pour le traitement de l'azote, 275 MF pour les pesticides (amortissement annuel sur 30 ans de 21 MF) ainsi que les coûts de fonctionnement estimés à 70 MF/an ; soit un coût total annuel de 91 MF (Asca, 1996).

■ Maintenir la biodiversité et conserver les retombées économiques associées aux usages récréatifs des milieux

Les vallées alluviales constituent des réservoirs de biodiversité (espèces végétales, animales, habitats). Elles remplissent en effet des fonctions d'alimentation (notamment en période de hautes crues), de reproduction (prairies inondables pour le frai des brochets), d'abri et de protection pour des espèces animales d'intérêt écologique souvent remarquable (oiseaux et poissons notamment).

L'extraction de granulats peut entraîner, outre la destruction physique de milieux intéressants et espèces associées, la destruction de frayères et donc la diminution du potentiel piscicole de la rivière, dont la réversibilité à long terme n'est pas assurée. Même si les gravières conduisent parfois à créer des plans d'eau appréciés comme lieux de pêche à usage collectif ou privé, l'intérêt piscicole et halieutique est le plus souvent moindre.

Préserver les vallées alluviales conduit donc à maintenir une biodiversité et, de fait, les usages qui peuvent leur être associés (pêche, chasse au gibier d'eau). Pour la collectivité, l'enjeu est alors de maintenir des activités récréatives qui, outre le fait qu'elles sont génératrices de retombées économiques locales, contribuent à renforcer l'attractivité du territoire.

Des études récentes s'attachent à évaluer ces bénéfices que l'on qualifie de non marchands et nombreux sont les exemples de pertes économiques évitées par une préservation de ces milieux (retombées économiques d'une journée de pêche, d'une journée de chasse au gibier d'eau) ainsi que les coûts évités de restauration des milieux ("consentement à payer" d'une population pour restaurer un patrimoine écologique) (voir encadré)

Un exemple d'évaluation économique des bénéfices non marchands

Le GIP hydrosystèmes (1999) a estimé la valeur de préservation et de conservation du patrimoine biologique de la moyenne vallée de la Garonne, à partir du montant que la population locale serait prête à payer (consentement à payer) pour le financement d'un programme de restauration à 66 F par ménage résidant et par an soit au total 75 MF sur 5 ans.



4.4 EN CONCLUSION, LIMITER L'EXTRACTION DES GRANULATS ALLUVIONNAIRES EST ÉCONOMIQUEMENT POSSIBLE

La maîtrise des impacts de l'extraction de granulats alluvionnaires apparaît donc techniquement et économiquement possible. Les surcoûts en sont raisonnables et sans alourdissement très significatif du coût du produit final (bâtiment, voirie). **La substitution peut et doit permettre une variété des solutions aux problèmes que pose l'extraction de granulats alluvionnaires.** Elle offre une possibilité de souplesse et de gestion maîtrisée des gisements à l'échelle, par exemple, des départements. Elle ne constitue cependant pas une panacée et il ne s'agit pas d'envisager que toute la production soit issue de roches massives, d'autant que l'utilisation de celles-ci n'est pas sans impacts sur les milieux aquatiques (par les rejets en rivières qu'elles occasionnent) et sur les milieux terrestres (emprises, nuisances).



Maintenir l'attractivité du territoire.



ÉVALUER LES ENJEUX F DES MÉTHODES, DES O

5.1 QUELS SONT LES ENJEUX ?

Une vallée alluviale préservée est un atout économique puisqu'elle constitue un système de régulation naturelle de la ressource en eau et qu'elle rend de nombreux services, économiques mais aussi sociaux aux collectivités.

Or, l'implantation d'une extraction pour des durées souvent très longues (parfois plusieurs dizaines d'années) rend l'état futur du site quasiment irréversible contrairement à d'autres usages du sol.

Le choix de développement des collectivités doit tenir compte de ces enjeux.

5.2 UNE NOUVELLE APPROCHE DES VALLÉES ALLUVIALES EST EN COURS

L'action publique en faveur de la protection des zones humides, auxquelles appartiennent les vallées alluviales, s'est construite progressivement. Depuis les années 1990, des mesures importantes ont vu le jour. En 1994, l'évaluation des politiques publiques a conclu à la nécessité pour la France de se doter d'une politique cohérente et structurée pour la sauvegarde des zones humides. En 1995, un plan d'actions gouvernemental en faveur des zones humides est adopté par le Conseil des Ministres, avec, en particulier, la création d'un observatoire national pour étudier l'évolution de 87 zones humides d'importance majeure, et la mise en place d'un plan national de recherches sur les zones humides de 3 ans (Amezal, 1997).

■ Depuis 1996, les SDAGE jouent un rôle moteur

Au niveau local, ils préconisent :

- de privilégier la préservation des sites sensibles,
- la réalisation d'une étude économique, hydraulique et

écologique approfondie pour tout projet relevant des procédures d'autorisation et de déclaration sur un site à fort intérêt écologique,

- le développement de la maîtrise foncière par contractualisation de la gestion, en définissant des zones intéressantes à plusieurs titres (ressource en eau, patrimoine naturel) et des règles de gestion adaptées et durables.

■ La prise en compte de l'espace de mobilité des rivières

De nombreuses rivières ont fait l'objet d'interventions excessives, qui ont conduit à des dommages irréversibles tels que la réduction de l'aquifère alluvial, la déstabilisation des ouvrages d'art et la banalisation des milieux riverains. Une approche progressive de cet espace de mobilité est maintenant faisable par la définition des 3 espaces emboîtés. Les méthodes de détermination de ces espaces, décrites dans deux ouvrages (Epteau, Bravard, Piegay, Hérouin, Ramez, 1998), (Hydratec, Malavoi, Ecolor, 1999), proposent une délimitation de l'espace de mobilité fonctionnel qui garantit sur le long terme les capacités d'ajustement morphodynamique du cours d'eau, les translations latérales permettant la mobilisation des sédiments, ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres. Elles reposent sur la cartographie de l'espace de divagation historique et sur la cartographie de l'amplitude d'équilibre.

5.3 POUR PROTÉGER LES VALLÉES ALLUVIALES

■ Des partenariats et des méthodes

Les Agences de l'Eau, les différents services de l'Etat, les services "environnement" des collectivités territoriales peuvent aider les collectivités locales à déterminer les enjeux pour décider de leurs choix de développement.

Les méthodes de "détermination de l'espace de liberté", de "définition des fuseaux de mobilité", de "cartographie des contraintes par système d'informations géographiques", de "simulation" et "modélisation" sont autant de techniques qui permettent de délimiter de façon objective les espaces à préserver, depuis l'espace "tampon" jusqu'au lit majeur.

Des protections réglementaires existent aussi (arrêté préfectoral de biotope, réserve naturelle, espace naturel sensible) : les chênaies-frênaies alluviales, de plus en plus rares (sauf cas particulier, comme par exemple dans la vallée de la Seine amont, où la déprise sylvicole a favorisé leur progression), sont des milieux relictuels témoins de l'ancienne forêt alluviale. A ce titre, il convient de conserver en priorité le peu qu'il en reste (IEA, 1995).

■ Des moyens pour les collectivités

Des moyens financiers peuvent être mis en place pour assurer une protection sûre de type maîtrise foncière par contractualisation de la gestion ou par acquisition.

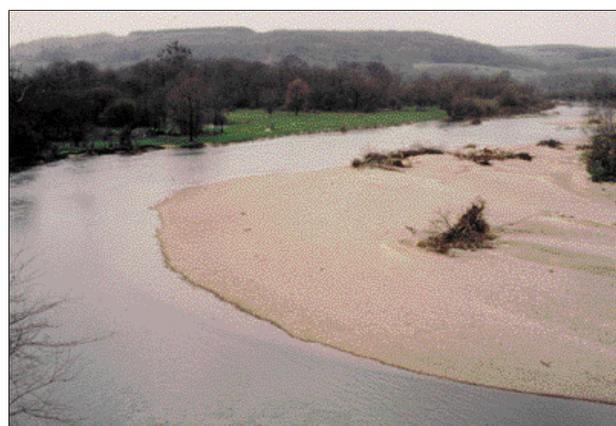
La taxe sur les espaces naturels sensibles mise en œuvre par le Département peut être affectée à l'acquisition d'une vallée alluviale (c'est le cas de la plaine de la Loire dans le département du même nom). Différents travaux d'études, de réhabilitation et d'entretien des milieux, d'acquisition foncière et de contractualisation de gestion peuvent être subventionnés par les Agences de l'Eau. Les fonds européens, dans le cadre de programmes ponctuels (LIFE⁹), peuvent contribuer aussi à soutenir financièrement ces actions. Le programme de sauvegarde de la vallée de la haute Moselle a ainsi été financé par la CEE, le Ministère de l'Environnement, le Département de Meurthe-et-Moselle, la Région Lorraine et l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

■ Des rivières pour l'avenir

Il ne s'agit pas d'interdire systématiquement l'extraction des granulats en lit majeur. Les aménagements (ponts, canaux, zones bâties, ...) constituent aujourd'hui des "points durs" qu'il faut protéger contre la force érosive de l'eau ; autoriser de nouvelles gravières à proximité de ce type de site est envisageable. En contrepartie, il faut protéger les sites qui jouent un rôle dans l'épuration et l'alimentation des eaux superficielles et souterraines, dans le soutien des étiages et la rétention des crues, et qui abritent une flore et une faune remarquables.

L'extraction des granulats est une exploitation des alluvions qui conduit à des prélèvements réguliers quels que soient les apports réels du cours d'eau.

La dégradation des milieux naturels, la perte des ressources en eau, le coût d'entretien des lits et des ouvrages, tout conduit, dans l'esprit de la Loi sur l'Eau, à considérer la politique restrictive d'installation des extractions de granulats dans l'espace de mobilité des cours d'eau et les annexes fluviales, dans les milieux aquatiques remarquables, comme un objectif prioritaire et un enjeu majeur de beaucoup de cours d'eau.



Un atterrissement à l'intérieur d'un méandre. Ces matériaux sont nécessaires au fonctionnement du cours d'eau.

⁹ LIFE = L'Instrument Financier pour l'Environnement (outil financier européen)

ANNEXE 1

RÉFÉRENCES DES TEXTES

■ LOI SUR L'EAU DU 3 JANVIER 1992

Décrets n°93-742 et 93-743 du 29 mars 1993.

Instaure un régime d'autorisation et de déclaration en fonction de l'importance des travaux, des ouvrages et des activités :

- autorisation : dossier "loi sur l'eau" comportant un dossier d'incidence, soumis à enquête publique ;
- déclaration : fourniture d'une notice d'incidence.

■ LOI "CARRIERES" 93-3 DU 4 JANVIER 1993 (loi "Saumade").

Décret du 9 juin 1994 modifiant la nomenclature des installations classées.

Soumet les carrières à la réglementation des installations classées (dossier ICPE) prévue par la loi 76-663 du 19 juillet 1976.

■ CIRCULAIRE DU 23 JUIN 1994 en application du décret du 9 juin 1994.

Précise la définition de carrière et dragage :

- les carrières sont destinées à la production de matériaux en vue de leur utilisation ;
- les dragages sont les opérations d'extraction nécessaires à l'entretien et à l'aménagement du cours d'eau.

Proscrit les extractions dans le lit mineur des cours d'eau à des fins commerciales (carrières). Sont exclues du régime d'autorisation au titre des installations classées (pas de régime de déclaration) les opérations de dragage lorsque les matériaux ne sont pas utilisés en tant que matériaux de carrière ou que les quantités sont inférieures à 2 000 tonnes.

■ ARRETE DU 22 SEPTEMBRE 1994 relatif aux exploitations de carrières pris pour l'application de la loi "carrière" du 4 janvier 1993.

L'article 11.2 interdit les extractions de matériaux en lit mineur des cours d'eau. Les extractions en lit mineur dûment justifiées par des besoins d'entretien ou d'aménagement des cours d'eau sont appelées "dragages". Ces dragages ne sont pas concernés par cet arrêté.

Le même article fixe à 35 mètres la distance minimale séparant les limites de l'extraction des limites du lit mineur du cours d'eau si la largeur de ce lit mineur est supérieure à 7,50 mètres.

■ LOI SUR LE RENFORCEMENT DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT DE FEVRIER 1995 (loi "Barnier").

Circulaire du 9 mai 1995 pour application de l'article 29 de la loi du 2 février 1992.

Modifie l'articulation Dossiers ICPE/ Loi sur l'eau : le projet autorisé ne doit pas être contraire aux objectifs généraux de la loi sur l'eau.

■ LOI "PECHE"

L'article L 232-3 du code rural soumet à autorisation "les travaux en rivière dès lors qu'ils sont de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation ou de réserves de nourriture de la faune piscicole".



ANNEXE 2

BIBLIOGRAPHIE

- AGENCE DE L'EAU et DELEGATION DE BASSIN RHONE-MEDITERRANEE-CORSE, *Extraction de matériaux et protection des milieux aquatiques*. Note Technique SDAGE n°1, 1996.
- AMEZAL (A.), *Les zones humides du bassin Seine-Normandie : un patrimoine à protéger*. Plaquette Agence de l'Eau Seine-Normandie, 1997.
- AMOROS (C.), PETTS (G.E.), *Hydrosystèmes fluviaux*. Masson, 1993.
- AQUASCOP, SOGREAH, *Etude géomorphologique de la Loire*. Rapport Département de la Loire, DDAF, Ministère de l'Environnement. UNICEM, 1995.
- AQUASCOP, *Mise au point d'un système d'évaluation de la qualité du milieu physique du cours d'eau*. Agences de l'Eau, 1997.
- ARQUIÉ (G.), TOURENO (C.), *Granulats*. Édition des Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1990.
- ASCA, *Les services rendus par les zones humides à la gestion des eaux : évaluation économique pour le bassin Seine-Normandie*. Rapport à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, 1996.
- ASCA, NARCY (J.B.), *Extraction de granulats et protection des milieux aquatiques : quelques éléments sur les évolutions possibles de l'activité*. Rapport à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, 1997.
- BABOT (Y.), *Impact des gravières sur le régime des eaux en plaines alluviales du bassin Rhin-Meuse*. Rapport BRGM, 1986.
- BANGOY (L.M.), *Etude par modèle mathématique du comportement hydrodynamique d'une nappe alluviale en présence d'une gravière ; cas de la plaine alluviale de l'Orb*. *Hydrogéologie* n°3, 1993.
- BARBIER (J.), Service géologique national, BRGM, les techniques de l'industrie minière n°1, 1999.
- BARNAUD (G.), *Article in Zones Humides Infos* n°7, p9 1993.
- BOYER (M.) *La gestion des boisements de rivières*. Guide technique n°1 du SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse, 1998.
- BRAVARD (J.P.), PETIT (F.), *Les cours d'eau : dynamique du système fluvial*. Armand Colin, 1997.
- BRGM, *Etude bibliographique sur l'impact des gravières sur les crues de rivière*. Rapport BRGM, 1998.
- CONSERVATOIRE DES SITES LORRAINS, *Action communautaire pour la nature ACNAT-LIFE, programme de sauvegarde de la vallée alluviale de la Moselle*. Conseil Général de Meurthe-et-Moselle, 1993.
- COULET (M.), *Fleuves, sources de vie*. Plaquette du Ministère de l'Environnement, 1995.
- COUVERT (B.), LEFORT (P.), PEIRY (J.L.), BELLEUDY (P.), *La gestion des rivières : transport solide et atterrissements - Guide méthodologique*. Les études des Agences de l'Eau n°65, 1999.
- DDAF de Meurthe et Moselle, *La nappe alluviale de la Moselle : un patrimoine pour le département*. Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 1991.
- ECODÉCISION, *Étude économique sur l'extraction de granulats dans le bassin Loire-Bretagne*. Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 1995.
- ECOSPHERE, *Programme de Recherches : le patrimoine écologique des zones humides issues de l'exploitation des carrières*. Rapport du Comité National de la Charte UNPG, 2000.
- EPTÉAU, BRAVARD (J.P.), PIEGAY (H.), HÉROIN (M.), RAMEZ (M.), *Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau*. Guide technique n°2 du SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse, 1998.
- FUSTEC (E.), FROCHOT (B.), *Les fonctions des zones humides-Synthèse bibliographique*. Rapport à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, 1995.
- GALTIER (L.), *Mémento roches et minéraux industriels, les granulats*. BRGM, 1993.



GIP hydrosystèmes, *La valeur économique des hydrosystèmes-Méthodes et modèles d'évaluation des services délivrés*. Economica, 1999.

GROUPE D'ETUDE INTER-AGENCES, *Gestion des vallées alluviales et inondations. Etude bibliographique*. Etude n°96-31-069-Octobre 1996. Agence de l'Eau Adour-Garonne, 1996.

HYDRATEC, *Bassins de l'Oise et de l'Aisne - Etude sur les relations entre carrières alluvionnaires et inondations*. Rapport au Comité National de la Charte des producteurs de granulats, 1998.

HYDRATEC, MALAVOI (J.R.), ECOLOR, *Définition des fuseaux de mobilités fonctionnels sur les cours d'eau du bassin Rhin-Meuse*. Rapport à l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 1998.

I. E. A., *Effets des extractions alluvionnaires*. Rapport à l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 1995.

MOURON (R.), *Interaction entre les exploitations en nappes alluviales et la modification du régime des eaux - Synthèse de trois études commandées par la Charte de l'UNPG*. Rapport BRGM Note Technique n°99/026, 1999.

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, *Inventaire national des zones humides d'intérêt écologique issues de l'exploitation des carrières de granulats*. Travail commandité par le Comité National de la Charte UNPG, 1995.

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, ASCA, *Définition d'un cadre méthodologique pour l'observatoire national des zones humides ; contribution d'une approche thématique : l'exemple de la politique d'extraction de granulats*, 1996.

NARCY (J.B.), *Rôle et intérêt du SDAGE pour la prise en compte de l'extraction de granulats alluvionnaires dans la gestion des milieux et de la ressource en eau*. Mémoire de DEA réalisé dans le cadre d'un stage à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, 1995.

OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU, *Impact sur l'environnement de l'extraction des granulats*. Synthèse bibliographique, 1999.

SOGREAH, *Restauration de la rivière Ardèche à la suite de la crue du 22 septembre 1992 ; étude du transport solide*. SIVA, 1993.

UNICEM, *Statistiques année 1997*. Revue matériaux de construction et produits de carrières. N°700, numéro spécial novembre 1998.

UNICEM, *Enquête de branche UNICEM 1997*. Dépliant, 1998.

UNPG, *Charte professionnelle de l'industrie des granulats Programme DACEN - Diagnostic Audit Conseil Environnement*. Dépliants, 1995.

UNPG, *Le marché des granulats en 1997*. Dépliant, 1998.

ANNEXE 3

GLOSSAIRE

Annexe fluviale

Milieu naturel latéral au cours d'eau, créé par la dynamique fluviale (lône, boire, bras-mort, noue, anciens méandres, bras secondaire...)

Capacité de transport

Débit solide que la rivière est capable de transporter à saturation pour un matériau de granulométrie donnée. Dans les lits librement divagants, désigne la capacité de transport des alluvions du lit.

Chenalisation

Terme fréquemment employé pour désigner des réalités très différentes : suppression des possibilités de débordement, fixation des berges, réduction des possibilités de divagation, recalibrage rectiligne, développement d'un lit unique... Il est préférable de spécialiser le terme pour désigner l'évolution du style fluvial d'un cours d'eau vers un lit à chenal unique, profond, peu mobile enserré entre des bancs élevés fixés par la végétation. Une telle évolution est généralement le signe d'un manque de mobilité due à la combinaison d'un déficit d'apports solides et d'une réduction des débits actifs.

Curage

Curage et extractions représentent des opérations de même nature. Mais le curage est une opération non régulière, qui répond à des impératifs hydrauliques.

Débit solide

Quantité moyenne des sédiments dans un cours d'eau.

Divagation (d'un cours d'eau)

Phénomène de changement fréquent de lit d'un cours d'eau à l'occasion des crues.

Dynamique fluviale

Ensemble des phénomènes liés à la mobilité du cours d'eau.

Etiage

Débit le plus faible de l'année ou niveau moyen des basses eaux pendant plusieurs années.

Extraction de granulats

L'extraction correspond à une exploitation économique des alluvions en vue de leur utilisation, qui conduit à des prélèvements réguliers quels que soient les apports réels du cours d'eau. C'est pourquoi elle ne peut plus être envisagée que dans des circonstances exceptionnelles (queues de retenues, par exemple), et accompagnées de

précautions (seuil anti-érosion régressive, notamment).

Géomorphologie

Ensemble des phénomènes à l'origine de la forme du cours d'eau.

Granulométrie

Dimension des éléments minéraux qui composent le lit d'une rivière (vase, sables, cailloux, galets, blocs...). Ce facteur est déterminant pour l'installation des végétaux et des animaux qui vivent dans le milieu.

Hygrophile

Se dit d'une plante qui apprécie l'humidité au niveau du sol et de son système racinaire.

Invertébré benthique

Organisme vivant sur le fond de la rivière dépourvu de colonne vertébrale (insecte, crustacé, mollusque, vers...)

Lit majeur

Lit en eau lors de la plus grande crue connue, constitué en général par des alluvions récentes (symbole Fy sur la carte géologique).

Lit mineur

Lit dans lequel l'eau coule à pleins bords avant tout débordement.

Morphodynamique

Ensemble des facteurs façonnant les aspects physiques d'un cours d'eau.

Nappe alluviale

Aquifère contenu dans les alluvions, libre et fluctuant en relation avec le cours d'eau.

Nappe phréatique ; nappe libre

Niveau supérieur d'une eau souterraine dormante ou naturellement mobile sous laquelle le sol est saturé d'eau, excepté là où cette surface est imperméable.

Piézométrie

Mesure des directions et sens de circulation de la nappe souterraine

Substrat

Le substrat désigne, en hydrobiologie, les matériaux du fond du lit en tant que caractéristique des habitats de la faune et de la flore benthiques.

**Substratum**

Le substratum est la formation géologique non alluviale qui se trouve sous les alluvions du cours d'eau.

Zone alluviale

Espace bordant les cours d'eau dont le sol est composé d'alluvions déposées par les crues.

Zone inondable

Espace où s'étalent les débordements de crues dans le lit majeur.

Collection des études des Agences de l'Eau

Les trente derniers titres parus

- 41 *Prévention des pollutions accidentelles dans les industries de la chimie, du traitement de surface et les stockages d'hydrocarbures et de produits phytosanitaires (1996)*
- 42 *Prévention des pollutions accidentelles dans les abattoirs, les équarrissages, les laiteries et les sucreries (1996)*
- 43 *Prévention des pollutions accidentelles dans les industries du bois et des pâtes à papier (1996)*
- 44 *Génotoxicité : un choix entre le test pleurodèle (Jaylet) et le test xénope (1995)*
- 45 *Conception des stations d'épuration urbaines : les 50 recommandations (1996)*
- 46 *Etude du procédé biostyr : nitrification / dénitrification (1996)*
- 47 *Référentiel de l'utilisation des bioadditifs dans les milieux aquatiques (1996)*
- 48 *Impact de la nouvelle directive européenne relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (1996)*
- 49 *Etude bibliographique sur les pollutions accidentelles (1996)*
- 50 *Guide de l'autosurveillance des systèmes d'assainissement (1997)*
- 51 *La gestion intégrée des rivières - guide méthodologique (1997)*
- 52 *Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau SEQ-eau
Etude de rodage - rapport final (1997)*
- 53 *Seuils de qualité pour les micropolluants organiques et minéraux dans les eaux superficielles - synthèse (1997)*
- 54 *Optimisation du volet micropolluants du RNB - guide méthodologique (1997)*
- 55 *Les bryophytes aquatiques comme outils de surveillance de la contamination des eaux courantes par les micropolluants métalliques (1997)*
- 56 *Etude méthodologique de l'impact de déversements en temps de pluie. Application à la rivière l'Orne - Synthèse (1997)*
- 57 *Traitement phytosanitaire et qualité des eaux de drainage (1997)*
- 58 *Modes d'utilisation des produits phytosanitaires en France (1997)*
- 59 *Réglementations de l'usage des phytosanitaires en Europe (1997)*
- 60 *Guide inondabilité (1997)*
- 61 *Intérêts et contraintes du recyclage agricole des boues (1998)*
- 62 *Limnologie appliquée au traitement des plans d'eau (1998)*
- 63 *Efficacité de dispositifs enherbés pour lutter contre la pollution par les phytosanitaires (1998)*
- 64 *Rapport de présentation du Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau dans les cours d'eau (1998)*
- 65 *Gestion des transports solides et des attérissements (1999)*
- 66 *Les techniques végétales appliquées aux plans d'eau marnants (1999)*
- 67 *Bilan et analyses des expériences positives en matière de mise en place de périmètres de protection des captages (1999)*
- 68 *Biologie et écologie des espèces végétales aquatiques proliférantes (1999)*
- 69 *Programme AGREVE (agriculture-environnement-Vittel) (1999)*
- 70 *Audit comparatif des filières d'élimination des boues d'épuration (1999)*

La loi sur l'eau du 3 janvier 1992, à travers les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) et la réglementation récente, en particulier l'interdiction d'extraire des matériaux dans le lit mineur des rivières et l'autorisation contrôlée de ces extractions en lit majeur, ont pour fondement la recherche d'une gestion durable et équilibrée de la ressource en eau et des milieux aquatiques à l'échelle d'un bassin versant.

Dans l'économie des granulats, les matériaux alluvionnaires tiennent une place prépondérante. Ils sont fournis par les vallées alluviales, qui représentent aussi un patrimoine naturel remarquable, lié aux milieux aquatiques et zones humides. Ces vallées ont un rôle socio-économique important dans la mesure où elles sont, la plupart du temps, le siège de nombreux usages (pêche, agriculture, navigation, loisirs,...).

Après un rappel synthétique du fonctionnement des vallées alluviales et de l'intérêt de préserver celui-ci pour le bénéfice de nombreux usagers de la rivière (autoépuration des eaux, ressource en eau, loisirs,...), cette étude développe les principaux effets des extractions de matériaux alluvionnaires sur les milieux aquatiques et sur les autres usages de la vallée, en attachant une importance particulière à la prise en compte du cumul de ces impacts à l'échelle d'un bassin versant, dans l'esprit de la loi sur l'eau.

Une analyse socio-économique montre ensuite qu'une limitation de l'extraction des granulats d'origine alluvionnaire en les réservant à des usages nobles est économiquement et techniquement possible. Les contraintes liées à cette limitation sont ensuite mises en regard des retombées économiques ou du renforcement de la cohésion sociale, donc de l'intérêt pour la collectivité, de préserver les vallées alluviales : ressource en eau notamment eau potable, gestion des inondations et des érosions de berge, activités de loisir, ...

Agence de l'Eau Adour-Garonne
90, rue du Férétra
31078 TOULOUSE CEDEX 4
Tél. : 05 61 36 37 38
Fax : 05 61 36 37 28

Agence de l'Eau Artois-Picardie
200, rue Marceline - B.P. 818
59508 DOUAI CEDEX
Tél. : 03 27 99 90 00
Fax : 03 27 99 90 15

Agence de l'Eau Loire-Bretagne
Avenue Buffon - B.P. 6339
45063 ORLEANS CEDEX 2
Tél. : 02 38 51 73 73
Fax : 02 38 51 74 74

Agence de l'Eau Rhin-Meuse
Route de Lessy-Roziérieulles
B.P. 30019
57161 MOULINS-LES-METZ CEDEX
Tél. : 03 87 34 47 00
Fax : 03 87 60 49 85

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
2-4, allée de Lodz
699363 LYON CEDEX 07
Tél. : 04 72 71 26 00
Fax : 04 72 71 26 01

Agence de l'Eau Seine-Normandie
51, rue Salvador Allende
92027 NANTERRE CEDEX
Tél. : 01 41 20 16 00
Fax : 01 41 20 16 09



Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
Direction de l'Eau
20, avenue de Ségur
75302 PARIS 07 SP
Tél. : 01 42 19 20 21
Fax : 01 42 19 12 06

