

---

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT  
DE LA VALLEE DE LA DURANCE

---

ETUDE GENERALE  
DE LA MOYENNE ET BASSE DURANCE

SCHEMA DE GESTION  
- RAPPORT -

---

OCTOBRE 1999

---

SOGREAH - AQUALIS - CESAME - TELEOS

# Introduction

## **Présentation de la démarche d'étude**

*Le Syndicat Mixte d'Aménagement de la vallée de la Durance a décidé d'engager une étude générale de la Moyenne et Basse Durance pour établir un programme cohérent de gestion et d'aménagement de la vallée.*

*Les études techniques ont été confiées à SOGREAH pour le volet hydraulique et sédimentologique, et au groupement AQUALIS / CESAME / TELEOS pour le volet « milieux naturels ».*

*Le Syndicat a été assisté pour le pilotage de ces études de Mireille Boyer pour le volet « milieux naturels » et de Philippe Lefort pour le volet « hydraulique et sédimentologie ».*

*Les deux études diagnostic ont été menées en étroite concertation. La phase de réflexion sur les scénarios de gestion, et la présente phase de propositions d'action ont été conduites en commun.*

*Il a ainsi été possible de construire un schéma de gestion qui intègre les différentes composantes du système fluvial.*

## **Avancement de la procédure de concertation**

*Les principes généraux du schéma de gestion proposé ont été établis en concertation avec le Comité de Suivi Technique sur la base des scénarios de gestion qui ont été envisagés. Ils ont été présentés en juin 1999 au Comité de Concertation.*

*Les propositions d'action seront validées par le Comité de Suivi Technique de l'étude.*

*Ces propositions devront être ensuite discutées avec les riverains et leurs élus.*

## **Renvoi aux fiches par tronçon**

*Le présent rapport présente les axes généraux du schéma de gestion. Un volume annexe reprend toutes les actions proposées par tronçons en les détaillant.*



<b>1 Orientations generales du schema de gestion</b>	<b>7</b>
1.1 Les points majeurs de l'etat actuel	7
1.2 Les objectifs généraux	9
1.3 Une imbrication étroite entre les differents themes	10
1.4 Les axes d'intervention	10
1.5 le suivi du schema de gestion	14
<b>2 le transit des graviers</b>	<b>15</b>
2.1 Principes generaux	15
2.1.1 Les objectifs	15
2.1.2 les principes du retablissement du transit sedimentaire	15
2.2 Les moyens d'action	18
2.2.1 La gestion des debits	18
2.2.2 La transparence des retenues vis-a-vis du charriage	19
2.2.3 Les seuils	20
2.2.4 Le transit des graviers en moyenne durance	21
2.2.5 Les affluents	22
2.2.6 La recharge sedimentaire par erosion latérale	22
2.3 Bilan du programme propose	24
2.4 Definition d'un profil en long de référence	25
<b>3 La gestion des limons</b>	<b>26</b>
3.1 Les donnees du probleme	26
3.1.1 Essai de bilan volumetrique	26
3.1.2 Consequences	26
3.2 Les moyens d'action	27
3.2.1 Maitrise de l'evolution des marges boisees	27
3.2.2 Gestion des retenues vis-a-vis du transit des limons	27
3.2.3 Amenagement des seuils	28
3.2.4 Entretien des lits figes	29
<b>4 La gestion de l'espace alluvial</b>	<b>31</b>
4.1 Problématique actuelle	31
4.2 Objectifs	32
4.3 Zonage de l'espace alluvial	32
4.4 Modes d'essartements	34
4.5 Modalités d'entretien des lits figés	41
4.6 Modalités d'entretien des secteurs enlimonnés	41
4.6.1 le secteur de courtine	41

4.6.2 Le cas des retenues hydroélectriques	42
4.7 Rôle et devenir des ouvrages de protection	43
4.8 Gestion des milieux	44
4.8.1 Les îles boisées et les formations pionnières arbustives	44
4.8.2 Les roselières	44
4.8.3 Les pelouses sèches	46
4.8.4 Les annexes latérales	46
4.9 Principes de réaménagement des gravières	49
4.9.1 Principes généraux	49
4.9.2 Natures des aménagements et sites concernés	50
<b>5 La gestion des crues et des risques d'inondation</b>	<b>54</b>
5.1 Enjeux et objectifs	54
5.1.1 Les points marquants de l'état actuel	55
5.1.2 Sélection et hiérarchisation des principes de gestion pour donner une cohérence au système de protection	57
5.2 Résumé des choix d'aménagement proposés	60
5.2.1 Moyenne Durance	60
5.2.2 Tronçon Cadarache / Mallemort	60
5.2.3 Tronçon Mallemort / Rhône	61
5.3 Bilan du programme proposé	61
5.3.1 Analyse des effets locaux	62
5.3.2 Bilan global sur la propagation des crues	65
5.4 Principes généraux de conception des ouvrages	67
<b>6 La gestion des milieux aquatiques</b>	<b>70</b>
6.1 Marges de manœuvre	70
6.2 Gestion des débits	71
6.2.1 Contexte administratif et technique	71
6.2.2 Situation actuelle	72
6.2.3 Débits naturels et débits artificiels actuels	74
6.2.4 Proposition d'un cycle réservé expérimental	75
6.2.5 Evolution des volumes d'eau transitant en Durance suite à la mise en œuvre du cycle réservé proposé	77
6.3 Restauration des possibilités de déplacements	80
6.3.1 Les obstacles actuels	80
6.3.2 Gain escomptable d'un aménagement des ouvrages	80
6.3.3 Conclusion	82
6.4 Intervention sur les plans d'eau	82
<b>7 La gestion et la protection des sites à enjeux écologiques majeurs</b>	<b>84</b>
7.1 Choix des sites	84
7.2 Mesures de gestion	86
<b>8 Présentation synthétique des actions proposées</b>	<b>89</b>

8.1	<i>Bilan en terme de gestion de l'espace</i>	89
8.2	<i>Tableau synthétique des actions proposées</i>	89
<b>9</b>	<b>Eléments pour la création d'un observatoire de la Durance</b>	<b>91</b>
9.1	<i>Mesures de suivi du milieu physique</i>	91
9.1.1	Suivi de la morphologie du lit	91
9.1.2	Suivi des débits	92
9.1.3	Suivi des flux de sédiments	93
9.1.4	Suivi de la nappe	93
9.1.5	Suivi des effets des nouveaux modes d'essartements	94
9.1.6	Suivi de l'évolution des souilles du lit vif	95
9.2	<i>Mesures de suivi du milieu biologique</i>	96
9.2.1	Suivi de l'évolution de la végétation et de la diversité des milieux	96
9.2.2	Suivi de l'évolution globale des milieux aquatiques	97
9.2.3	Suivi des réaménagements de gravières	98
9.2.4	Amélioration des connaissances faunistiques	99
9.2.5	Suivis faunistiques et floristiques	100



# 1 ORIENTATIONS GENERALES DU SCHEMA DE GESTION

## 1.1 LES POINTS MAJEURS DE L'ETAT ACTUEL

L'aménagement hydroélectrique et hydro-agricole de la Durance a provoqué une **modification profonde du système durancien**, renforcée par l'importance des extractions de granulats et par la pression de développement dans la plaine.

**L'altération de la dynamique fluviale est au cœur de cette modification.**

### *L'absence de continuité du transit des graviers*

Le mode de gestion des ouvrages hydroélectriques et les prélèvements de granulats ont **rompu la continuité du transit des graviers.**

La gestion des retenues de moyenne Durance (St Lazare, l'Escale et Cadarache) n'a pas assuré jusqu'ici la transparence de ces ouvrages vis-à-vis du transport de graviers.

L'exploitation intensive de la ressource en granulats a conduit à des abaissements importants du lit, très inégalement répartis. Les zones d'exploitation les plus intensives (Manosque, Pertuis, Avignon) constituent autant d'interruption de la continuité du transit sédimentaire.

### *La fixation croissante du lit*

La réduction drastique des débits en Durance, combinée au déficit de graviers, conduit à une **mobilité du lit souvent extrêmement faible**, et toujours en réduction aujourd'hui.

L'accroissement majeur du transit des limons auquel on assiste aujourd'hui (mesures de protection de l'étang de Berre, envasement achevé des retenues de moyenne Durance, perspective de délimonnage « au fil de l'eau » du bassin d'écluse de Cadarache) dans ce contexte de faible mobilité du lit laisse craindre une **fixation croissante du lit par les limons.**



### *Des milieux naturels totalement modifiés et des populations animales ou végétales perturbées par l'évolution morphologique*

La Durance présente une grande richesse sur les plans faunistiques et floristiques (avifaune en particulier).

La forêt alluviale qui s'est développée depuis l'aménagement hydroélectrique est en équilibre avec un régime de hautes crues annuelles très atténué, mais elle constituerait un obstacle majeur à l'écoulement des crues plus fortes si un espace d'écoulement minimal n'était pas maintenu. Ainsi, l'essartement devenu indispensable et réalisé de façon trop uniforme, banalise un lit vif, qui tend à se déconnecter totalement du reste de l'espace alluvial. De plus, l'abaissement du lit et les dépôts de limons ont des répercussions directes et rapides sur l'exhaussement et l'assèchement des milieux riverains.

Les éléments qui faisaient l'originalité de l'espace alluvial ont souvent disparu, mettant de la sorte en exergue la richesse de quelques milieux rares et dont la pérennité sera compromise sans la mise en place d'une gestion spécifique (lône, roselières des retenues).

La faiblesse des débits réservés limite drastiquement les potentialités piscicoles. De plus, les peuplements piscicoles actuels ne trouvent pas une adéquation suffisante pour se développer normalement, entre les différentes conditions de milieu fortement modifiées par la nouvelle hydrologie (débit réservé, lâchers à Mallemort) ou par les ouvrages (retenues, souilles).

### *L'inadaptation du système de protection contre les inondations*

Les abaissements inégaux du profil en long croisés avec la réduction de la largeur moyenne du lit vif conduisent à une situation contrastée vis à vis des risques de débordement : certaines zones ont vu les risques d'inondation s'accroître, tandis que d'autres sont aujourd'hui mieux protégées.

L'absence de crues franchement débordantes entre les années 1960 et 1993, tandis que l'image de la Durance était bouleversée par l'aménagement hydroélectrique, a fait perdre la perception du risque d'inondation, alors même que les grandes crues sont peu affectées par tous ces aménagements. L'empiétement des cultures et des ouvrages de protection sur le lit vif a accru les risques de débordement. Les ouvrages de protection existants, fruit de plusieurs générations d'ouvrages aux finalités différentes, n'assurent plus aujourd'hui une protection cohérente de la plaine en raison de leur manque de fiabilité (ruptures de digues et d'épis, perturbation des modalités de débordements par de nombreux obstacles) et de leur comportement souvent destructeur lors des crues débordantes.

### *Le rôle de l'irrigation dans le soutien de la nappe alluviale*

La nappe alluviale a été touchée de manière inégale selon les secteurs par les évolutions morphologiques de la Durance. Elle a bénéficié en particulier du maintien de l'irrigation gravitaire dont les pertes assurent son soutien en été.

## 1.2 LES OBJECTIFS GENERAUX

En réponse à ce diagnostic, quatre objectifs généraux peuvent être assignés à la présente démarche.

### **Assurer la sécurité du dispositif de protection contre les inondations en cohérence avec l'occupation de la plaine**

Après les crues de 1994, la demande de protection contre les crues de la Durance est redevenue une attente majeure des riverains. La Durance avait été perçue depuis 30 ans comme domptée. Mais devant des demandes parfois excessives, il faut aujourd'hui affirmer qu'un carcan trop étroit est source de menaces et d'incertitudes plus que de sécurité.

### **Accroître la qualité et la diversité des milieux naturels alluviaux et aquatiques**

L'altération du régime hydrologique et sédimentologique due aux aménagements hydroélectriques et aux extractions de granulats a profondément modifié les milieux alluviaux de la Durance : si de nouveaux milieux intéressants sont apparus (roselières, ...), ils sont le plus souvent voués à disparaître sans entretien artificiel. La fixation croissante du lit conduit à un appauvrissement des milieux. La recherche de nouveaux modes de gestion de la Durance propres à accroître la diversité et la qualité des milieux sera un des enjeux majeurs du schéma.

### **Protéger la ressource en eau de la nappe alluviale**

La nappe de la Durance, par sa puissance et sa qualité, est une ressource stratégique de la région. A la suite des évolutions morphologiques de la Durance, les mesures correctives nécessaires (seuils, notamment) ont déjà été prises: les évolutions attendues du lit de la Durance ne devraient pas conduire à une dégradation généralisée de la ressource. Cependant, les abaissements résiduels du lit dans les tronçon déficitaire en apports de gravier pourraient être ponctuellement dommageables s'ils ne sont pas maîtrisés. L'importance de la recharge de la nappe par les eaux d'irrigation conduit à mettre aujourd'hui l'accent sur la gestion des flux d'eau dans le système agricole : cette problématique sort du cadre de la présente étude, mais mérite d'être soulignée car elle sera fondamentale dans le devenir de la nappe alluviale de la Durance.

### **Assurer une cohérence entre le fonctionnement prévisible de la Durance, les usages de la plaine, les objectifs de gestion de l'espace alluvial et les enjeux de protection.**

La recherche de cet équilibre doit conduire à un zonage de l'espace assurant une satisfaction raisonnable des différentes attentes sur la Durance.

La nécessité de retrouver un fonctionnement plus équilibré de l'espace alluvial nous conduit à rechercher une partie de la largeur perdue de l'espace dévolu à la Durance : recherche d'un meilleur équilibre sédimentologique pour prévenir des évolutions nuisibles

pour les ouvrages, les nappes, les milieux naturels et les conditions de débordement ; amélioration des conditions d'écoulement des crues moyennes en supprimant les ouvrages proches du lit ; recherche d'une diversification des milieux naturels.

La vallée de la Durance est aussi un territoire fortement exploité ou investi par les activités humaines. La réussite d'une gestion intégrée de la vallée suppose que les riverains ressentent les orientations proposées comme un progrès collectif, et non comme de nouvelles contraintes. Ils doivent clairement ressentir que le devenir de leurs activités a été au cœur des réflexions menées.

La recherche d'une plus grande mobilité de la Durance ne doit donc pas compromettre les usages fondamentaux de la plaine. Il faut aussi ajuster les conditions de débordement des crues pour éviter les fonctionnements catastrophiques et mieux adapter les niveaux de protection aux modes d'occupation de la plaine.

Les deux visions ne doivent pas être antagonistes, mais se rejoindre dans un zonage qui sera un juste compromis entre les intérêts généraux et les intérêts locaux.

### **1.3 UNE IMBRICATION ETROITE ENTRE LES DIFFERENTS THEMES**

Le diagnostic de l'état actuel du système durancien a mis en évidence l'étroite imbrication entre les différents thèmes abordés dans l'étude.

Le fonctionnement morphologique se trouve au cœur du système : c'est sur lui qu'il convient d'intervenir en premier lieu.

Les conditions d'écoulement des crues, la qualité et la dynamique des milieux naturels et la préservation de la ressource en eau de la nappe alluviale dépendent étroitement des évolutions morphologiques de la Durance.

Les modes de gestion de la végétation alluviale ont une répercussion directe sur les modalités d'écoulement des crues. Ils influent également sur les conditions de dépôt des limons.

Ces liens étroits interdisent d'envisager séparément les actions relevant des différents thèmes.

Si la clarté de l'exposé requiert d'aborder successivement chaque thème, il faudra toujours garder à l'esprit les interactions entre les différents aspects de la gestion du lit et de la vallée.

### **1.4 LES AXES D'INTERVENTION**

Pour satisfaire ces objectifs fondamentaux, le schéma de gestion proposé est articulé autour de 6 axes d'intervention.

### **Les graviers : rétablir la continuité du transit sédimentaire.**

La faiblesse des débits transitant en Durance ne permet pas la reprise de la totalité des apports de graviers de l'Asse et bientôt de la Bléone : on peut donc craindre un exhaussement excessif du lit en Moyenne Durance. Pendant ce temps, la Basse Durance connaît un déficit chronique de graviers qui pourra conduire à une aggravation des contraintes sur la nappe et les ouvrages.

Parallèlement, la lutte contre la fixation croissante du lit, avec son cortège d'effets néfastes (réduction de la capacité du lit à évacuer les crues, appauvrissement des milieux naturels, accroissement des coûts d'entretien) ne pourra être menée qu'en réunissant les conditions d'une mobilité accrue : l'accroissement du transit des graviers est la clé de cette politique.

Tout conduit ainsi à rechercher à rétablir au plus tôt la continuité du transit des graviers entre l'Escale et le Rhône. Un accroissement des débits déversés en période de crue et la transparence du barrage de Cadarache sont les mesures centrales de la nouvelle gestion recherchée.

Néanmoins, l'inertie du système est telle (les rythmes d'évolutions se mesurent en décennies) qu'il est nécessaire de dégager des sources complémentaires d'alimentation de la Basse Durance en graviers sans attendre l'arrivée des graviers de Moyenne Durance : l'érosion volontaire de terrasses hautes répond à ce besoin, tout en permettant un accroissement de la capacité du lit dans les zones les plus étroites.

### **Les limons : limiter la fixation et l'exhaussement du lit.**

Le très fort accroissement des apports de limons sur la Basse Durance dans un contexte de mobilité et d'hydrologie réduites laisse craindre d'importants dépôts de limons, avec en conséquence une réduction progressive de la section d'écoulement et un exhaussement inéluctable des milieux humides (roselières, ripisylve, îlots).

Deux types de milieux sont plus particulièrement concernés :

- les marges boisées basses qui piégeront les limons des crues débordantes
- les plans d'eau d'extraction de la Durance aval

Il n'est pas possible de prétendre réduire les flux de limons : il faut donc apprendre à les gérer.

La prévention des dépôts de limons dans les marges boisées basses reposera sur leur intégration à intervalle régulier dans le chenal essarté. Apparaît ainsi l'idée d'un déplacement du chenal à chaque cycle d'essartement au sein d'un espace plus large.

La maîtrise de l'enlimonnement des souilles d'extraction au droit d'Avignon passera par l'aménagement de passe de délimonnage sur les seuils.

### **L'espace alluvial : rétablir des espaces de mobilité et de diversité.**

Le principe actuel d'un essartement pratiqué toujours sur le même chenal présente plusieurs inconvénients :

- uniformité du paysage alluvial par disparition des îlots boisés
- homogénéisation de la mosaïque végétale et notamment raréfaction des stades arbustifs pionniers
- déconnexion des terrasses alluviales basses par dépôt de limons et exhaussement progressif
- faible diversité des habitats pour la faune terrestre et aquatique

Cela nous conduit à proposer des modes d'essartement basés sur un chenal essarté aux formes plus diversifiées, balayant au fil des cycles d'essartement un espace plus large.

Ce principe ne remet aucunement en cause la fonction première de l'essartement : maintenir des conditions satisfaisantes d'écoulement des crues. La largeur du chenal essarté sera adaptée aux contraintes hydrauliques locales.

La mise en œuvre de nouveaux modes d'essartement prendra toute sa mesure en liaison avec le rétablissement du transit des graviers et l'accroissement de mobilité qui s'ensuivra.

La mobilité latérale du lit sera par endroit renforcée par des actions volontaristes pour favoriser l'érosion de terrasses hautes, soit pour assurer une recharge sédimentaire, soit pour accroître la capacité du lit.

On est ainsi conduit à définir quatre espaces emboîtés autour de la Durance :

- *le chenal essarté*, bande maintenue exempte de végétation ligneuse par un entretien régulier, dont la forme sera définie avec moins de rigidité qu'aujourd'hui, et qui sera déplacée à chaque cycle ;
- *la bande essartable*, qui comprend les parties du lit assez basses pour qu'un essartement y soit utile ; c'est au sein de cette bande que sera déplacé le chenal essarté à chaque cycle d'essartement, afin d'augmenter la diversité du lit vif et de réduire l'enlèvement ;
- *l'espace de mobilité recherchée* qui correspond à la zone de mobilité de la Durance nécessaire à l'équilibre du système fluvial
- *l'espace de mobilité maximale* qui décrit la limite de la mobilité maximale du lit acceptée vis-à-vis des riverains.

Espaces	CHENAL ESSARTE	CHENAL ESSARTABLE	MOBILITE RECHERCHEE	MOBILITE MAXIMALE
Significations	maintien d'une capacité minimale d'écoulement	réduction de l'enlèvement et diversification du lit vif	maintien d'une dynamique fluviale régénératrice	protection des activités humaines contre l'érosion

### **Les risques d'inondation : rendre cohérent le système de protection.**

Les crues de 1994 ont mis en évidence l'inadaptation du système de protection de la plaine, issu de générations successives d'ouvrages divers (digues, épis, levées, ...) aux finalités différentes.

Des programmes de protection importants ont déjà été engagés, notamment au droit des zones les plus sensibles (Pertuis, Cavaillon, Les Mées, Châteaurenard, Avignon, ...)

Ces zones les plus sensibles doivent disposer d'une protection satisfaisante pour la crue centennale. Or la revanche des endiguements existants n'est pas partout suffisante en regard des enjeux protégés. Si des renforcements de digues sont encore nécessaires (digue des Alpines à Châteaurenard, par exemple), l'amélioration de la situation passera d'abord par un accroissement de la capacité du lit, en intervenant sur tous les obstacles aux écoulements : bancs, remblais, seuils, ponts, ...

Les autres territoires inondables de la plaine présentent souvent un habitat diffus important. Il n'est pas possible de leur assurer une protection complète pour une crue centennale sans aggraver les débits de crue à l'aval.

Mais il est possible d'apporter à ces espaces un niveau de protection plus satisfaisant en réduisant sensiblement la fréquence des crues débordantes, et surtout en maîtrisant les modalités de débordement : éviter les ruptures de digues et d'épis, par exemple.

Dans ce but, une mise en cohérence du système de protection est proposée, qui repose le plus souvent sur le choix d'une ligne de défense placée en retrait dans des conditions compatibles avec l'occupation de la plaine, sans risque de comportement brutal. Les ouvrages existants qui n'entrent pas dans cette ligne de défense seront dans la mesure du possible supprimés de façon à rétablir une capacité d'écoulement suffisante pour les crues moyennes.

### **Les milieux aquatiques : améliorer la vie piscicole.**

Le déficit hydrologique constitue le facteur limitant pour la vie piscicole et est à l'origine des profonds déséquilibres constatés dans les peuplements. Par ailleurs, la faiblesse des débits impose de fortes contraintes physiques (infranchissabilité des radiers) ou chimique (exacerbation des pollutions et des températures) aux peuplements en place. L'amélioration des conditions de milieu passe donc avant tout par un relèvement des débits en Durance. Pour rendre cette augmentation plus efficace sur le plan piscicole, il sera plus intéressant de moduler ces débits selon les exigences biologiques saisonnières,

plutôt que de conserver un débit constant toute l'année. Deux tronçons sont proposés pour tenter l'expérimentation d'un tel cycle.

Par ailleurs, la plus grande diversité de faciès attendus avec les nouveaux modes d'essartement augmenteront les effets d'une meilleure hydrologie.

L'amélioration de la franchissabilité des ouvrages devra être envisagée dans un second temps, après l'augmentation des débits permettant le franchissement des obstacles naturels et une meilleure connaissance de l'impact des lâchers à Mallemort.

**Les sites naturels à enjeux majeurs : protéger les sites remarquables.**

La forte artificialisation de la dynamique fluviale est à l'origine de profondes modifications écologiques et d'un report des potentialités sur quelques sites bien marqués mais très sensibles : roselières sur les plans d'eau, zones boisées remarquables, îlots, etc. Ces sites nécessitent des mesures spécifiques de protection et de gestion.

## **1.5 LE SUIVI DU SCHEMA DE GESTION**

Le schéma de gestion et d'aménagement proposé est ambitieux et novateur sur plusieurs aspects. La mise en œuvre de ces propositions devra donc être accompagnée d'une procédure de suivi rigoureuse qui permettra de profiter du retour d'expérience.

En parallèle, des lacunes demeurent dans les données disponibles, et il importe de les combler progressivement pour permettre d'améliorer constamment les modes de gestion de la rivière.

C'est dans cet esprit que sont indiquées les bases de ce que pourra être un Observatoire de la Durance.

## 2 LE TRANSIT DES GRAVIERS

### 2.1 PRINCIPES GENERAUX

#### 2.1.1 LES OBJECTIFS

La moyenne Durance sera soumise, avec la gestion actuelle du lit et des ouvrages, à une tendance au réengrèvement du lit au cours des prochaines décennies : les débits maintenus en Durance sont en effet insuffisants pour reprendre les apports de la Bléone et de l'Asse.

Parallèlement, la basse Durance est soumise à une " pression d'abaissement " : le déficit chronique d'apports solides conduira à la poursuite des mécanismes d'abaissement du lit, progressivement enrayés par un pavage de surface, accompagné d'une moindre mobilité du lit. On peut craindre ainsi de voir se développer les besoins d'entretien (essartement, mais aussi arasement des bancs enlimonnés) et d'aménagement (seuils dans les secteurs les plus sensibles), pour garantir le bon écoulement des crues et la préservation de la ressource en eau. La diversité des milieux alluviaux et la qualité des habitats piscicoles tendront à se dégrader.

Il paraît donc séduisant de rechercher un rétablissement du transit sédimentaire entre la moyenne et basse Durance.

Le point clé sera la gestion de la retenue de Cadarache. Les autres décisions en découlent.

Si la gestion de Cadarache est modifiée pour assurer le transit des matériaux, il faut en parallèle prendre les moyens d'assurer le transit sédimentaire en moyenne Durance : accroître les débits efficaces, accepter une remontée maîtrisée du lit à un niveau proche de celui de 1960 dans certains secteurs en l'accompagnant de mesures compensatoires pour ne pas aggraver les débordements, atténuer certains obstacles.... En basse Durance, on pourra alors escompter un rétablissement progressif du transit sédimentaire sur le long terme. Mais la période transitoire nécessitera des mesures spécifiques.

#### 2.1.2 LES PRINCIPES DU RETABLISSEMENT DU TRANSIT SEDIMENTAIRE

Ce scénario permet seul d'espérer une amélioration de la qualité des milieux alluviaux et aquatiques.



Il assure également la préservation de la ressource en eau, voire son amélioration (meilleures conditions d'alimentation).

Le bilan sur l'entretien des ouvrages sera mitigé : les besoins d'entretien des seuils diminueront progressivement, mais les ouvrages latéraux seront davantage sollicités.

**Le rétablissement du transit des graviers nécessite une approche différente de la gestion des risques de débordement**, en raison de la plus grande mobilité du lit et de sa remontée dans les secteurs les plus abaissés. Il est possible d'assurer sur tous les secteurs sensibles une protection au moins équivalente à la protection actuelle avec les options retenues pour la gestion des crues.

### **Barrage de Cadarache**

Effacement du barrage au-dessus d'un seuil de 600 à 800 m<sup>3</sup>/s

### **Barrage de l'Escale**

Majoration des débits par arrêt de la dérivation pendant les crues à raison de 2 à 5 jours/an.

### **Gestion du lit en moyenne Durance**

La priorité donnée au transit sédimentaire conduit à accepter un réalluvionnement modéré dans certains secteurs, en particulier au droit de Manosque. Mais des mesures locales sont possibles pour conserver les mêmes conditions d'écoulement des crues.

L'abaissement du seuil de la Brillanne rentre dans la logique de ce scénario, en relarguant un volume significatif de graviers (et donc en accélérant le rétablissement du transit vers la basse Durance), et en accroissant sur le long terme la capacité de transport à l'aval des Mées.

### **Entre Cadarache et Pertuis**

Le rétablissement progressif des apports permettra la réapparition de formes de tressage : on peut en attendre une plus grande mobilité des formes, réduisant les risques de formation de bancs enlimonés, accroissant la qualité du milieu alluvial et réduisant les besoins d'entretien de la végétation.

Dans ce contexte, la remobilisation des graviers des terrasses en plusieurs points permettra d'avancer le processus, en attendant le rétablissement des apports de la moyenne Durance : il s'agira d'une bonne mesure de gestion de la période transitoire.

L'engravement sera perceptible en amont du viaduc de Meyrargues (+1m), mais ne paraît pas susceptible de menacer l'A51 de débordements à 5000 m<sup>3</sup>/s.

L'abaissement du seuil du canal de Marseille permettra de favoriser le transit sédimentaire tout en accroissant la capacité d'écoulement des crues dans le tronçon sensible de Pertuis.

---

Le réengrèvement progressif des souilles du Puy s'accompagnera d'un abaissement échelonné des seuils de 1m.

### Entre Pertuis et Orgon

L'évolution du lit sera déterminée par des phénomènes d'érosion progressive, à l'aval des souilles du Puy d'une part (déficit durable des apports solides), d'autre part à l'aval de la restitution de Mallemort (apports de débits liquides sans apports solides).

Dans les deux cas, l'abaissement du lit qui pourrait assurer une certaine recharge sédimentaire pourra être bloqué par la formation d'un pavage.

On se retrouve donc dans les deux cas face à une situation durablement déficitaire.

En amont de Mallemort, le surcroît de débit liquide s'accompagnera d'un surcroît de débits solides, mais les apports en matériaux ne progresseront que lentement (plusieurs décennies) vers l'aval. Tant qu'ils ne seront pas parvenus en un point donné, le déficit persistera.

En aval de Mallemort, la situation restera toujours déficitaire en raison des restitutions d'eau claire.

Le risque n'est pas tant un abaissement important du lit (encore qu'il faille prévoir un suivi rigoureux de son évolution) qu'une fixation progressive du lit au fur et à mesure du développement du pavage.

Si l'abaissement du lit s'avère excessif, il sera toujours temps de mettre en œuvre des actions correctrices : ouvrages de stabilisation,...

Pour atténuer la tendance à la fixation du lit, on cherchera à favoriser une recharge sédimentaire par érosion latérale. En particulier, l'élargissement du lit à l'aval du pont de Mallemort conduit à préconiser des actions volontaristes de reprise de sédiments sur les terrasses latérales.

### Entre Orgon et Bonpas

Il paraît certain que la recharge sédimentaire par abaissement du lit et/ou par érosion latérale assurera durablement des apports peu ou pas déficitaires à Orgon et Cavaillon.

A Cabannes, le rétablissement du transit sédimentaire sur le seuil du Grand Isclon est quasiment acquis. Le réalluvionnement du secteur aval se fera sentir dans les deux prochaines décennies, alimenté dans un premier temps par l'érosion régressive à l'aval de Cavaillon.

L'acceptation de la remontée du lit accompagnée des aménagements nécessaires pour assurer le niveau de protection requis à Caumont permettra seule d'escompter à moyen terme (de l'ordre de 50 ans) un rétablissement progressif du transit sédimentaire à l'aval de Bonpas.

Il est délicat d'apprécier si ce rétablissement entraînera un exhaussement du lit dans la mesure où il s'accompagnera d'un changement de style morphologique : le lit figé à bancs élevés pourra être remplacé par un lit un peu plus mobile (encore que la conjugaison de débits réduits et d'une faible pente doive nous conduire à beaucoup de prudence).

Il paraît certain en revanche que ce rétablissement du transit favorisera la " lutte " contre les dépôts de limon : et ce point justifie sans doute des aménagements en amont.

## 2.2 LES MOYENS D'ACTION

Les moyens d'action pour influencer sur l'évolution du profil en long et sur le transit sédimentaire sont peu nombreux :

- la gestion des débits liquidés,
- la transparence des retenues vis-à-vis du charriage de matériaux,
- le calage des seuils,
- la recharge sédimentaire par érosion de berges.

### 2.2.1 LA GESTION DES DEBITS

*Sauf mention contraire, les évaluations de transport solide sont menées pour des conditions moyennes de la moyenne Durance (pente : 3.5‰,  $d_m$  : 50mm).*

Lors des crues, la gestion actuelle des retenues de Moyenne Durance consiste à maintenir le niveau normal de la retenue de façon à continuer à entonner le plus grand débit possible dans le canal usinier.

Ces retenues posent aujourd'hui de redoutables problèmes d'envasement, qui conduisent EDF à réfléchir à une nouvelle gestion.

On peut donc envisager de renoncer à l'entonnement des débits pendant les crues pour tenter d'éviter de nouveaux dépôts de limons, voire remobiliser les dépôts actuels (le cas échéant après remaniement mécanique des limons), en ouvrant partiellement les ouvrages.

Cette option conduit à majorer les débits en Durance de 200 à 250 m<sup>3</sup>/s (débit actuellement dérivé) au-delà d'un certain débit de crue, à définir. Pour être mise en œuvre, cette option suppose que le canal de prise puisse être fermé : le barrage de l'Escale (et celui de St-Lazare) ne sont pas équipés pour l'instant d'une telle vanne, contrairement à Cadarache.

La capacité de transport en moyenne Durance évoluerait comme suit, selon le seuil à partir duquel la dérivation est interrompue :

Seuil de débit de crue à l'Escale (débit actuellement déversé) m3/s	Seuil de débit déversé après report en Durance des débits dérivés (m3/s)	Fréquence (jour/an)	Capacité de charriage annuelle à l'amont de la Bléone m3/an	Capacité de charriage annuelle à l'aval de la Bléone m3/an
état actuel			35000	48000
400	600	0.8	42000	55000
300	500	1.5	50000	63000
200	400	2.6	60000	74000
100	300	5.9	84000	98000

*Nota : le paramètre important est le nombre de jours par an de report des débits dérivés en Durance. Pour les déversés actuels supérieurs à 100 m3/s, le débit dérivé moyen est proche de 200 m3/s. Ce débit dérivé atteint plus fréquemment 250 m3/s pour la gamme des déversés entre 50 et 100 m3/s.*

L'accroissement de capacité de transport est égal au volume d'eau reversé multiplié par la concentration en matériau, voisine ici de 0.5 ‰.

On voit que, pour être significatif pour le transit sédimentaire, le report des débits en Durance doit être réalisé entre 2 et 6 jours par an.

On a considéré également que le report des débits en Durance sera poursuivi à l'aval de Cadarache.

Il pourra être intéressant d'étudier avec le gestionnaire une modulation de ces déversés d'une année sur l'autre selon les conditions hydrologiques et l'état des réserves, de façon à minimiser les incidences économiques.

## **2.2.2 LA TRANSPARENCE DES RETENUES VIS-A-VIS DU CHARRIAGE**

Le mode de gestion appliqué jusqu'ici sur les retenues de moyenne Durance ne permet pas d'assurer le transit sédimentaire des matériaux grossiers, sauf pour les débits exceptionnels : il n'est même pas certain que le transit ait été significatif lors des crues de 1994.

### **Barrage de l'Escale**

Le diagnostic a montré que les débits disponibles en Durance sont insuffisants pour reprendre tous les apports solides de la Bléone et de l'Asse.

Il ne paraît donc pas opportun de chercher dans l'immédiat à favoriser les apports de graviers en provenance de l'amont de l'Escale.

On notera cependant que le problème des accumulations de graviers à l'entrée de la retenue (apports du Jabron et du Vançon) restera entier.

### **Barrage de Cadarache**

La transparence du barrage de Cadarache est au cœur de la problématique du transit sédimentaire sur la Durance.

Deux aspects doivent être analysés :

#### *Possibilité d'un transit sédimentaire dans la retenue*

Un modèle local a été construit (logiciel ECOPERM) pour évaluer l'engrèvement nécessaire dans la retenue afin d'y assurer le transit des graviers lorsque le barrage est complètement ouvert.

On montre que le lit en amont du confluent du Verdon est déjà capable d'assurer le transit des graviers.

L'engrèvement nécessaire ne concernera que la zone la plus proche du barrage, sur 250 m environ. Le fond tendra vers une cote de 249.5 NGF (pour un radier des passes à 250 NGF, et une retenue normale à 256 NGF). Les plans bathymétriques de la retenue montrent que les fonds au-dessous de cette cote sont localisés à proximité de la prise de dégrèvement. Il y a là une fosse qui descend à 243 NGF (effet conjugué de la prise de dégrèvement et de l'épi déflecteur qui la protège en amont).

Le remplissage nécessaire pour que le transit des graviers soit possible représente ainsi sans doute moins de 50000 m<sup>3</sup>. Ce n'est donc pas un obstacle.

#### *Mode de gestion pour assurer la transparence*

La transparence n'est assurée aujourd'hui qu'au-delà de 3000 à 4000 m<sup>3</sup>/s. Elle n'a donc jamais encore été effective.

Les simulations sur CAVALCADE indiquent que la transparence moyenne (c'est-à-dire sur un bilan pluriannuel) serait assurée pour un effacement du barrage à partir de 600 à 800 m<sup>3</sup>/s.

### **2.2.3 LES SEUILS**

L'abaissement des seuils permet d'accroître les pentes motrices en amont et de réduire les délais de réengrèvement du lit. On ne peut cependant envisager cet abaissement que lorsque on peut garantir l'absence d'effets négatifs sur les nappes ou les ouvrages. On sera ainsi le plus souvent conduit à attendre que le réengrèvement du lit se soit amorcé à proximité du seuil pour envisager son abaissement.

Seuil	Principe	Commentaire
Seuil de la Brillanne	Abaissement rapide de l'ordre de 1 m pour favoriser le transit sédimentaire en amont avec abaissement du lit, et accélérer le réalluvionnement en aval	Effet perceptible aux Mées que sur le long terme (>50 ans).
Seuil A (aval Mirabeau)	Statu quo	La chute va progressivement se réduire par réengrèvement du lit aval
Seuil B	Arasement immédiat dans le cadre de la reconstruction	Réengrèvement en cours du bief amont. Permet de réduire le délai de rétablissement du transit des graviers.

(Jouques)		
Seuil 106 (Meyrargues)	Statu quo	Nécessaire à la tenue du lit amont et à la stabilité du pont de la voie ferrée. Ouvrage refait récemment, sans incidence significative sur le transit.
Seuil du canal de Marseille (Pertuis)	Abaissement de la crête principale de 0.7 m	Ouvrage refait récemment pour assurer sa pérennité, nécessaire à la stabilité du pont de Pertuis. Abaissement envisageable après la reconstruction programmée du pont de Pertuis (délai approximatif : 10 ans). Cet abaissement est surtout envisagé pour améliorer les conditions d'écoulement des crues dans la traversée de Pertuis. Il favorisera également un rétablissement plus rapide du transit sédimentaire à ce niveau.
Seuil 5 (Pertuis/Le Puy)	Abaissement de 1 m environ à moyen terme	Abaissement nécessaire pour réduire le délai de rétablissement du transit des graviers. Abaissement utile également pour permettre un abaissement des levées de protection de la plaine de Pertuis/Villelaure contre les débordements sans aggravation de la fréquence des débordements. Intervention à prévoir dès amorce de rétablissement du transit des graviers sur le seuil du canal de Marseille (critère : disparition des affleurements marnés sous les graviers).
Seuil 5 bis (Villelaure/Le Puy)	Abaissement envisageable à long terme	Seuil calé assez bas. Abaissement modéré à long terme, après amorce de réengrèvement de la souille.
Seuil 6 (Villelaure/Le Puy)	Abaissement d'environ 1 m à long terme	Abaissement à long terme, après amorce de réengrèvement de la souille.
Seuil du Grand Isclon	Statu quo	Seuil destiné à disparaître sous les graviers lors du réaluvionnement de ce tronçon.
Seuil 66 (Avignon)	Statu quo	Seuil récent, qui assure la stabilité de la nappe d'Avignon.
Seuil 67 , 68 et CNR (Avignon)	Problématique liée aux limons, et non aux graviers (cf chapitre correspondant)	Réengrèvement pratiquement impossible.

## 2.2.4 LE TRANSIT DES GRAVIERS EN MOYENNE DURANCE

L'analyse des conditions actuelles du transport solide en moyenne Durance a montré que les débits sont insuffisants pour reprendre tous les apports latéraux de la Bléone (lorsqu'ils seront rétablis) et de l'Asse. Il faut donc s'attendre à un alluvionnement du lit qui sera plus particulièrement perceptible au confluent de la Bléone, jusqu'aux Mées, et dans la traversée de Manosque.

La traversée d'Oraison et le secteur de Volx sont moins concernés, car ils sont destinés à connaître dans l'immédiat une érosion régressive.

Des curages d'entretien pourront donc être nécessaires pour éviter un exhaussement excessif du lit au droit des secteurs sensibles. Il convient cependant de rechercher des mesures compensatoires qui éviteront de recourir à de tels curages.

La majoration des débits à l'Escale réduira (avec une majoration 1,5 jour/an) ou supprimera (avec une majoration 6 jours/an) les besoins de curage au confluent de la Bléone et aux Mées, ainsi qu'à La Brillanne : dans le second cas, les exhaussements se limiteront à 1m au confluent de la Bléone et 0,30m aux Mées sans interventions dans le lit.

Le problème resterait en revanche inchangé à Manosque : le surcroît de débit liquide s'accompagnera d'un surcroît de débits solides. La continuité du transit sédimentaire à ce niveau implique un retour progressif du lit à un niveau proche de celui observé jusque vers 1960.

Les besoins en curage seront singulièrement réduits, du moins pour le prochain quart de siècle, si on accepte une réduction modérée (de l'ordre de 1m) de l'abaissement du lit à Manosque : même avec un abaissement du seuil de la Brillanne (qui favorisera les apports vers Manosque), les besoins de curage sont limités à 13000 m<sup>3</sup>/an à Manosque.

On peut même rechercher à éviter tout curage régulier : la remontée du lit pourrait atteindre alors 1.60 m au bout de 20 à 30 ans.

Ces options supposent des aménagements localisés pour compenser la perte de capacité dû à la remontée du lit.

Il apparaît ainsi que l'acceptation d'un réalluvionnement modéré aux Mées et à Manosque permettra de rétablir un bon transit sédimentaire tout en assurant la sécurité hydraulique par des aménagements localisés et des curages d'entretien selon les nécessités.

## **2.2.5 LES AFFLUENTS**

Les propositions qui précèdent doivent conduire à adopter deux principes pour la gestion des affluents :

- les excédents annoncés sur la moyenne Durance **ne doivent pas justifier** à eux seuls une recherche d'une réduction des apports des affluents (la Bléone et l'Asse essentiellement) : la gestion des excédents sera toujours plus précise et mieux adaptée au droit des zones sensibles de la Durance que par anticipation sur les affluents. L'imprécision des outils de quantification doit nous conduire, par prudence, à préférer intervenir sur les excédents constatés que sur des excédents potentiels appréciés par le calcul.
- des curages mesurés sur les affluents justifiés par des considérations hydrauliques locales **ne sont pas incompatibles** avec la gestion envisagée de la Durance à condition qu'ils ne conduisent pas à une réduction notable des apports.

## **2.2.6 LA RECHARGE SEDIMENTAIRE PAR EROSION LATERALE**

La recharge sédimentaire par érosion latérale doit être envisagée dans les tronçons soumis à un déficit durable d'apports de graviers.

Quatre secteurs sont particulièrement concernés :

- Beaumont de Pertuis, à l'aval de la retenue de Cadarache, en attendant le rétablissement du transit au barrage,
- Pertuis, à l'aval des secteurs profondément abaissés de Jouques / Peyrolles,
- Villelaure/Cadenet à l'aval des souilles d'extraction du Puy-Sainte-Réparate,
- l'aval du pont de Mallemort, après les restitutions d'eau à Mallemort opérées pour la préservation de l'étang de Berre.

Deux niveaux d'intervention sont proposés.

Un premier niveau comprend des terrassements limités destinés à ménager des entailles dans la terrasse érodable, pour y favoriser la formation d'anses d'érosion. Les matériaux prélevés dans l'entaille seront disposés sur le lit vif en « traversins »<sup>1</sup>, levées de gravier (de 1 m à 1.5m de hauteur) obliques posées sur les bancs. Ces levées ne toucheront pas le bras en eau. Elles favoriseront la concentration des débits contre la terrasse à éroder pour les petites crues (de l'ordre de 500 à 1000 m<sup>3</sup>/s). Des crues plus fortes les emporteront.

Même si de fortes crues balaient ces levées sans franchement attaquer la terrasse, l'opération aura au moins permis la remise en mouvement des matériaux dégagés de l'entaille.

Le second niveau comprend une répétition plus régulière des terrassements. Il est particulièrement bien adapté lorsque le recul de la terrasse répond également à des nécessités hydrauliques. Les terrassements pourront être plus importants (et atteindre les ordres de grandeur de la capacité de transport actuelle de la Durance), mais seront menés toujours selon le même principe entaille / traversin. L'année suivante, l'opération sera renouvelée, sauf si l'érosion de la terrasse s'est spontanément engagée.

---

<sup>1</sup> Terme forgé pour les besoins de la présente étude, en hommage aux « coussins », dénomination locale des atterrissements de la Durance.



## 2.3 BILAN DU PROGRAMME PROPOSE

Tronçon		Evolution du lit en altitude attendue sur 25 ans	Evolution du style morphologique
A1	Escale - Bléone	En amont, abaissement entravé par pavage En aval, exhaussement au confluent de la Bléone (+80 cm)	Lit de plus en plus figé
A2	Bléone - Ganagobie	L'exhaussement au confluent de la Bléone se fera légèrement ressentir jusqu'aux Mées (+30 cm). A l'aval, simple ajustement du profil.	Forte activité du lit, avec sans doute méandrement violent.
A3	Ganagobie - Asse	Effet d'abaissement du seuil de la Brillanne limité à 5 km. Remontée du lit entre le seuil et le pont de la Brillanne (+60 cm) Poursuite de la tendance à l'abaissement à l'aval de la Brillanne (érosion régressive depuis le confluent de l'Asse ; jusqu'à -50 cm).	Maintien, voire renforcement, du tressage assez actif actuel.
A4	Asse - amont Manosque	Poursuite de l'érosion régressive vers le confluent du Largue (-1 m). Engrèvement à l'aval (+1 m)	Poursuite d'une dynamique active, avec avancée vers l'amont des formes de méandrement.
A5	amont Manosque - Cadarache	Remontée du lit abaissé à Manosque (jusqu'à +160 cm). Reprise de dépôts à l'entrée de la retenue de Cadarache.	Retour à des formes plus actives de tressage ou de méandrement.
B1	Cadarache - seuil A	Secteur de recharge sédimentaire (20000 m <sup>3</sup> /an minimum). Exhaussement pouvant dépasser 2 m au pied du seuil de l'autoroute, s'atténuant vers l'aval. Lit stable dans le goulet de Mirabeau.	Développement de formes de tressage ou au moins de méandrement.
B2	seuil A - Meyrargues	Quelques sites de recharge sédimentaire (15000 m <sup>3</sup> /an) Remontée du lit pouvant atteindre 1m dans les secteurs les plus abaissés	idem
B3	Meyrargues - Le Puy	L'abaissement du seuil du canal de Marseille se répercute jusqu'aux affleurements rocheux à l'aval du seuil 106. La recharge sédimentaire à Pertuis (15000 m <sup>3</sup> /an minimum) permet de rétablir le transit à travers les souilles du Puy en 25 ans.	Retour progressif à des formes plus actives en amont du seuil de Pertuis. Avancée de langues de graviers dans les souilles aval.
B4	Le Puy - La Roque	Poursuite de la tendance à l'abaissement du lit atténuée par la recharge sédimentaire. Jusqu'à -80 cm. Remontée du lit au droit de la gravière capturée de La Roque.	Mobilité un peu accrue par l'accroissement du transit sédimentaire, mais demeurant sans doute assez faible.
B5	La Roque - Mallemort	Profil en long relativement stable	Dynamique modérée.
C1	Mallemort - Orgon	Recharge sédimentaire active (40000 m <sup>3</sup> /an). Poursuite de la tendance à l'abaissement du lit atténuée par la recharge sédimentaire. Jusqu'à -80 cm.	Mobilité sans doute soutenue par les opérations de recharge sédimentaire.
C2	Orgon - Cavaillon	Engrèvement à l'aval du pont d'Orgon (+80 cm localement). Poursuite d'une faible érosion régressive jusqu'en amont du pont de Cavaillon (-20 cm).	Mobilité demeurant sans doute réduite.

C3	Cavaillon - Bonpas	Poursuite de l'érosion régressive en amont du Coulon (-90cm localement). Réengrèvement du secteur du Grand Isclon (+80 cm sur le seuil), se propageant en aval (+60 cm au droit de Caumont).	Mobilité importante dans la zone d'érosion régressive (méandrement). Accroissement limité de la mobilité à l'aval du Grand Isclon (tressage peu actif).
C4	Bonpas - Cachade	Peu d'évolutions du profil en long.	Accroissement très modéré de la mobilité du lit.
C5	Cachade - Rhône	Les graviers ne devraient pas dépasser la souille 67 dans cette période. A l'aval, évolution dominée par la problématique des limons.	Evolution vers une morphologie de rivière de plaine.

## 2.4 DEFINITION D'UN PROFIL EN LONG DE REFERENCE

La définition d'un profil en long de référence répond à l'objectif d'encadrer les pratiques futures de gestion du lit, notamment en matière de demande de curages.

Ce profil en long est défini à partir des évolutions prévues sur 25 ans.

Dans les secteurs destinés à se réalluvionner, il s'appuie sur le niveau du lit prévisible au terme de cette période, dans la mesure où le programme d'action a été conçu de façon à compenser tous les effets négatifs potentiels de ce réalluvionnement, notamment en matière de débordements.

Dans les secteurs qui devraient plutôt s'abaisser, l'évolution à terme est souvent plus délicate à prévoir en raison des effets de pavage du lit. Le profil de référence a été fixé d'une manière générale à 1 m au maximum sous l'étiage actuel.

**Le profil en long de référence est reporté sur les planches de profil en long général.**

On considérera comme significatif des écarts au profil de référence de plus de 0.50 m sur 500 m de longueur.

Un dépassement significatif du profil de référence conduira à envisager des opérations ponctuelles de curage pour ramener le lit à sa cote de référence.

Un abaissement significatif sous le profil de référence conduira à envisager soit des mesures de recharge par décapage de terrasses latérales hautes, soit des actions de stabilisation (exceptionnellement seuil de stabilisation).

## 3 LA GESTION DES LIMONS

### 3.1 LES DONNEES DU PROBLEME

#### 3.1.1 ESSAI DE BILAN VOLUMETRIQUE

Les graphiques de la page suivante présentent un bilan plausible des transferts de limon aux différentes dates. Il a fallu ajuster les valeurs disparates disponibles pour les mettre en cohérence. Il ne peut donc s'agir que d'ordres de grandeurs.

En outre, il n'a pas été tenu compte des dépôts dans les marges alluviales du lit. Les principes d'essartement qui seront proposés (cf. chapitre 3) tendront à minimiser ces dépôts.

On notera que la simulation en 2005 tient compte d'un accroissement des volumes d'eau déversés à Cadarache : c'est ce qui explique qu'il n'apparaît pas de majoration des restitutions à Mallemort. Dans les prochaines années, les opérations de délimonage menées sans transparence à Cadarache conduiront à des volumes de limons rejetés supérieurs à Mallemort, et inférieurs à Pertuis.

#### 3.1.2 CONSEQUENCES

On observe donc actuellement un accroissement majeur des apports de limons en Basse Durance, qui s'amplifiera encore dans les prochaines années.

Cet accroissement des apports sera plus particulièrement sensible à l'aval de Mallemort (rejets pour limiter les apports à l'étang de Berre, et probablement arrivée des volumes déstockés dans le bassin de délimonage de Cadarache, véhiculés par le canal jusqu'à Mallemort).

Mais l'accroissement des apports de limons entre Cadarache et Mallemort sera également sensible dans la mesure où les débits liquides y resteront faibles.

Il semble que jusqu'à Caumont, l'activité du lit vif sera suffisante pour assurer le transit des limons sans dépôts dans ce lit vif. Les études menées par EDF annoncent en particulier une absence de dépôts dans le lit vif à l'aval de Mallemort même avec le délimonage de Cadarache. Ces estimations devront cependant être confrontées avec la

réalité : en mars 1999, nous avons pu observer des dépôts de limons sur les bancs de gravier à l'aval immédiat de Mallemort au cœur du lit vif...

En revanche, il faut s'attendre à trois phénomènes aux conséquences majeures tant pour la capacité d'écoulement des crues que pour la qualité des milieux alluviaux :

- Les ripisylves basses non essartées constituent de parfaits pièges à limons. Relativement épargnées jusqu'ici grâce à la faiblesse des concentrations en limons, elles seront fortement sollicitées dans les prochaines années. L'observation de crues récentes sur plusieurs cours d'eau (Var, Aygues, Isère) a montré que des dépôts de plusieurs décimètres pouvaient avoir lieu au cours d'une seule crue. On peut donc craindre un exhaussement rapide de ces espaces si aucune mesure préventive n'est prise.
- A l'aval de Caumont, la conjugaison de la faiblesse des débits liquides, du déficit des apports de gravier et de la faiblesse des pentes favorise la formation d'un chenal étroit et profond entre des bancs perchés, dans la formation desquels les limons jouent un rôle prépondérant. L'accroissement des apports de limon accélérera ce phénomène au point de réduire de manière inquiétante la capacité d'écoulement du lit.
- Le colmatage des souilles d'extractions s'amplifie actuellement avec les nouveaux régimes de restitution à Mallemort. L'accroissement prévisible des apports de limon ne fera qu'amplifier le phénomène. Or, dès que des bancs émergent, leur colonisation par la végétation favorisera le piégeage des limons et leur exhaussement.

## **3.2 LES MOYENS D'ACTION**

### **3.2.1 MAITRISE DE L'EVOLUTION DES MARGES BOISEES**

Les marges boisées basses connaîtront à chaque crue débordante des dépôts de limon importants, qui favoriseront un exhaussement rapide de ces espaces.

Dans le fonctionnement naturel de la Durance, la divagation du lit permettait une érosion de ces espaces et donc une " remise des compteurs à zéro " à intervalles réguliers.

La Durance n'a plus aujourd'hui cette capacité de rajeunissement de ses marges boisées.

Il faut donc chercher à remobiliser les limons déposés en intégrant ces marges boisées au chenal actif : il s'agira d'inclure ces terrasses basses dans le chenal essarté à intervalle régulier, en déplaçant à chaque cycle d'essartement la bande essartée au sein des zones alluviales demeurées basses jusqu'ici.

### **3.2.2 GESTION DES RETENUES VIS-A-VIS DU TRANSIT DES LIMONS**

Les crues de 1994 ont mis en évidence le comportement contrasté des limons déposés dans les retenues selon leur degré de fixation

Les limons encore meubles sous eau sont facilement remobilisés en crue.

En revanche, les bancs de limons consolidés et fixés par la végétation se sont avérés particulièrement résistants.

Les études menées par EDF sur la retenue de l'Escale semblent indiquer qu'une modification des consignes de gestion pour abaisser le plan d'eau en crue peut permettre d'éviter de nouveaux dépôts, mais ne suffira pas à assurer la reprise des dépôts consolidés.

**Il faut donc rechercher des modes de gestion des retenues à ouvrages mobiles qui limitent au maximum de nouveaux dépôts.**

Sur les retenues de l'Escale et de Cadarache, EDF réfléchit actuellement au problème.

Sur la retenue de Mallemort, les consignes d'effacement actuelles à 500 m<sup>3</sup>/s assurent le transit des graviers. En revanche, elles n'ont pas empêché le dépôt de limons dans la queue de retenue, associé au développement d'îles boisées. Il serait donc intéressant d'envisager un effacement plus fréquent du barrage pour éviter le développement de ces dépôts, voire favoriser leur régression partielle. Cette transparence accrue paraît d'autant plus aisée à obtenir que la prise d'eau du barrage est aujourd'hui peu utilisée.

La problématique est similaire au barrage de Bonpas. Mais la marge de manoeuvre est plus faible, la prise d'eau d'irrigation étant utilisée presque toute l'année (période de chômage limitée à moins d'un mois).

La qualité physicochimique des sédiments remobilisables devrait être suivie (cf. §1.3).

### **3.2.3 AMENAGEMENT DES SEUILS**

L'enlèvement des souilles dans la traversée d'Avignon est préoccupant, car il peut déboucher rapidement sur une fixation des bancs par la végétation suivie d'un exhaussement rapide.

Des levés bathymétriques récents des souilles 67 et 68 montrent que la profondeur moyenne est comprise entre 2 et 4 mètres (sauf dans la partie amont de la souille 67, où les extractions viennent seulement de s'arrêter), avec des surfaces importantes où elle reste inférieure à 2 mètres. Or les extractions de matériaux avaient été menées à plus de 10 mètres de profondeur.

Cet enlèvement semble s'être accéléré récemment, en liaison avec l'accroissement massif des apports. Les restitutions à Mallemort, où les rejets de limon sont associés à des débits relativement faibles, doivent favoriser les dépôts à ce niveau.

**L'exemple des seuils du Var est à cet égard éloquent :** ces seuils qui séparent des souilles profondes (extractions sur 6 à 8 mètres de profondeur) sont équipés de microcentrales qui turbinent l'eau sous la cote du seuil. Malgré cela, des bancs de limons se sont développés. La végétation qui s'y est rapidement développée a favorisé la poursuite du dépôt des limons. Aujourd'hui, on observe de véritables terrasses boisées, perchées de 1 à 2m au-dessus de la crête du seuil, que le Var est devenu incapable de reprendre bien que ses

débits ne soient pas régulés. Le lit actif est réduit à 90m de largeur, contre 300 m initialement. La capacité d'écoulement des crues en est fortement réduite.

**Rien ne s'oppose sur la Durance à ce qu'on observe une évolution similaire, maintenant que les apports de limons sont rétablis.**

Les fortes crues peuvent reprendre les limons non fixés par la végétation, comme le prouvent les concentrations extrêmement fortes observées lors des crues de 1994 en aval des souilles (les eaux en sont devenues visqueuses). En revanche, elles n'ont guère d'effet sur les bancs fixés par la végétation, si ce n'est localement par élargissement du lit actif.

Les dépôts les plus importants doivent être observés d'une part lors des restitutions d'eaux très chargées, les vitesses dans les souilles restant insuffisantes pour assurer le transport des limons; d'autre part lors des crues faiblement débordantes sur les bancs végétalisés, qui doivent alors facilement piéger les limons.

**L'aménagement de passes mobiles dans les seuils** pourrait permettre de réduire cet enlèvement, d'éviter au moins partiellement l'affleurement des bancs hors d'eau, et donc leur végétalisation et le piégeage des limons qui en résulte.

On envisagera des ouvrages mobiles, gérés à niveau constant, assurant le passage d'un débit de 200 m<sup>3</sup>/s (le débit maximum de restitution à Mallemort est de 250 m<sup>3</sup>/s) sous le niveau des plans d'eau à l'étiage.

En l'absence de ces ouvertures, si toute la largeur du seuil restait efficace, la lame d'eau à 200m<sup>3</sup>/s serait voisine de 0.50 m. Le gain à attendre peut paraître alors modeste. Mais la formation de bancs végétalisés à partir des berges réduira rapidement la largeur efficace du seuil dans cette gamme de débit, et le gain à attendre sur les niveaux amont devrait dépasser 1 mètre.

Le niveau de stabilisation du lit amont sera abaissé d'autant.

Ces aménagements sont possibles sur les seuils 67 et 68, où les chutes sont suffisantes.

Le seuil CNR (cote 16.2 NGF) est calé à peine plus haut que les cotes normales du Rhône dans la retenue de Valabrègues. Les hauteurs d'eau à 200 m<sup>3</sup>/s sur le seuil atteignent là aussi 0.5 à 1 m. Un effacement partiel ou total du seuil permettra de favoriser le transit des limons dans le secteur de Courtine. La régulation du niveau par l'aménagement de Vallabrègues rend inutile la mise en place d'une vanne mobile de tenue des niveaux d'étiage.

### **3.2.4 ENTRETIEN DES LITS FIGES**

Les lits peu mobiles que l'on rencontre à Pertuis et à l'aval de Caumont sont soumis à des processus de formation de bancs limoneux, qui peuvent lentement réduire la capacité du lit.

L'arasement de tels bancs représenterait des coûts d'entretien prohibitifs, d'autant que la proportion de plus en plus faible de graviers interdira toute valorisation.

Il faut donc s'orienter vers des modes d'entretien du lit qui empêchent ou du moins limitent grandement les dépôts de limons.

L'essartement du lit devra être accompagné systématiquement dans ces secteurs d'une scarification de la surface pour favoriser la remobilisation des sédiments.

## 4 LA GESTION DE L'ESPACE ALLUVIAL

### 4.1 PROBLEMATIQUE ACTUELLE

- ☐ La faible mobilité actuelle du lit résulte de la faiblesse des débits liquides et du déficit des apports de gravier. Cette mobilité réduite favorise un **développement important de la végétation**, que seule la pratique des essartements permet de maîtriser.
- ☐ Sur la Durance, chaque lot est essarté périodiquement tous les 4 ans, suivant un chenal linéaire d'une largeur variant de 100 m à l'aval de Sisteron à 400 m à hauteur d'Avignon. L'essartement est aujourd'hui nécessaire pour assurer la sécurité hydraulique par le maintien d'un chenal d'écoulement des crues. Dans une certaine limite, cet entretien contribue à la préservation des espèces pionnières et des bancs de galets dénudés, par arrachage presque systématique de la végétation ligneuse.
- ☐ Toutefois, il a de fortes incidences négatives sur les aspects écologiques et paysagers, car il s'applique de manière répétitive aux mêmes surfaces et conduit à banaliser encore un peu plus la bande active. L'essartement a ainsi supprimé la quasi totalité des formations ligneuses au sein du lit vif, qu'il s'agisse des saulaies arbustives ou des îles boisées et a permis la propagation de la canne de Provence. L'essartement renforce également la tendance actuelle à une déconnexion entre le lit mineur et la ripisylve, qui s'exhausse inévitablement par piégeage des limons.
- ☐ Le caractère rectiligne et uniforme du chenal essarté contribue également à l'**homogénéité actuelle de l'habitat aquatique** durancien en limitant notamment la contribution de la ripisylve à la diversité du milieu. Avant aménagement, alors qu'elle n'était pas perchée, celle-ci prenait une place non négligeable dans cette hétérogénéité par les contacts eau-berge ainsi que, suite aux érosions latérales, par la production de bois morts (embâcles jouant le rôle d'abri).

Il faut noter que la **mobilité des bancs** et des atterrissements résulte principalement du glissement des bras vifs, et non de l'érosion superficielle du banc.

La **mobilité du lit** sera donc accrue par l'**accroissement des débits morphologiquement actifs** et par un **accroissement des apports de graviers**, et non par la modification des pratiques de gestion de l'espace alluvial : l'accroissement de la mobilité du lit par un ~~tracé moins rectiligne du chenal essarté ne pourra jouer que de façon plus modeste.~~



## 4.2 OBJECTIFS

Suite à ce constat, des pistes de gestion proposant des modes plus variés de gestion de l'espace alluvial et des interventions dans le lit sont proposées ci-après. Elles tendent à répondre aux objectifs suivants :

- ☐ **maintenir la capacité d'écoulement des crues** : en intégrant dans la réflexion la problématique de protection contre les crues sur les secteurs "à risques", il s'agit non seulement de ne pas aggraver la situation mais au contraire lorsque cela est possible de **réduire les risques hydrauliques**. En pratique, la largeur utile du chenal essarté sera adaptée aux enjeux hydrauliques.
- ☐ **freiner l'exhaussement des bancs et des marges boisées** : un des problèmes majeurs de la dynamique actuelle de la Durance est l'exhaussement inéluctable des terrasses boisées par dépôt des limons. Cette tendance n'est plus suffisamment contrecarrée aujourd'hui par une érosion latérale spontanée de ces terrasses. Il convient donc de chercher à limiter cet exhaussement en introduisant à intervalle régulier les zones basses dans le chenal essarté, pour en éliminer ou y limiter les dépôts de sédiments fins.
- ☐ **favoriser une recharge sédimentaire en gravier sur les tronçons déficitaires** : lorsque le rétablissement des apports amont sur un tronçon n'est pas envisageable à court terme, on cherchera à favoriser un développement maîtrisé des érosions latérales de terrasses de gravier notamment dans les sections rétrécies du lit.
- ☐ **redonner un paysage fluvial plus typique de la Durance**, en favorisant une plus grande diversité dans la géométrie du chenal essarté.
- ☐ **augmenter la capacité d'accueil de la faune sauvage dans le lit vif** liée tant aux bancs de galets qu'aux îles boisées.
- ☐ **favoriser les interactions entre les annexes latérales et le lit vif**, voire favoriser la création de nouvelles annexes.
- ☐ **aider au rajeunissement des ripisylves asséchées** (ripisylve à bois dur type Chênaie pubescente).
- ☐ **autoriser des stades de végétation variés dans le lit vif**, depuis les stades herbacées pionniers sur les bancs de galets jusqu'à la forêt en passant par les stades de végétation intermédiaires.
- ☐ **améliorer la qualité de l'habitat piscicole** en favorisant un contact efficace eau/boisement et une production de bois mort dans la bande active

## 4.3 ZONAGE DE L'ESPACE ALLUVIAL

La mise en place de pratiques alternatives de gestion de l'espace alluvial implique un zonage transversal, définissant précisément différentes enveloppes. Dans une perspective de gestion, ce zonage doit prendre en compte :

- d'une part, la hauteur relative des terrains : on distinguera les **zones basses** (lit vif et marge alluviale basse), sur lesquelles l'essartement de la végétation est utile pour l'écoulement des crues, et nécessaire pour éviter les dépôts de limon, et les **terrasses perchées** qui sont trop hautes pour être submergées par les crues moyennes, et qui ne pourront être remobilisées que par érosion latérale ou par des opérations de décapage très lourdes.
- d'autre part, l'espace au sein duquel les divagations de la Durance peuvent être acceptées par les riverains. En règle générale, on cherchera à épouser les contours des zones alluviales existantes. Mais des empiétements sur les terres agricoles pourront être envisagés lorsque ces terres sont particulièrement avancées sur la Durance, lorsqu'elles sont très basses ou lorsque leur protection est assurée par un ouvrage de défense que l'on souhaitera araser pour faciliter l'écoulement des crues.

On est ainsi conduit à définir les espaces suivants :

- **le chenal essarté** : c'est la partie du lit maintenue exempte de toute végétation pour assurer un bon écoulement des crues. Les contraintes hydrauliques imposent de disposer d'une largeur minimale continue, mais ne requièrent ni que cette bande essartée soit formée d'un seul chenal, ni que son tracé soit strictement rectiligne.
- **la bande essartable** : elle est constituée des terrains suffisamment bas pour qu'un essartement apporte un gain réel pour l'écoulement des crues et permette une reprise des limons qui auront pu se déposer. La bande essartable est donc ainsi l'espace au sein duquel peut être positionné le chenal essarté. Lorsque la bande essartable est plus large que la largeur hydraulique du chenal essarté, il sera possible de déplacer le chenal essarté d'une opération d'essartement à la suivante. Fixée par les contraintes topographiques, la bande essartable pourra s'élargir lentement au gré des érosions de terrasses hautes. Inversement, elle pourra se réduire si on laisse des secteurs s'exhausser par dépôt de limons sans jamais les essarter.
- **les îles boisées** : ce sont des îles au sein de la zone essartable qui sont conservées boisées sans être jamais essartées. Elles ne seront reprises que par la divagation normale des bras.
- **l'espace de mobilité recherchée** : c'est l'espace au sein duquel on souhaiterait voir la Durance divaguer à plus ou moins long terme. Il s'agit de l'espace de mobilité minimal nécessaire pour répondre aux objectifs tant écologiques que sédimentaires. Elle comprend la bande essartable et les terrasses hautes dont on favorisera la reprise par érosion latérale (voire par action mécanique).
- **l'espace de mobilité maximale** : c'est l'espace au sein duquel on acceptera les divagations latérales sans mettre en œuvre de travaux de protection contre les érosions. Il s'agit donc de la limite de la divagation acceptable d'un point de vue économique. On retrouve là la notion de "zone de divagation possible" promue par la Charte de la Durance de 1991. Ainsi, quand le bras vif atteindra la limite de la zone de mobilité recherchée, on ne favorisera plus le recul des terrasses, mais on ne le bloquera pas. En revanche, un développement du bras vif au-delà de la zone de mobilité possible conduira à envisager des mesures de protection des terres contre l'érosion latérale

L'implantation d'ouvrages discontinus de défense, tels que les épis, sera possible entre les limites des zones de mobilité recherchée et maximale, à condition que l'objet de ces ouvrages soit la protection des terrains situés en arrière de la zone de divagation maximale. Les ouvrages continus existants et conservés fixent la zone de divagation maximale.

## 4.4 MODES D'ESSARTEMENTS

Les modes d'essartement proposés se distinguent d'une part par l'ampleur des interventions envisagées, d'autre part par l'irrégularité globale du chenal essarté attendue.

Deux niveaux d'interventions sont envisagés :

- **l'essartement d'entretien des zones dégagées (mode A)**

Seules des zones dégagées sont essartées pour entretien : chenal essarté précédent et anses d'érosion ouvertes par la Durance. L'essartement reste donc une opération légère qui traite exclusivement de la végétation basse ou arbustive. Il s'agit du mode d'essartement actuellement pratiqué le plus souvent. Les coûts resteront donc similaires à ceux des pratiques actuelles. Mais les améliorations à attendre sur la dynamique du lit ou la diversité des milieux resteront faibles.

- **l'essartement d'espaces boisés bas (mode B)**

Outre l'essartement de zones dégagées, on envisagera l'essartement de secteurs de ripisylve peu élevés au-dessus du lit. De telles opérations seront évidemment plus lourdes à mettre en œuvre.

L'autre type de choix possible porte sur l'irrégularité du chenal : maintenir un tracé régulier et rectiligne, pour minimiser la sollicitation des berges, ou favoriser une plus grande irrégularité du chenal (sinuosités, îles) pour accroître la diversité des milieux et éventuellement favoriser une certaine mobilité du lit.

### A - OPTION " A1 " : CHENAL ESSARTE FIXE

Les anses d'érosion développées en dehors du chenal ne sont pas entretenues et se revégétalisent progressivement : c'est le cas aujourd'hui en plusieurs points (Cheval-Blanc...)

Cette option reprend essentiellement les pratiques actuelles d'essartement.

☐ La diversification du lit vif est extrêmement aléatoire. Elle n'aura lieu que ponctuellement lorsque le bras vif fera des incursions en dehors du chenal essarté. En dehors de ces cas, il est impossible d'obtenir des stades pionniers de végétation d'un âge supérieur à la durée du cycle d'entretien.

Application :

*Absence de marges latérales et/ou crainte de fragiliser les digues*

## B - OPTION " A2 " : CHENAL ESSARTE EPOUSANT LES BRAS VIFS

Cette variante consiste à adapter le tracé du chenal essarté aux anses d'érosion qui se sont spontanément développées, de façon à entretenir un lit vif au pied des terrasses, en espérant y favoriser ainsi une poursuite de l'érosion.

Parallèlement, cet élargissement du chenal permettra de laisser se développer des îles au sein du chenal.

Apparemment modeste, cette variante présente l'avantage de créer une certaine diversité dans le lit, d'aider - peut-être - à la divagation sans surcoût par rapport aux pratiques actuelles.

*Mode d'essartement minimal dans les secteurs à large zone de divagation possible, sans surcoût, mais qui ne permet guère d'éviter l'exhaussement par enlèvement des terrasses boisées basses.*

## C - OPTION " B1 " : CHENAL ESSARTE SIMPLE GLISSANT AU SEIN DE LA BANDE ESSARTABLE

Une fois défini le chenal essarté de manière linéaire (tel qu'il est actuellement), et les limites de la bande essartable, on déplace d'un cycle d'entretien sur l'autre la bande essartée au sein de la bande essartable.

Le cycle d'entretien reste identique au cycle actuel (rotation tous les quatre ans).

Tout comme pour l'option A1, le lit vif au sein du chenal essarté reste très homogène et peu diversifié. Les îles ne sont pas conservées du fait des sensibilités hydrauliques des tronçons concernés. En revanche, la végétation en marge des boisements est beaucoup plus hétérogène, puisque l'on peut obtenir des classes d'âge variées (de 0 à 8 ans dans l'exemple ci-après des Mées), et qu'en outre la surface gérée est beaucoup plus importante en raison du déplacement cyclique du chenal essarté. Contrairement aux options précédentes sans effet (option A1) ou avec effets possibles mais ponctuels (option A2) sur la mosaïque des habitats aquatiques, la mise en œuvre de ce type d'entretien ouvre des perspectives plus ambitieuses de diversification des habitats.

*Ce mode d'entretien sera appliqué préférentiellement dans les secteurs où la forte sensibilité aux débordements rendrait délicate l'acceptation d'îles et de sinuosités du chenal par les riverains, ou lorsque les ouvrages latéraux sont particulièrement sensibles à des attaques de bras vifs obliques.*

## D - OPTION " B2 " : CHENAL ESSARTE MOBILE + CREATION D'ILES

À la différence de l'option B1, l'enveloppe de la zone essartée est plus large puisque des espaces végétalisés sont conservés volontairement au sein du chenal. La superficie des îles et la largeur essartée sont ajustées de manière à ne pas modifier la capacité d'écoulement de la rivière. **Les risques hydrauliques ne seront en aucun cas accentués.** Les objectifs visés sont les mêmes que ceux de l'option B1, auxquels il faut rajouter ceux liés à la présence de boisements au sein du lit vif (amélioration de l'habitat piscicole, diversification du paysage, et création de zones refuge pour l'avifaune).

La position des zones non essartées répondra aux attentes suivantes:

- ☐ créer des îles dans le lit vif à des fins écologiques (avifaune et poissons principalement) et paysagères; ces îles ont vocation à servir de refuge pour la faune terrestre et à être conservées sans essartement (vieillesse des boisements et déconnexion par exhaussement possible)
- ☐ préserver des bandes boisées rivulaires le long des bras en eau pour créer des abris et ombrager le chenal (largeur minimale 5-10 m); ces massifs (saulaies arbustives et jeunes peupliers) sont destinés à diversifier les habitats au contact de l'eau, à apporter une source régulière de matière organique (débris ligneux, insectes,...) et à diversifier le paysage; ils pourront être détruits par la divagation des bras ou éventuellement arasés lorsqu'ils commencent à être déconnectés du cours d'eau (massifs éloignés des bras vifs, exhaussement)
- ☐ favoriser la diversité des faciès. C'est avec ce type d'intervention que la probabilité de contact eau-ripisylve sera la plus favorisée avec par conséquent les gains habitationnels les plus intéressants : contribution potentielle de différentes strates de la ripisylve (arbustes à branches déversantes, système racinaire des stades arborescents et arborés), fourniture de bois morts, mais aussi hétérogénéité physique induite par la création d'îles et la multiplication des bras vifs.

Les actions de ce type (potentiellement les plus bénéfiques) concerneront principalement les tronçons de Durance qui ont conservé une certaine mobilité du lit et qui sont déjà les plus intéressants au plan piscicole.

Ces actions seront d'autant plus efficaces au plan écologique qu'elles seront couplées à un rétablissement du transit sédimentaire et à une augmentation des débits coulant habituellement en Durance.

### Modalités de mise en œuvre du mode B2

- ☐ Les terrasses basses seront incluses progressivement dans la bande essartée pour respecter les sensibilités écologiques de la ripisylve. Dans la majorité des cas, l'intégration se fera par bande de 30 à 50 m de large, en fonction de l'importance des marges boisées disponibles. Rappelons que le mode B2 s'applique préférentiellement aux lits bénéficiant d'un espace de divagation large à très large et en bordure desquels la ripisylve atteint une largeur d'au moins 200 m.

Lorsque ces marges ont une largeur inférieure à 250 m (cumul sur les deux rives), leur intégration dans la bande essartée se fera très progressivement cycle après cycle par étape de 30 m essartés (cumul sur toute la largeur du lit vif). En contrepartie, il sera laissé systématiquement au sein du lit une largeur non essartée au moins équivalente à la bande de ripisylve essartée. Lorsque les conditions hydrauliques le permettent, la bande non essartée pourra même être plus large, pour favoriser la formation d'îles boisées plus importantes.

Lorsque les marges boisées ont une largeur supérieure à 250 m, leur intégration dans le chenal essarté se fera par bande de l'ordre de 50 m. En contrepartie, il sera laissé tout comme dans le cas précédent une bande non essartée au sein du lit vif d'une largeur au moins équivalente à 50 m. Ainsi, il sera possible d'obtenir plus rapidement de grandes îles boisées dans la Durance.

Les essartements proposés ne concernent que les terrasses basses, principalement occupées par des bois tendres, à croissance beaucoup plus rapide que les Chênaies occupant les terrasses hautes. On peut ainsi espérer obtenir là où les ligneux parviendront à se développer sur les zones non essartées, des arbres de hauts jets sur une période relativement courte (15 à 20 ans maximum). Pour mémoire, l'analyse par photo aérienne de la zone du Puy Ste Réparate avait permis de constater l'obtention d'une Populaie noire "adulte" partant d'un stade labile en moins de 15 ans...

Sur les secteurs où les marges boisées avoisinent les 200/250 m de large, leur intégration progressive par bande de 30 m dans le chenal essarté sera donc effective sur 6 à 8 cycles d'essartement environ (soit 24 à 32 ans).

Là où les marges boisées occupent une largeur cumulée supérieure à 250 m (largeur pouvant parfois même atteindre 800m), leur intégration dans le chenal essarté par bande de 50 m s'effectuera donc sur un minimum de 5 cycles d'essartement maximum 16, soit sur une période minimale de 20 ans (maximum 64 ans).

**Ces échéances permettront aux boisements ripicoles de se reconstituer progressivement sur les zones non essartées. Des stades arborescents pourront selon toute logique être obtenus dans le lit vif avant que la totalité de la ripisylve d'origine n'ait été incluse dans la bande essartée.**

Les largeurs de bandes ont été arbitrairement définies. Il n'existe en effet que très peu de données scientifiques permettant d'appréhender les largeurs minimales de boisements qu'il est souhaitable de préserver pour que les milieux restent attractifs pour la faune sauvage. Des valeurs de 30 à 50 m nous semblent toutefois représenter un bon compromis entre les contraintes à intégrer et les objectifs visés :

- intérêt d'obtenir des stades de végétation intermédiaires (de 0 à 15 ans), susceptibles soit d'être rajeunis périodiquement (par la Durance ou par essartement), soit de vieillir **spontanément**. Rappelons que ces stades se sont particulièrement raréfiés depuis les grands aménagements de la Durance, et qu'ils constituent un élément fort en terme de diversité des habitats et des espèces. Pour ces dernières, l'intérêt sera d'autant plus fort que la végétation pourra se développer dans le lit vif et donc jouer un rôle de zone refuge encore plus important. Il s'agira là également de contrebalancer la tendance actuelle de la Durance qui voit se développer une végétation ligneuse vieillissante et atypique des zones fluviales aux dépens des stades pionniers et intermédiaires.

- augmentation de la diversité paysagère du lit vif par la création d'îles boisées.
- nécessité d'inclure des terrasses basses dans la bande essartée à moyen terme, soit avant leur exhaussement et leur évolution irréversible en chenal. L'objectif est d'aider au renouvellement permanent des habitats propres au fonctionnement des milieux fluviaux.

L'intégration de la ripisylve dans le chenal essarté par bandes trop étroites (ex : 10 ou 20 m) allongerait le temps d'entretien des terrasses basses sur un temps très long, et ne pourrait entraver un exhaussement rapide des bancs. De plus, la création d'îles boisées se ferait très lentement par bandes étroites, probablement moins attractives pour la faune sauvage. Au contraire, des bandes trop larges risqueraient de menacer excessivement l'intérêt écologique des marges boisées, en les intégrant trop vite dans le chenal essarté sans qu'en compensation des boisements aient eu le temps de se régénérer sur les bandes non essartées.

Rappelons qu'en plus du rajeunissement périodique des marges boisées basses, il sera également conservé des îles boisées vieillissantes soustraites aux interventions d'essartement. De plus, les terrasses hautes ne sont pas incluses dans ce processus de gestion, l'intérêt écologique lié aux boisements âgés ne sera donc pas restreint.

□ Ce nouveau mode d'essartement nécessite de prévoir des chantiers expérimentaux pour en mesurer toutes les conséquences. Dans ce but, en parallèle à la mise en œuvre progressive de ce mode d'essartement sur une partie importante du linéaire, avec des largeurs de bandes essartées de 30 et 50 m (voir plus haut), des sites expérimentaux sont proposés (secteur de la Brillanne, secteur de Mérindol/Cheval Blanc) pour tester des déplacements plus rapides du chenal essarté au sein des marges boisées basses.

□ Par ailleurs, des précautions sont prévues vis à vis des zones agricoles et des sites naturels remarquables :

- Lorsque la zone essartable est au contact de terres agricoles, une bande boisée d'au minimum 30 m de large sera conservée contre les cultures, pour limiter au mieux les pollutions diffuses d'une part, et respecter la continuité de boisements d'autre part (préservation du corridor pour la faune sauvage).
- Les boisements abritant une flore et/ou une faune remarquable (ex : colonies d'Ardéidés, stations de plantes rares) ont été systématiquement exclus du chenal essartable. Ces zones exclues sont systématiquement reportées sur la carte au 1/20 000° des interventions, et font l'objet de préconisations particulières énoncées dans les fiches par tronçons. Les secteurs exclus de la bande essartable pour des raisons de sensibilité écologique ont été sélectionnés en fonction des résultats du diagnostic. Leur localisation devra donc être périodiquement réactualisée en fonction de l'évolution des sites.
- Les îlots remarquables, présentant un intérêt pour la faune piscicole (intérêt existant ou potentiel), ou pour des espèces à enjeux comme le Castor sont également préservées des essartements. Elles font l'objet de mentions spécifiques dans les fiches tronçons. Les îlots à faible enjeu écologique, colonisés, et peu attractifs pour la faune, ont été le plus

souvent en revanche incluses dans le chenal essartable, ou font l'objet de préconisations particulières (entretien, voire réhabilitation).

- - Un levé faunistique et floristique rapide sera systématiquement réalisé sur les terrasses boisées basses avant d'entreprendre toute opération d'essartement, pour recadrer les sensibilités écologiques et vérifier l'absence de station d'espèce remarquable. Les dates d'interventions éviteront la période critique de Mars à mi-Juin durant laquelle la plupart des espèces animales sont en phase de reproduction.

## E - ENTRETIEN SELECTIF DE LA RIPISYLVE

L'essartement est la principale pratique d'entretien de la végétation sur la Durance. Les modifications proposées ci-avant dans la mise en œuvre de celui-ci permettront de réduire ses effets négatifs sur le paysage et l'écologie du cours d'eau et de lutter contre l'exhaussement des marges boisées. En dehors de l'essartement, la forêt alluviale actuelle (5000 ha environ) ne nécessite pas d'entretien particulier. Sa grande richesse écologique doit au contraire conduire à de grandes précautions dans toutes les actions pouvant conduire à la destructions d'habitats.

Toutefois des opérations ponctuelles d'entretien peuvent être menées en réponse à des problématiques locales.

Le SMAVD réalise ainsi depuis 1997 des opérations d'entretien de la ripisylve. Le programme, prévu sur 3 ans, couvre environ 200 ha entre les communes de Cheval blanc et Pertuis. Il répond à des objectifs de type :

- hydraulique, visant à maintenir un bon écoulement des eaux et à favoriser la stabilité des berges, - forestier: limitation d'espèces envahissantes, amélioration de l'état sanitaire des peuplements, plantations, nettoyage de lône.
- paysager : entretien de sentiers.

Ce programme devrait être reconduit dans le cadre du schéma directeur, après recadrage des objectifs et des interventions. Certains aménagements sont en effet déjà prévus dans le schéma (gestion des lônes, maintien de la capacité d'écoulement des eaux...), d'autres peuvent se révéler localement contradictoires avec les préconisations dégagées dans cette étude (favoriser la stabilité des berges sur des tronçons déficitaires en matériaux, entretien de boisements sur des secteurs voués à évoluer spontanément...). Ainsi, les objectifs devront être adaptés aux orientations générales de gestion lors de la reconduction du programme :

- ~~hydraulique : actions limitées aux secteurs sensibles~~ : l'éclaircie sélective à l'aide de techniques douces (abattages ou débroussaillages sélectifs) doit alors permettre de limiter les opérations plus radicales (terrassement - défrichement)
- milieux naturels : interventions axées sur la lutte contre les espèces indésirables. Éventuellement plantation en bordure de terres agricoles pour rétablir un corridor de boisement.



- paysage : maintien d'un paysage de qualité, notamment au niveau des accès à la rivière et le long des sentiers.

## 4.5 MODALITES D'ENTRETIEN DES LITS FIGES

Les modes d'actions proposés sont les suivants :

- arasement de bancs sur les secteurs les plus colmatés et exhausés, avec utilisation de moyens lourds (décapage au bulldozer) : mais ces interventions devront être limitées en raison de leur coût et de la difficulté de stockage des limons ainsi dégagés.
- modifications des pratiques d'essartement : l'enlèvement de la végétation devra être associé à des opérations de scarification ou de charruage pour favoriser la remise en mouvement des limons.

## 4.6 MODALITES D'ENTRETIEN DES SECTEURS ENLIMONNES

### 4.6.1 LE SECTEUR DE COURTINE

Il y a peu, la souille de Courtine était considérée comme un des sites les plus riches de Durance pour l'avifaune. On recensait ainsi nombre d'espèces nicheuses remarquables : Rousserolles effarvate et turdoïde, Blongios nain, Butor étoilé, Marouette ponctuée, Bourscarle de Cetti, Cisticole des joncs, Héron pourpré, Busard des roseaux et enfin Lusciniole à moustache (la Durance étant le seul site continental de France où cette espèce est nicheuse).

En raison de l'exhaussement très important des bancs, ces roselières sont aujourd'hui déconnectées du plan d'eau en étiage. Il s'ensuit un assèchement provoquant le dépérissement progressif des roseaux et menaçant par contrecoup l'attrait avifaunistique du site. L'exhaussement des bancs rend également caduc le rôle de frayères et de nurseries potentielles que ces roselières pouvaient jouer pour les poissons d'eau calme.

En 1998, la CNR a entrepris des opérations de fauchage des roseaux en raison de la sensibilité hydraulique du secteur, afin d'améliorer l'écoulement des eaux en crue. **Le site de Courtine a donc perdu aujourd'hui une grande partie de son intérêt écologique, et ce malgré une bonne reprise des roseaux dès 1999.** Toutefois, les bancs étant toujours là, **les potentialités subsistent** tant sur le plan avifaunistique que piscicole. Des opérations de réhabilitation permettraient de retrouver rapidement l'intérêt écologique du site. Une reconnexion des roselières autoriserait non seulement le retour des espèces remarquables d'oiseaux d'eau, mais favoriserait également les populations piscicoles.

Différentes options de réhabilitation et de gestion du site sont ainsi proposées en intégrant au mieux les contraintes existantes, notamment la forte sensibilité hydraulique du site et les apports croissants des limons dans les années à venir. La proposition de réhabilitation par arasements rotatifs de bancs, envisagée dans le précédent rapport, est aujourd'hui restreinte à quelques hectares (15 % de la surface concernées), en raison des coûts de trop importants et du problème de stockage des matériaux dégagés.

3 opérations sont retenues :

### **Gestion du secteur de Courtine en liaison avec l'évolution des souilles 67 et 68**

Le colmatage rapide des souilles 67 et 68 devrait progressivement compenser la perte des roselières à court terme (avant 10 ans). Les bancs nouvellement formés seront sensiblement au même niveau que l'eau, ce qui permettra d'obtenir des roselières connectées, et donc pleinement fonctionnelles. Par ailleurs, la construction et l'exploitation de passes mobiles devraient limiter à moyen terme l'exhaussement des bancs comme cela s'est produit malheureusement à Courtine. On pourrait donc espérer une durée de vie plus longue des roselières des souilles 67 et 68.

### **Abaissement du seuil CNR de Courtine.**

L'abaissement du seuil de Courtine permet seul d'enrayer l'exhaussement de ce secteur par dépôt des limons. Les bancs existants ne seront pas rabaissés à la suite de la suppression du seuil, mais les érosions latérales provoqueront un rajeunissement des terrasses (de telles érosions sont déjà observables aujourd'hui ponctuellement). Cette érosion des bancs dégagera un espace de développement pour de nouveaux milieux humides à une altitude plus basse, mieux connectés avec la rivière. Il faut en effet noter que la crête du seuil se situe au-dessus (20 cm environ) du plan d'eau normal de la retenue de Vallabregues. L'abaissement du seuil réduira les niveaux d'écoulement pour des débits de 100 à 200 m<sup>3</sup>/s, favorisant la reprise des dépôts limoneux, mais ne changera pas sensiblement les niveaux d'étiage dans le secteur de Courtine.

### **Abaissements de bancs**

Une surface de 4 ha est proposée pour être réhabilitée. Cela représente environ 15 % à peine des bancs, et permettrait de tester l'efficacité à long terme d'une telle mesure, en liaison avec les autres aménagements proposés (abaissement du seuil), tout en tenant compte des contraintes économiques. Les arasements porteront sur des bancs exhaussés de moins d'un mètre (moindre problème de stockage des limons, coûts réduits), et viseront à ramener les bancs au niveau d'étiage.

Un entretien par fauche sera nécessaire sur ces 4 ha probablement tous les 6 ans (fréquence à ajuster en fonction de l'évolution du site). Le charruage pourra être autorisé si nécessaire pour aider à la reprise des limons. En revanche, tout entretien à grande échelle, type fauche rase sur l'ensemble des bancs, est à éviter dans la mesure où la sécurité hydraulique est assurée sur ce secteur. De même, les "entretiens" par utilisation d'herbicides sont bien évidemment à proscrire.

## **4.6.2 LE CAS DES RETENUES HYDROELECTRIQUES**

Le problème d'enlimonnement des barrages est crucial pour les trois retenues de Sisteron, l'Escale et Cadarache. Ces limons accumulés forment actuellement une vase cohésive extrêmement dure, très difficilement remobilisable lors des crues. De plus, le

développement des roselières sur les marges accentue la fixation des limons et contribue à concentrer la rivière dans un couloir central. Enfin, outre les problèmes techniques et économiques posés par l'efficacité réduite des barrages, l'enlèvement des retenues provoque des perturbations hydrauliques en cas de crue (handicap pour le passage des crues, augmentation des risques de débordement sur les zones riveraines), y compris sur le Verdon à l'entrée de Cadarache.

D'un point de vue strictement écologique, l'évolution spontanée des roselières tendra inévitablement vers des stades plus secs, avec disparition progressive des roseaux, ainsi qu'on peut l'observer sur Courtine. Il serait donc également souhaitable de prévenir la disparition de ces zones humides.

L'objectif visé est de coupler le maintien des roselières avec un délimonage des retenues. Pour que les deux soient compatibles, il sera nécessaire d'accepter, d'une part de remettre en eau une partie de la zone enlèvement, et par conséquent de perdre une partie des roselières, et d'autre part de conserver une partie des zones boisées et en roselières. Par ailleurs, cela implique sur ces secteurs de mettre en place des processus d'entretien répétitifs à longue échéance (de l'ordre de une fois tout les 10 ans par exemple).

Les éventuels décapages de bancs enlèvement devront être conçus pour ménager des zones basses connectées seulement par l'aval avec les chenaux où transitent des limons : cela permettra de réduire la vitesse de réenlèvement de ces secteurs abaissés.

Il est cependant rappelé que si le traitement de l'enlèvement des retenues se révèle écologiquement positif au niveau des plans d'eau eux-mêmes, un colmatage des substrats est envisageable à l'aval. Par ailleurs, la qualité physicochimique des sédiments remobilisables devrait utilement être suivie.

Dans la mesure du possible, les opérations lourdes de décolmatage (avec décapage mécanique des terrasses) ne devraient s'appliquer que sur une seule retenue à la fois, de manière à permettre à l'avifaune de se reporter sur les autres sites de nidification le temps des travaux. Les dates d'intervention devront impérativement respecter la période de reproduction des espèces sensibles (oiseaux d'eau, Castor, poissons), en évitant donc les périodes de mars à fin juin (ou du 15 février au 15 juillet pour plus de précautions). Il s'agira de limiter les impacts au moments des travaux : destruction directe de nids, couvées, fraies,... ou destruction par mise en suspension des limons.

## **4.7 ROLE ET DEVENIR DES OUVRAGES DE PROTECTION**

Les ouvrages de protection contre les érosions seront évoqués avec les ouvrages de protection contre les débordements (§ 5.4), de façon à bien mettre en évidence les différences entre ces deux fonctions.

## 4.8 GESTION DES MILIEUX

Quatre types de milieux en Durance doivent faire l'objet d'une attention toute particulière, pour des raisons à la fois d'enjeux écologiques, paysagers et de rareté :

- les îles boisées, saulaies arbustives du lit vif et stades pionniers intermédiaires,
- les roselières
- les pelouses sèches
- les annexes latérales (bras secondaires dans la ripisylve, annexes).

### 4.8.1 LES ÎLES BOISEES ET LES FORMATIONS PIONNIERES ARBUSTIVES

On se reportera pour cela au chapitre concernant les modifications des pratiques d'essartement. La création volontaire d'îles au sein du lit vif, la préservation de bandes boisées rivulaires sont en effet indissociables de la mise en place de pratiques alternatives d'essartement.

La politique de non essartement actuellement appliquée sur quelques îles boisées doit être poursuivie (sur les communes de Cabannes, Cavillon et Le Roy Ste Réparate). Malgré l'entretien important des boisements et leur déconnexion d'avec la rivière (surtout sur Cabannes), ces îles présentent l'avantage de former des stades arborescents dans le lit vif, ce qui ne pourra pas être obtenu ailleurs avant plusieurs années. Leur intérêt est d'autant plus important que les arbres de haute taille sont inexistantes ailleurs dans le lit vif. Ce choix est particulièrement intéressant pour la faune (oiseaux cavernicoles par exemple) et la qualité paysagère de la rivière.

Outre un intérêt pour les espèces aviennes et terrestres, la création volontaire d'îles présente l'avantage au plan hydroécologique de favoriser une diversité d'habitats déficiente à l'heure actuelle en initiant des possibilités de contacts efficaces eau – ripisylve (branches déversantes et systèmes racinaires non perchés), en multipliant les sources de bois morts et en étant à l'origine d'obstacles dans le lit actif (création de zones d'affouillement, mouilles, chenaux lotiques).

### 4.8.2 LES ROSELIÈRES

Les roselières étant par nature des formations végétales à dynamique rapide, elles tendent spontanément à évoluer vers des stades plus complexes à ligneux, et finissent naturellement par disparaître. Bien qu'elles se soient considérablement étendues depuis 40 ans, notamment au niveau des anciennes souilles d'extraction et des retenues hydroélectriques, elles ne représentent qu'un très faible pourcentage de la zone alluviale (moins de 3%). Leur existence suffit pourtant à expliquer l'apparition de nouveaux enjeux écologiques sur la Durance, liés essentiellement à la présence d'espèces paludicoles rares à très rares sur le plan national à européen, auxquels on peut rajouter des enjeux d'ordre paysager et dans une moindre mesure des enjeux floristiques.

La devenir de cette richesse est entièrement liée au maintien des roselières, donc au renouvellement cyclique de la formation. Or ce renouvellement périodique ne peut pas être assuré par le fonctionnement actuel de la Durance. Leur développement a été lié à la création artificielle de plans d'eaux en Durance dont l'alluvionnement est inéluctable.

Deux optiques de gestion peuvent être envisagées. Soit l'on accepte l'évolution spontanée des roselières, et donc par contrecoup la disparition inéluctable des enjeux écologiques et paysagers qui leur sont liés. Soit on décide d'intervenir pour les entretenir afin de préserver les enjeux. Notons que les roselières, de part l'importance écologique des habitats qu'elle procure, font l'objet d'une gestion spécifique sur la plupart des grands plans d'eau.

☐ Le choix entre ces deux modes de gestion doit être fait en appréhendant l'ensemble du linéaire de Durance (axe de migration), mais aussi en fonction des caractéristiques de chaque site, et des faisabilités techniques et financières.

Si l'intérêt de ces formations végétales est indéniable, notamment pour l'avifaune, il est moins évident au plan piscicole. Deux cas de figures doivent être différenciés :

- celui des roselières, généralement peu étendues, se développant au niveau d'annexes latérales correspondant à la lente régression d'anciens bras du lit vif ;
- et celui des roselières se développant en bordure ou en queue des plans d'eau artificiels (retenues E.D.F., souilles, amont des seuils et gravières du lit majeur proche).

Dans le premier cas, les développements végétaux n'apportent rien aux espèces à dominante rhéophile (aimant le courant) peuplant le lit actif. Atypiques, ils ne représentent pas pour autant un danger ou une gêne pour les poissons. La volonté de les préserver ou de les éliminer sera donc déterminée par d'autres critères de choix que les critères piscicoles.

Dans le deuxième cas, la création des plans d'eau a autorisé l'implantation simultanée de roselières et d'espèces de poissons limnophiles (aimant les eaux calmes) dont l'accomplissement du cycle vital peut nécessiter ou être favorisé par la présence de ce type de ceintures végétales. Des interventions visant à maintenir ces formations seront donc bénéfiques pour le peuplement piscicole en place. Individualisation nette d'un chenal d'écoulement - ou d'une zone centrale - dont la capacité est maintenue au cours du temps, réhabilitation localisée de la roselière par terrassement, création de chenaux ou de "clairières" communiquant par l'aval, ... en sont les maîtres mots.

**D'une manière générale, nous proposons donc de limiter les interventions d'entretien aux quelques sites présentant des enjeux majeurs. Sur la plus grande partie du linéaire de Durance en revanche, on acceptera l'évolution naturelle.**

~~Cette évolution pourra néanmoins être orientée en utilisant les autres modalités de gestion traitées dans ce document (modification de l'essartement et gestion des annexes latérales notamment).~~

### 4.8.3 LES PELOUSES SECHES

Les pelouses sèches de Château Arnoux et Vinon sur Verdon sont situées totalement à l'écart de la zone alluviale, et ont un fonctionnement complètement indépendant. Leur gestion est donc quelque peu du cadre du schéma directeur de Durancien. Toutefois, en raison des forts enjeux faunistiques et floristiques existants, des principes de gestion sont énoncés ici. En ce qui concerne la zone de Château Arnoux, nous proposons un statu quo, dans la mesure où on ne note pas d'évolution notable de la surface concernée depuis 1958. En revanche, une actualisation périodique des données ornithologiques est nécessaire pour évaluer régulièrement l'état des populations fréquentant la zone. Il est proposé également à titre de précaution la mise en place d'un APB sur ce secteur.

En ce qui concerne l'aérodrome de Vinon sur Verdon, la problématique est différente car ce secteur a perdu environ 30 % de sa surface en 40 ans (soit un peu plus de 35 ha). Cette perte est entièrement liée à une extension des terres cultivées sur les pelouses. Il serait aujourd'hui souhaitable de récupérer la surface perdue et ceci pour deux raisons :

- enjeu avifaunistique majeur : présence d'Otarde canepetière, Busard cendré, Caille des blés, Alouettes calandre et calandrelle,

- fort potentiel floristique : pelouse à bruyères, végétation éparse sur galets typique des milieux craviens, très fort contraste avec les milieux environnants. Deux types de mesures peuvent être proposés : l'acquisition des terrains ou la mise en place d'une convention de gestion avec les agriculteurs concernés. Dans les deux cas, une réhabilitation du site sera probablement nécessaire pour retrouver une physionomie de pelouse sèche. Une fauche tardive annuelle des repousses avec exportation des matériaux, réalisée durant les deux ou trois premières années, serait favorable aux pelouses.

### 4.8.4 LES ANNEXES LATÉRALES

#### A - SITUATION ACTUELLE ET MARGE DE MANŒUVRE

□ Contrairement aux roselières, les annexes latérales faisaient partie du paysage durancien originel ; elles étaient la conséquence d'un fonctionnement hydrodynamique actif aujourd'hui largement amoindri. Inexistantes de façon pérenne au centre du lit vif suite à la fréquence du renouvellement du tracé en plan et du remodelage des fonds, leur développement correspondait à l'abandon, la plupart du temps incomplet (maintien d'une ou de plusieurs connexions avec les bras principaux) d'anciens bras actifs excentrés.

Ces annexes latérales étaient le siège d'un développement notable de la ripisylve ; alimentées par la Durancien elle-même, par la nappe ou par la collecte de thalwegs latéraux, elles se caractérisaient donc, contrairement aux mortes, noues, reculées ou autres îlots fréquemment rencontrés au niveau des grands cours d'eau de plaine à lit méandrique, par l'existence de courants permanents et par un réchauffement estival limité. Au plan piscicole, elles intéressaient donc les espèces rheophiles qui y trouvaient des eaux plus

fraîches en été, un refuge contre les crues, des zones de nourrissage pour les jeunes stades et probablement, pour certaines d'entre elles, des frayères de type salmonicoles.

L'analyse cartographique a montré une nette évolution des annexes latérales sur 40 ans. En 1958, le nombre de bras secondaires en eau courante connectés à la fois par l'amont et par l'aval était beaucoup plus important. Parmi ces bras, ceux qui ont subsisté n'offrent le plus souvent qu'une connexion provisoire par l'aval, voire sont complètement isolés du lit vif. Par ailleurs les zones de transition milieu terrestre/milieu aquatique ont fortement évolué. En basse Durance, le linéaire de contact eau/bois a par exemple diminué de 38 %, alors qu'il a augmenté de 40 % en moyenne Durance mais a été reporté du lit principal sur des zones de confluence, avec un intérêt moindre pour le poisson car lié aux possibilités de connexion avec le bras principal.

Ces annexes ont donc fortement régressé depuis l'aménagement hydroélectrique de la Durance et, compte tenu de la faiblesse des débits transitant généralement dans le lit vif d'une part et de l'accroissement prévisible dans les années à venir des charges de limons transportées, elles sont condamnées à disparaître à plus ou moins court terme, sauf pour certaines d'entre elles bénéficiant d'une alimentation en eau indépendante de la Durance. Mais même si ces "reliques" de la Durance non aménagée ont perdu de leur fonctionnalité originelle, elles méritent au plan hydroécologique de bénéficier de mesures de conservation comme autant de points singuliers dans la vaste homogénéité du lit actif actuel et ceci d'autant plus qu'elles sont fort peu connues et justifieraient la mise en œuvre d'un programme d'études spécifique (diagnostic fonctionnel, dont les éléments pourront servir de guide et de référence temporelle en cas de réhabilitation).

Les modalités de formation et d'évolution d'une annexe restent peu prévisibles en raison d'un certain nombre de paramètres difficilement quantifiables : impact de la végétation aquatique et rivulaire sur le colmatage du bras, nature précise des différentes sources d'alimentation (nappe, rivière, rejets d'irrigation), vitesse et importance de l'enlimentement, connexion amont/aval, permanence ou non de la connexion etc. Les possibilités et l'intérêt de recréer de nouvelles annexes semblent donc assez limités. En effet, outre le fait que rien ne garantisse le succès d'une telle entreprise, les facteurs limitants débit et température risquent d'aboutir à la création d'une eau quasiment stagnante fortement réchauffée en été, accompagnée éventuellement d'un développement exubérant d'algues. De tels milieux annexes ne présenteraient alors aucun intérêt ni pour la faune pisciaire rhéophile du lit actif, ni pour les espèces limnophiles éventuellement présentes dans les zones calmes.

Il paraît donc souhaitable de ne pas provoquer volontairement ce genre de situation et de se contenter de suivre l'évolution du lit actif et d'éventuellement intervenir pour favoriser le maintien des annexes les plus remarquables en particulier par des apports de débit complémentaire (Cf. ci-après).

Il serait par ailleurs tout à fait illusoire d'entamer des opérations de restauration qui n'assureraient pas le fonctionnement hydrologique nécessaire tant à la pérennité de l'annexe qu'à son originalité.

## B - MODALITES D'INTERVENTION

Compte tenu de la sensibilité écologique probable de ces milieux, les interventions visant à



la réhabilitation et/ou à la conservation des annexes devront être légères et se limiter à la restauration d'un écoulement régulier susceptible à lui seul d'éviter les phénomènes d'enlèvement ou d'envasement, voire d'éliminer ces matériaux lorsqu'ils sont en excès. Pour les éléments non mobilisables par le courant (sédiments épais et/ou compactés, bancs fixés entraînant un cloisonnement longitudinal, "bouchon aval"), des opérations de dégagement mécanique pourront être envisagées. Mais la réhabilitation d'une annexe dépendra surtout des possibilités d'alimentation en eau. Cinq possibilités sont théoriquement envisageables, dans la mesure, bien sur, où il existe une proximité géographique suffisante entre source d'alimentation et amont de l'annexe :

- I. établir ou rétablir une connexion avec la Durance,
- II. établir ou rétablir une connexion avec un affluent,
- III. utiliser les débits excédentaires des canaux agricoles de restitution agricole,
- IV. utiliser une partie du débit transitant par le canal E.D.F.,
- V. favoriser les apports par la nappe.

La première solution présente le double inconvénient d'apporter de l'eau réchauffée et potentiellement chargée en limons. La seconde peut également amener les mêmes éléments défavorables relativement à la pérennité de l'annexe et/ou de son intérêt, notamment vis à vis de la charge en limons.

En ce qui concerne l'utilisation de débits provenant de surplus d'eau d'irrigation les inconvénients sont les mêmes que décrits ci-dessus. A noter toutefois que c'est de cette manière que sont alimentées la quasi totalité des annexes subsistant aujourd'hui en Durance.

L'utilisation d'eau provenant du canal E.D.F. présente un certain nombre d'avantages, notamment réchauffement limité par rapport à celui du lit actif de la Durance et qualité physico-chimique au pire équivalente à celle de la rivière (au niveau du lieu d'entonnement) ; elle pourrait être "négociée" dans le cadre d'une redéfinition de la valeur du débit réservé et de sa répartition géographique et temporelle.

L'alimentation par la nappe cumule les avantages : fraîcheur de l'eau, très faible charge en éléments fins, meilleure qualité physico-chimique que les eaux de surface mais souffre toutefois de débits disponibles faibles dans la généralité des cas.

Dans l'hypothèse où le débit d'alimentation se révélerait trop faible, les possibilités de recharger la nappe à l'amont et/ou de la drainer à proximité de l'annexe mériteraient d'être étudiées. Une alimentation mixte (nappe + Durance ou nappe + émissaire de thalweg par exemple) pourrait par ailleurs être envisagée.

## 4.9 PRINCIPES DE REAMENAGEMENT DES GRAVIERES

### 4.9.1 PRINCIPES GENERAUX

On compte environ une cinquantaine d'anciennes gravières en eau\*, auxquelles il faut ajouter une quinzaine de sites en cours d'exploitation. Moins de 10 % des gravières présentent réellement un intérêt écologique (gravières anciennes, très évoluées ou correctement réaménagées). L'évolution spontanée des bassins non réaménagés est souvent très longue (parfois de l'ordre de plusieurs dizaines d'années) et donne à terme des résultats inégaux : l'adoucissement naturel des berges, la formation d'un fond favorable à la vie aquatique et le développement de ceintures de végétation, apparaissent avec une rapidité très variable suivant la configuration initiale du bassin. De plus, la capacité d'accueil d'une gravière réaménagée correctement après extraction est sans comparaison avec une gravière non réaménagée (développement de la végétation amphibie très lente, intérêt écologique limité, parfois même lorsque les bassins sont très âgés).

Le réaménagement écologique des gravières utilise aujourd'hui des techniques dont l'efficacité est prouvée, et qui permettent non seulement d'accélérer très fortement les processus d'évolution naturels des gravières (donc d'accéder plus rapidement à un stade attractif pour la faune et la flore), mais aussi d'obtenir un résultat "final" supérieur à ce qui aurait été sans aménagement "artificiel".

Les grands principes d'aménagements écologiques sont les suivants :

- adoucir les berges pour favoriser la colonisation par la végétation (l'angle de pente idéal est inférieur à 5 %, mais il est difficile à obtenir sur les gravières où le front d'exploitation est subvertical). Cette action peut être renforcée par l'apport de terre végétale et/ou par des plantations. L'aménagement de doubles ou de triples berges crée des zones en eau peu profondes dans lesquelles s'installent rapidement les roselières, source de diversification du milieu, zones de refuge et de reproduction pour la faune...
- maintenir ponctuellement des berges subverticales afin de conserver des milieux attractifs pour la nidification de certaines espèces particulières : Martin-pêcheur, Hirondelle de rivage, Guêpier. Toutefois, pour que ces oiseaux puissent y creuser leurs galeries les matériaux doivent être suffisamment meubles : sable ou argile. Les digues en remblais dur et berges compactées ne peuvent donc convenir.
- donner un contour sinueux aux rives pour augmenter le contact terre/eau, assurant un maximum de diversité et de tranquillité pour la faune (territoires de reproduction, zones d'alimentation).
- ~~diversifier la profondeur des bassins en créant des secteurs de haut fond favorables au développement du phytoplancton et des invertébrés benthiques.~~ De plus, certains secteurs

---

\* Les toutes petites gravières et trous d'eau ne sont pas comptabilisés

peuvent alors se retrouver en assec pendant l'été (minéralisation des vases, germination des végétaux aquatiques...).

- créer des îlots, territoires sécurisants pour la faune, pour augmenter les possibilités de reproduction et de stationnement.

- diversifier la végétation rivulaire : saulaies, roselières, végétation herbacée rase...

La taille d'un bassin joue considérablement sur sa richesse écologique. Les petits plans d'eau ne peuvent abriter que de très petites populations animales. Les équilibres écologiques sont également plus fragiles et soumis à de fortes variations. Les grandes gravières sont plus stables et offrent davantage de potentialités. Il est communément admis que la taille idéale est comprise entre 5 et 20 ha. Au dessus de cette surface, il peut être préférable d'aménager des bassins de taille réduite, afin de faire varier les modes de gestion d'un bassin à l'autre et de diversifier la capacité d'accueil. Les très grandes gravières ont cependant un rôle attractif important sur l'avifaune en migration et en hivernage (Canards notamment), mais restent rares sur les bords de Durance, l'avifaune se reportant davantage sur les grandes souilles du lit vif et sur les retenues des barrages hydroélectriques;

Sur le plan piscicole, le reprofilage des berges (amoindrissement de la pente et création d'encoches dans le tracé rectiligne des bords) et le cas échéant la création d'îles sont des éléments importants du réaménagement. Des plantations étagées peuvent également être envisagés (voir aussi chapitre 6.4).

#### **4.9.2 NATURES DES AMENAGEMENTS ET SITES CONCERNES**

##### **A - AMENAGEMENTS ECOLOGIQUES DE GRAVIERES**

□ Deux sites sont proposés pour être réaménagés : le bassin de la Ferratière et celui situé juste en face du seuil 6 (le Puy Ste Réparate). Il s'agira d'améliorer la capacité d'accueil de ces bassins, jusque là faiblement attractif. Les travaux seront essentiellement axés sur des adoucissements de berges (doubles ou triples berges), associés à des création d'îlots.

À ceci il faut ajouter le secteur en fin d'extraction sur Peyrolles en Provence au Domaine du Plantain. À terme, deux grands ensembles de 40 ha chacun seront réaménagés, l'un à vocation de loisirs et l'autre voué aux milieux naturels. Sur ce dernier, et au regard du potentiel important (très grande surface d'un seul tenant), des aménagement écologiques d'envergures pourraient être réalisés. Les axes d'intervention devront essentiellement porter sur :

- la diversification des fonds, tant pour la faune aquatique que terrestre,
- la diversification des berges (adoucissements, création de falaises),
- l'aménagement de zones propices au développement de roselières et de saulaies humides,

- la formation d'écran visuel (plantations) pour limiter le dérangement et la résorption des traces d'extraction (intégration paysagère des bâtiments restants, nettoyage des traces d'exploitation).

Un suivi des réaménagements est prévu dans le cadre de l'observatoire Durance.

☐ Sur quelques souilles, la nature de l'alimentation en eau (qualité et quantité) devra être étudiée :

- problème d'assèchement périodique sur la gravière de St Estève- Janson et sur Sanfla,
- problème qualitatif des arrivées d'eau liées à des rejets de stations d'épuration (le Puy St Réparate, St Estève, Orgon...).

On recherchera dans ce cas soit la récupération d'eau d'irrigation lorsque cela est possible, soit l'amélioration de la qualité des rejets de station (après diagnostic de la station), soit une dérivation des rejets pour éviter une pollution directe des gravières.

☐ Une maîtrise des accès est nécessaire sur les secteurs sensibles, d'une part pour limiter les dérangements causés par la fréquentation humaine, et pour éviter les conflits d'usages et les dépôts sauvages d'autre part. Le problème se pose particulièrement au Puy St Réparate, sur les gravières de Beaumont, aux souilles d'Orgon... Divers aménagements doivent être mis en place : pose de barrières ouvrables ou plots anti-véhicule, création de parking à l'entrées des souilles, résorption des anciennes pistes d'accès par les carriers, réglementation des usages....

☐ Les gravières présentant un intérêt écologique déjà très important, tels que certains bassins du Puy St Réparate, les anciens plans d'eau aval de Beaumont de Pertuis ainsi que les zones humides de Château-Arnoux, ne nécessitent pas d'aménagement écologique. Ces secteurs seront laissés à leur libre évolution.

## B - PREVENTION DES RISQUES DE CAPTURES ET GESTION DES GRAVIERES CAPTUREES

### **Prévention des risques de capture :**

Plusieurs secteurs sont concernés : les plans d'eau en amont de la confluence de l'Asse (usage touristique), la Réserve Naturelle de st Estève Janson, les plans d'eau d'Orgon et de Plan d'Orgon. Un confortement de leurs digues de protection est préconisé.

### **Gravières capturées :**

#### **\* PLAN D'EAU DE LA ROQUE D'ANTHERON**

Suite à la capture de 1994, la Durance circule dans la gravière de la Roque d'Anthéron. L'ancienne digue de séparation a été supprimée. Des arasements de bancs dans le lit sont prévus sur ce secteur (lit trop haut), les matériaux dégagés seront réutilisés pour achever l'engravement du plan d'eau.

#### **\* SOUILLE D'ORGON**

Évolution spontanée du site, aucun réaménagement n'est envisagé.

#### **\* GRAVIÈRES DE MALLEMORT**

Il est prévu d'élargir le lit à ce niveau afin d'assurer une recharge sédimentaire et d'abaisser les niveaux de crue. Les épis en revanche ne seront pas retouchés. Les gravières sont aujourd'hui en partie réengravées, et devraient progressivement se colmater par des fines. Ce colmatage permettra de répondre à deux objectifs :

- la rétention de limons pour éviter leur dépôt plus à l'aval sur des sites sensibles (terrasses boisées basses, souilles d'Avignon).
- la création "spontanée" de zones humides par accumulation des limons.

#### \* AUTRES

Il n'est pas prévu d'aménagement d'autres gravières captées. Leur ancienneté et les conditions de leur capture rendent inutile des aménagement à but morphodynamique. De plus, les bassins sont aujourd'hui suffisamment évolués pour être attractifs et des aménagement écologiques seraient superflus (gravière de Cabannes).

### C - GRAVIERES EN COURS D'EXPLOITATION

Il est plus intéressant d'étudier les possibilités de travaux en commun avec les exploitants lorsque les sites sont en fin d'extraction. Le coût des travaux peut en effet être largement réduit lorsque la structure d'exploitation est encore sur place (machines et outillage disponible, obligation pour le carrier de remettre le site en état)...

Toutefois, la vocation réelle du futur plan d'eau doit être réfléchie avant d'entreprendre les travaux de restauration. En effet, certains usages sont peu compatibles avec la vocation "milieux naturels" d'un site. Les loisirs liés à l'eau, tels que la baignade, le canotage, et dans une moindre mesure la pêche et la promenade, nécessitent quelques aménagements particuliers : sentier, zones d'accès à la gravière, éventuellement plage, parking, zone de détente... difficilement conciliables avec une vocation écologique. Surtout, la fréquentation inhérente à ce type d'activité est nuisible à la tranquillité de la faune sauvage.

Cependant, dans certains cas, on peut envisager des objectifs multiples : valorisation "touristique" et valorisation écologique. Pour être réalisable, ce choix doit être étudié au cas par cas, les sites choisis devant répondre à plusieurs impératifs :

- superficie du site suffisamment importante. Il est préférable de réserver une vocation unique aux plans d'eau d'une taille inférieure à 10 ha. En revanche, sur les gravières de taille plus importante, on peut envisager une sectorisation des activités, ex. : une partie du bassin peut être laissée en libre accès pour la pêche, le reste (de préférence la partie la plus "sauvage" et la plus "évoluée") étant soustrait à la fréquentation et préservé à des fins écologiques.
- sensibilité écologique actuelle faible ou peu importante. Quels que soient les objectifs fixés, on fera un diagnostic préalable de la sensibilité écologique. Une gravière peu attractive pour la faune, n'abritant pas d'espèce remarquable, et peu évoluée, peut sans crainte accueillir des activités de loisirs. En revanche, des précautions sont à prendre pour les sites vulnérables : fréquentation limitée, compatibilité des aménagements anthropiques avec la capacité d'accueil et la sensibilité du site.
- enfin, le choix d'une ou plusieurs vocations peut être défini en fonction de l'environnement général du site. En l'absence de milieux latéraux riches sur le plan

écologique, il peut être intéressant de promouvoir la vocation "milieu naturel" et de développer les potentialités existantes par des aménagements écologiques. La création d'une zone attractive au sein d'un environnement à faible sensibilité écologique peut en effet permettre de créer une zone refuge, et servir ainsi de "site relais" pour la faune et la flore

Parmi la dizaine de sites en cours d'exploitation ou d'utilisation pour le stockage et pouvant faire à terme l'objet de réaménagement, citons :

- Manosque :
  - aval du pont rive droite
  - amont du pont rive droite (deux sites)
- Villeneuve, "les Rabalines"
- Vinon sur Verdon (deux sites)
- Mallemort
- Cheval blanc / la Grande Bastide
- Cavaillon / la Petite Tapy
- Châteaurenard (zone de l'Anguillon)
- Rognonas

## 5 LA GESTION DES CRUES ET DES RISQUES D'INONDATION

### 5.1 ENJEUX ET OBJECTIFS

Trois points importants doivent être rappelés en préalable à toute réflexion sur la gestion des crues et des risques d'inondation.

**Il faut clairement distinguer risque d'érosion et risque d'inondation.**

Le fait que beaucoup de « digues », sur de nombreux cours d'eau, jouent un double rôle de protection vis-à-vis de ces deux risques (vis-à-vis des inondations par leur hauteur, vis-à-vis des érosions par leur revêtement) entretient la confusion. Pourtant, il s'agit bien de deux mécanismes totalement distincts, qui appellent des réponses différentes. La distinction est particulièrement importante sur la Durance.

**L'analyse de tout problème d'inondation doit reposer sur une double vision : les effets locaux et les effets pour l'aval.**

Les effets locaux portent sur les conditions du débordement (fréquence, ampleur, modalités - rupture de digues ... -) et les conditions d'écoulement dans la zone inondable (hauteur d'eau, vitesse, durée de submersion, ...).

Les effets pour l'aval proviennent des modifications des conditions de propagation des crues dues à ces effets locaux, qui peuvent se traduire par la modification des débits de pointe, des temps de propagation, de la forme des hydrogrammes...

Il nous faudra garder en permanence à l'esprit ces deux facettes d'un même phénomène.

**Tout projet de protection doit envisager les conséquences de son dépassement.**

Un ouvrage de protection doit être conçu pour supporter sans comportement catastrophique un dépassement des hypothèses de projet.

### **5.1.1 LES POINTS MARQUANTS DE L'ETAT ACTUEL**

**L'évolution de la capacité du lit a été très contrastée selon les secteurs.**

Deux tendances se sont opposées depuis 50 ans.

L'abaissement du lit sur de nombreux tronçons a accru fortement la section d'écoulement dans le lit principal (secteurs de Manosque, de Peyrolles, de Caumont,...).

Mais parallèlement, la suppression des crues ordinaires a favorisé le développement de la végétation dans le lit. Le chenal essarté maintenu par EDF est en général plus étroit que le lit vif (nu) antérieur. La largeur moyenne du lit vif est passée ainsi de 560 m en 1930 à 280 m aujourd'hui. La capacité d'écoulement du lit en a été sensiblement réduite.

Ainsi, des tronçons où l'abaissement du lit l'a emporté, supprimant les débordements pour une crue comme celle de 1994 (Villelaure, Meyrargues, Caumont amont) s'opposent à d'autres tronçons où le lit n'avait pas baissé (voire s'était légèrement exhausé), et où les débordements ont été particulièrement violents (secteur Lauris/Mallemort, en particulier).

**Les grandes digues longitudinales et les axes autoroutiers qui assurent de fait un rôle de digue ne sont pas toujours calés au niveau de la crue centennale.**

En moyenne Durance, l'autoroute A51 est submersible en crue centennale à Peyruis, Ganagobie et Manosque.

En basse Durance, l'endiguement de Pertuis, renforcé après la crue de 1994, constitue la première étape du dispositif de protection de la zone d'activité qui convient de parachever en supprimant toutes sources de perturbations hydrauliques.

La protection de Cavaillon pour une crue de 5000 m<sup>3</sup>/s est en cours, mais n'est pas encore achevée.

L'autoroute A7 en rive gauche est en limite de submersion à 5000 m<sup>3</sup>/s en plusieurs points (Orgon, Cabannes).

En poursuivant vers l'aval sur la rive gauche, la digue des Alpines à Châteaurenard, puis la digue entre les ponts de Rognonas et de Barbentane présentent des risques ponctuels de surverse.

En rive droite, la digue palière d'Avignon n'est pas submersible à 5000 m<sup>3</sup>/s, mais la revanche peut paraître insuffisante en regard des enjeux protégés.

**Ailleurs, l'écoulement des crues est conditionné par un système de protection complexe et peu fiable, qui ne correspond pas à l'occupation actuelle du lit majeur.**

De vastes zones sont protégées par des systèmes de protection complexes, voire anarchiques, dont le comportement en crue est imprévisible et peut s'avérer parfois brutal : Les Mées, Oraison, Le Puy-Sainte-Réparate, Cadenet, Lauris - Mallemort, Sénas - Cheval-Blanc, Caumont.

A la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, le principal ouvrage de protection était le grand épi perpendiculaire au lit : sa fonction était de limiter les divagations du bras vif tout en



favorisant l'enlèvement des terres en amont des épis. L'exhaussement de ces terres en réduisait d'ailleurs peu à peu la submersibilité. Le terrain naturel présente aujourd'hui des dénivelées qui peuvent dépasser deux mètres de part et d'autre des épis.

Dans ce système, la plaine restait submersible.

Progressivement, les épis ont été reliés par des levées longitudinales: il s'agissait parfois de digues en dur, mais le plus souvent de simples bourrelets de terre étroits et irréguliers.

A l'occasion de l'avancée des terres agricoles sur les forêts riveraines, de nouvelles levées ont parfois été réalisées de plus en plus près de la Durance, doublant les précédentes.

Les bourrelets et pistes laissés par les exploitants de granulats ont encore ajouté à la confusion.

Dans la plaine, le dépôt des produits de curage des canaux d'irrigation sur les bords a conduit progressivement à l'apparition de petites levées peu fiables, mais qui peuvent guider les écoulements faiblement débordants. Enfin, les voies en remblai, les décharges et les haies pare-vent contribuent aussi à la compartimentation du lit majeur.

L'ensemble de ces éléments conduit à des modalités de débordement très complexes, extrêmement sensibles à des points de détail (point bas dans une levée, embâcle, position du bras vif, rupture d'une levée) et donc imprévisibles.

En outre, il s'agit d'un comportement à seuil très marqué : une crue peut ne pas déborder, tandis qu'une autre, à peine plus forte, pourra engendrer des hauteurs d'eau importante, par le jeu combiné des ruptures de digue, des accumulations d'eau, des écoulements débordants qui ne peuvent plus retourner au lit principal, de la topographie de la plaine (elle se trouve parfois à peine au-dessus du lit ou s'abaisse quand on s'éloigne de la Durance).

**L'urbanisation diffuse a rendu certaines zones beaucoup plus vulnérables aux inondations.**

L'occupation de la plaine de la Durance a en effet évolué : aux quelques fermes anciennes peu vulnérables s'est ajoutée au fil du temps toute une urbanisation diffuse, plus sensible aux inondations.

La protection assurée par des ouvrages qui se sont développés anarchiquement n'est pas adaptée à la nouvelle occupation de la plaine (fréquence des débordements, mais surtout manque de fiabilité des ouvrages et comportement brutal en cas de débordements).

**L'aménagement de la plaine inondable est un enjeu très sensible sur la Durance.**

L'Etat a imposé depuis 1992 une politique très restrictive de développement de l'urbanisation dans les secteurs menacés, mal vécue par les communes.

Celles-ci, tout en ayant pris conscience des risques d'inondation, réclament un assouplissement des contraintes imposées sur quelques zones qu'elles considèrent comme stratégiques pour leur développement.

---

### **5.1.2 SELECTION ET HIERARCHISATION DES PRINCIPES DE GESTION POUR DONNER UNE COHERENCE AU SYSTEME DE PROTECTION**

L'analyse de plusieurs hypothèses contrastées d'aménagement, menée lors de la réflexion sur les scénarios d'aménagement, a mis en évidence que l'aspect « effet sur l'aval » n'est pas primordial dans la réflexion sur la gestion des risques d'inondation, et ne prime pas sur l'aspect « modalités locales de débordement ».

En effet, il apparaît que la forte pente générale de la vallée (de 4 ‰ à 2 ‰) a toujours limité grandement le rôle d'écêtement de la plaine même dans un état peu aménagé. Ce sont surtout les multiples obstacles aux écoulements mis en place au fil des années qui jouent un rôle de rétention ponctuelle et de ralentissement des crues. Mais ces effets restent de toute façon modeste (de l'ordre de  $\pm 5\%$  sur les débits de pointe).

Une politique d'endiguement excessive aussi bien qu'une politique de suppression systématique des obstacles aux écoulements tendraient à augmenter les débits de pointe de crue en aval.

Ces réflexions doivent nous permettre de dégager les principes qui conduisent aux choix d'aménagement.

#### **Sécuriser le système de protection.**

Parmi tous les ouvrages existants, irréguliers et disparates, il faudra sélectionner ceux nécessaires pour assurer un niveau de protection satisfaisant de la plaine. Les ouvrages nécessaires devront être renforcés pour supporter des déversements sans rupture. Les ouvrages non nécessaires devront être arasés ou du moins abaissés à une hauteur qui évite des ruptures graves (hauteur inférieure à 1 mètre).

#### **Eloigner les ouvrages de protection de l'espace de mobilité de la Durance.**

Cet objectif, cohérent avec les réflexions menées sur la gestion de l'espace alluvial, a un triple intérêt :

- intégrer à l'espace de mobilité les terres basses difficiles à protéger et facilement érodables
- éviter les restrictions inutiles de l'espace de mobilité de la Durance
- éviter de devoir recourir à des ouvrages de protection contre les érosions, souvent onéreux et lourds à entretenir, pour assurer la fiabilité des levées de protection contre les débordements.

#### **Ménager un espace d'écoulement des crues moyennes le plus large possible.**

La restauration d'un espace d'écoulement des crues moyennes (jusqu'à 2000/2500 m<sup>3</sup>/s) le plus large possible permettra de garantir un comportement du système plus satisfaisant.

---

Il semble qu'une largeur proche de 1000 m entre les lignes de protection des deux rives est un objectif raisonnable sur beaucoup de tronçons, en dehors bien évidemment des traversées urbaines.

Il ne faut pas confondre cet espace d'écoulement avec l'espace de mobilité de la Durance : la préservation d'un espace d'écoulement n'est pas incompatible avec l'existence d'ouvrages limitant la divagation du lit (épis submersibles).

### **Eviter les axes de débordements divergents.**

Ces axes de débordements divergents, liés à la structure en toit de certains tronçons de la basse vallée, peuvent conduire à des accumulations d'eau importantes contre des obstacles loin de la Durance. Ils sont sources de risques importants difficilement quantifiables a priori, et souvent dommageables parce qu'ils touchent des secteurs éloignés du lit principal, et donc perçus comme peu menacés.

### **Assurer un niveau de protection adapté à l'occupation du lit majeur.**

Nous proposons de retenir les niveaux de protection suivants .

5000 m <sup>3</sup> /s et 6000 m <sup>3</sup> /s	zones urbaines
4000 m <sup>3</sup> /s *	urbanisation diffuse
3000 m <sup>3</sup> /s	zone agricole éloignée du lit
2000 m <sup>3</sup> /s	zone agricole proche du lit

Mais il doit s'agir plus d'ordres de grandeur que de valeurs intangibles.

En premier lieu, il ne faut jamais oublier la variabilité des conditions d'écoulement des crues en Durance (évolutions du lit en altitude et en plan, état de développement de la végétation).

La recherche d'une plus grande mobilité du lit (restauration du transit des graviers, modalités d'essartement plus complexes, ...) conduira nécessairement à une variabilité accrue des conditions d'écoulement. Il serait vain d'annoncer dans ce contexte des niveaux de protection à 100 m<sup>3</sup>/s près.

En second lieu, il ne saurait être question de modifier systématiquement, par principe, le système de protection pour atteindre ces valeurs, en particulier lorsque le niveau de protection actuel est supérieur à la valeur cible, s'il n'y a pas en face de gain net à en attendre.

L'abaissement du niveau de protection n'est envisagé en pratique que dans deux cas :

- pour assurer un meilleur comportement des écoulements à proximité d'une zone plus sensible. C'est en particulier le cas des multiples levées qui se trouvent entre la Durance et la ligne de protection que l'on a choisi de valoriser pour mieux protéger les zones plus

éloignées du lit. L'arasement de ces levées conduira souvent à un accroissement local de la fréquence de débordement des terres situées entre la Durance et la ligne de protection.

- pour prévenir un comportement catastrophique en cas de rupture : un des leitmotivs du schéma sera de toujours préférer une inondation plus fréquente, mais progressive, à une sécurité illusoire qui tourne à la catastrophe lorsque l'ouvrage se rompt brutalement. La crue de 1994 a montré que c'est au pied des brèches ouvertes dans les épis et les levées que les terrains agricoles ont été les plus endommagés.

**Eviter toute aggravation des risques de crue à l'aval, et les réduire dans la mesure du possible.**

On retrouve là les thèmes abordés dans l'analyse des hypothèses contrastées d'aménagement. Nous avons montré que les effets des options d'aménagement sur les débits de pointe resteront modestes. Il convient cependant à veiller à ce que les niveaux de protection visés ne remettent pas en cause les niveaux de protection retenus à l'aval.

**Optimiser les dépenses d'investissement et d'entretien.**

Ce principe doit conduire d'une part à renoncer à des aménagements ambitieux si le gain escompté est modeste, d'autre part à chercher à réduire au total le linéaire d'ouvrages de protection dans la vallée de la Durance, de façon à réduire les dépenses d'entretien.

Dans la mesure du possible, l'utilisation des ouvrages existants sera privilégiée.

Souvent, l'application de ces principes ne laisse guère de choix d'aménagement. Seules des adaptations locales sont possibles.

On mènera par exemple sur beaucoup de tronçons la démarche suivante :

- Pour s'éloigner de l'espace de mobilité et élargir l'espace d'écoulement des crues moyennes, on arasera les levées les plus proches du lit et on raccourcira ou abaissera les épis.
- La suppression de ces levées accroîtra les risques sur la plaine : en compensation, il faudra choisir une ligne de protection qui sera renforcé pour retrouver un niveau de submersion de la plaine compatible avec les implantations qui s'y trouvent.
- Cette ligne de protection sera appuyé dans la mesure du possible sur les ouvrages existants pour réduire les besoins d'investissement.
- Dans la conception de cette ligne de protection, on favorisera les ouvrages peu élevés moins gourmands en investissement et en entretien. Pour ce faire, on pourra être conduit à préférer une nouvelle ligne appuyée sur des points hauts plutôt que de pérenniser une ligne de protection existant basé sur des levées hautes. De même, on privilégiera les lignes appuyées sur des routes revêtues, plus résistantes à la surverse.
- Cette ligne de protection sera conçu pour supporter des surverses sans ruptures.

- Les ouvrages existants qui ne rentrent pas dans cette ligne seront abaissés ou arasés.
- Derrière cette ligne de protection, on cherchera à réduire l'aléa local sur des zones habitées en supprimant les obstacles à l'écoulement

## 5.2 RÉSUMÉ DES CHOIX D'AMÉNAGEMENT PROPOSÉS

Le détail des aménagements de gestion des inondations sont donnés dans les fiches par tronçons. On dressera ici un inventaire résumé des choix proposés pour en donner une vision d'ensemble.

### 5.2.1 MOYENNE DURANCE

*Les Mées* : réduction des entrées d'eau par aménagement d'un épi en amont

*Peyruis/Ganagobie* : acceptation des risques de débordement sur l'autoroute ; réduction des hauteurs d'eau par aménagement des anciens épis.

*Oraison* : réduction des risques de débordement uniquement en jouant sur le niveau du lit mineur (aménagement du seuil de la Brillanne).

*Manosque* : protection de la zone industrielle contre une crue centennale en cohérence avec les évolutions morphologiques attendues.

### 5.2.2 TRONÇON CADARACHE / MALLEMORT

*Pertuis, amont du pont* : programme ambitieux de réduction des obstacles aux écoulements pour accroître fortement la revanche de la digue de protection de la zone industrielle pour une crue de 5000 m<sup>3</sup>/s.

*Pertuis (aval du pont) / Villelaure amont* : conservation d'une submersibilité à partir de 4000 m<sup>3</sup>/s (en jouant parallèlement sur un abaissement des niveaux de crue dans le lit mineur grâce à un traitement des seuils, et sur un abaissement contrôlé des levées qui bordent la Durance) ; suppression des obstacles dans la plaine ; protection à 5000 m<sup>3</sup>/s de la partie nord de la plaine, plus peuplée ; suppression des risques d'écoulements divergents vers Villelaure.

*Le Puy-Sainte-Réparate* : maintien de la fréquence des débordements (au-dessous de 3000 m<sup>3</sup>/s) ; aménagement des épis pour éviter les comportements brutaux.

*Villelaure aval* : aménagement d'une ligne de protection éloignée appuyée sur une route, calée autour de 3500 m<sup>3</sup>/s (contre moins de 2500 m<sup>3</sup>/s aujourd'hui).

*Cadenet* : conservation des débordements en amont du pont (autour de 3000 m<sup>3</sup>/s), mais en garantissant l'absence de débordements divergents vers la zone artisanale de Cadenet à 5000 m<sup>3</sup>/s.

*Puyvert* : traitement des épis ; aménagement pour contrôler les conditions d'inondation des zones habitées au sud de la voie ferrée à partir de 4000 m<sup>3</sup>/s (conservation du niveau de protection actuel).

*Lauris* : maîtrise des conditions de débordement à partir de 4000 m<sup>3</sup>/s

*Puget* : acceptation des inondations au nord de la voie ferrée, mais traitement des épis pour réduire les entrées d'eau, et renforcement de la voie ferrée à la surverse.

*La Roque-d'Anthéron / Mallemort* : restructuration complète du système de protection pour assurer une protection jusqu'à 4000 m<sup>3</sup>/s ; maîtrise des conditions de débordement au-delà.

*Mallemort* : protection des quartiers bas vers le pont à 5000 m<sup>3</sup>/s.

*Mérindol* : fermeture des ouvrages sous la voie ferrée aux alentours de 5000 m<sup>3</sup>/s.

### **5.2.3 TRONÇON MALLEMORT / RHONE**

*Mallemort (aval du pont)* : maîtrise des conditions de débordement à partir de 4000 m<sup>3</sup>/s (risque de grave rupture à 5000 m<sup>3</sup>/s aujourd'hui).

*Sénas / Orgon* : maintien du niveau de protection autour de 4000 m<sup>3</sup>/s, mais en fiabilisant le système.

*Cavaillon* : achèvement de la protection à 5000 m<sup>3</sup>/s

*Plan d'Orgon* : maintien du niveau actuel de protection (autoroute en limite de submersion à 5000 m<sup>3</sup>/s).

*Caumont* : restructuration du système pour assurer une maîtrise des débordements au-dessus de 4000 m<sup>3</sup>/s après réalluvionnement du lit.

*Cabannes* : amélioration des conditions d'écoulement le long de l'autoroute

*Noves* : protection entre les deux ponts de Bonpas à 5000 m<sup>3</sup>/s

*Châteaurenard* : fiabilisation de la digue des Alpines à 5000 m<sup>3</sup>/s.

*Avignon* : garantie de la revanche de la digue palière au-dessus de 6000 m<sup>3</sup>/s, notamment par la maîtrise de l'exhaussement du lit.

*Barbentane* : dégagement du lit entre les deux ponts pour assurer une protection à 5000 m<sup>3</sup>/s de la rive gauche tout en conservant une revanche plus importante en rive droite (agglomération d'Avignon).

## **5.3 BILAN DU PROGRAMME PROPOSE**

L'analyse des différents scénarios avait montré qu'une politique volontariste de gestion des crues ne donnerait pas sur la Durance des résultats vraiment significatifs : les effets obtenus ne dépassent pas  $\pm 200$  m<sup>3</sup>/s sur des débits de pointe de 3000 à 5000 m<sup>3</sup>/s.

Il a donc été décidé de s'orienter surtout vers une gestion locale des conditions de débordement, appuyée sur des objectifs homogènes de niveau de protection selon l'occupation du lit majeur, tout en vérifiant l'absence d'effet globaux néfastes.

Le bilan du programme proposé sera donc mené en deux temps ; une analyse des effets locaux, suivi d'un bilan global

### **5.3.1 ANALYSE DES EFFETS LOCAUX**

Les effets locaux du programme proposé concernent la fréquence des débordements et l'intensité de l'aléa (en particulier, les hauteurs d'eau) en crue débordante.

Les impacts sur les hauteurs d'eau sont complexes dans tous les secteurs concernés par des abaissements ou suppressions d'ouvrages. A l'amont de ces ouvrages, on obtient des abaissements souvent importants. A l'aval, au contraire, les hauteurs d'eau peuvent être accrues. Mais ce n'est pas systématique. Ce ne sera pas le cas si aujourd'hui déjà, une rupture d'épi pouvait favoriser des débits, et donc des hauteurs d'eau, temporairement forts. Ce ne sera pas le cas non plus si l'abaissement d'un second ouvrage à l'aval compense l'accroissement des arrivées d'eau d'amont.

Plus généralement, l'objectif premier est une sécurisation du système de protection. On remplace donc un comportement souvent imprévisible par un comportement plus prévisible, bien qu'il demeure soumis encore à une variabilité notable (état du lit, ...).

L'appréciation des effets locaux garde donc nécessairement un aspect qualitatif.

Nous reprendrons successivement les secteurs sur lesquels des aménagements sont proposés.

*Nota : sauf mention contraire, les impacts en niveaux sont analysés en crue centennale.*

#### **Moyenne Durance**

*Les Mées* : réduction des niveaux dans la plaine en amont rive gauche du pont.

*Peyruis/Ganagobie* : les débits entrant en crue centennale ont été estimés à 250 m<sup>3</sup>/s. Les accumulations d'eau derrière les anciens épis peuvent atteindre 2 m. L'abaissement de ces ouvrages conduira à des hauteurs d'eau plus uniformes de l'ordre de 0.80 m, pour des vitesses de 0.6 m/s.

*Oraison* : la réduction des entrées d'eau vers la plaine de Dabisse / Oraison par abaissement du lit en amont du seuil de la Brillanne sera progressive.

*Manosque* : l'arasement et l'essartement de la terrasse boisée compensent largement la remontée attendue du lit : les niveaux sont abaissés (dans l'hypothèse d'un arasement complet de la terrasse) de 30 à 50 cm par rapport à l'état actuel dans le lit mineur au droit de la zone industrielle (bien que les écoulements débordants soient supprimés). Le calcul n'indique un exhaussement (+50 cm) qu'à proximité immédiate du pont. En réalité, le dégagement du lit à l'aval favorisera un surcreusement sous le pont qui limitera grandement cet effet.

---

## Tronçon Cadarache / Mallemort

*Beaumont de Pertuis* : l'érosion des terrasses hautes pourrait permettre d'abaisser les niveaux des crues rares de 20 à 50 cm selon l'importance du recul.

*Seuil A / seuil B* : l'abaissement du seuil B permet un gain immédiat de l'ordre de 1 m à 5000 m<sup>3</sup>/s. Ce gain sera progressivement annulé par le réengrèvement du lit à l'aval du seuil A, sauf à proximité immédiate du seuil B.

*Seuil B / seuil 106* : la réduction du chenal essarté à 200 m entraînera un exhaussement des niveaux de l'ordre de 50 cm en moyenne (la revanche de l'autoroute dépasse aujourd'hui 1 m). Le réengrèvement progressif du lit sera compensé par un élargissement progressif du chenal essarté à 250 m.

*Pertuis, amont du pont* : le cumul des aménagements proposés (abaissement du seuil, élargissement du pont, abaissement des épis, élargissement du chenal essarté) permet d'abaisser les niveaux en crue centennale dans la traversée de Pertuis d'environ 1 m en moyenne. Il est important de noter que même à l'aval immédiat des épis abaissés (St-Roch et Farigoulier), les niveaux sont abaissés de 70 cm environ.

*Pertuis (aval du pont) / Villelaure amont* : les hameaux de Croze/Les Regrets et ceux situés plus au nord, notamment le long du canal de Janson sont mis hors d'eau. Dans la plaine entre la Durance et la ligne de protection, la suppression des obstacles conduit, par rapport à la situation actuelle telle qu'elle est appréhendée par le modèle, à un exhaussement moyen de 30 cm, sauf en amont des obstacles transversaux abaissés, où les niveaux sont abaissés localement de plus de 50 cm. Mais la situation de référence est incertaine : des ruptures de levées en série pourraient conduire aujourd'hui à des hauteurs d'eau nettement plus fortes.

*Le Puy-Sainte-Réparate* : l'ouverture des épis permet d'abaisser les niveaux de plus de 1 mètre en amont des épis. L'accroissement des débits qui en résulte accroîtra les niveaux à l'aval des épis de 30 à 50 cm.

*Villelaure aval* : la nouvelle ligne de protection sur la route des Pradas empêche les entrées d'eau avant 3500 m<sup>3</sup>/s. Au nord de cette ligne, les niveaux en crue centennale sont réduits de 30 à 50 cm. Entre cette ligne et la Durance, les effets sont très complexes : à l'amont des ouvrages arasés, les niveaux sont abaissés localement de plus de 50 cm ; ailleurs, les exhaussements ne dépassent pas 10 à 20 cm, sauf ponctuellement des pointes dépassant 50 cm (à l'aval immédiat d'ouvrages aujourd'hui peu submergés, mais toujours fragiles).

*Cadenet* : pas d'effet significatif en dehors des zones mises hors d'eau.

*Puyvert* : l'abaissement de l'épi de Puyvert permet d'abaisser les niveaux de 1 m en amont ; on observe un exhaussement de 15 cm à l'aval immédiat. Sur l'épi du Moulin Neuf, l'abaissement est de l'ordre de 60 cm en amont. En aval, il y a aussi abaissement (-10 cm) grâce à l'abaissement de l'épi de Puyvert.

Dans les zones habitées au sud de la voie ferrée, il y a sécurisation : on remplace un fort risque de rupture par une acceptation de déversements maîtrisés. Il serait vain de quantifier un effet en terme de hauteur d'eau. Notons que l'arasement de l'épi des Vachons au nord de l'Aiguebrun évite des hauteurs d'eau localement importantes.

~~Laurier : abaissement des niveaux de 20 à 50 cm~~



*Puget* : la réduction prévue des débordements vers Lauris et la Roque est compensée par le dégagement du lit déjà réalisé (curage + élargissement du chenal essarté). L'abaissement des niveaux devant la voie ferrée grâce aux abaissements d'épis permet une réduction des entrées d'eau et un abaissement des niveaux qui dépasse 60 cm en amont des obstacles transversaux.

*La Roque-d'Anthéron / Mallemort* : abaissement des niveaux de 30 à 50 cm dans la zone protégée. Entre la ligne l'axe de protection et la Durance, effets très divers selon la position par rapport aux ouvrages arasés.

*Mallemort* : mise hors d'eau des quartiers bas vers le pont à 5000 m<sup>3</sup>/s.

*Mérindol* : seules de faibles entrées d'eau, évacuables par les ouvrages existants, sont encore possibles. Les niveaux sont donc fortement abaissés au nord de la voie ferrée.

### **Tronçon Mallemort / Rhône**

*Mallemort (aval du pont)* : la comparaison avec l'état actuel est difficile (incertitude sur les risques de rupture). Les conditions de débordement dans la plaine seront fortement influencées par l'ouverture d'un vaste plan d'eau d'extraction. En l'absence de cette perturbation, les entrées d'eau, de l'ordre de 100 à 200 m<sup>3</sup>/s pour une crue de 5000 m<sup>3</sup>/s, s'écouleraient sous 60 cm d'eau environ.

*Sénas / Orgon* : pas de changement notable du niveau de protection, mais sécurisation du système. La maîtrise des entrées d'eau devrait permettre d'abaisser les niveaux d'eau de 10 à 20 cm dans la plaine.

*Cavaillon* : mise hors d'eau de la ville.

*Caumont* : la suppression des levées (notamment la vieille digue) entre la Durance et la RD 973 conduit à un accroissement des niveaux de crue de l'ordre de 50 cm en amont de la RD 973. Dans la plaine protégée, l'aménagement sera dimensionné lors des études de détail de façon à ne jamais observer au terme de la phase de réalluvionnement du lit des conditions de débordement plus sévères qu'aujourd'hui. On pourra même rechercher un léger gain. Avant réalluvionnement du lit, la réalisation du projet offrira un gain net important en terme d'aléa (jusqu'à -50 cm).

*Cabannes* : les surélévations dues aux épis sont estimées à 30 cm environ. Ce sont ces surélévations que l'abaissement des épis permettra de réduire.

*Noves* : mise hors d'eau de la partie amont de Noves

*Châteaurenard* : impacts ponctuels très divers de part et d'autre des épis et levées abaissés.

*Avignon, Barbentane* : le dégagement du lit entre les ponts de Rognonas et Barbentane permet d'escompter un abaissement des niveaux de 20 à 30 cm entre les ponts, qui pourrait dépasser 50 cm en amont du pont de Rognonas.

### 5.3.2 BILAN GLOBAL SUR LA PROPAGATION DES CRUES

#### Moyenne Durance

Sur la moyenne Durance, on a montré que même des aménagements importants comme l'autoroute A51 n'avaient pas eu d'effets significatifs sur la propagation des crues, en raison de la forte pente de ce tronçon et du très faible rôle d'écêtement du lit majeur.

A fortiori, les aménagements ponctuels proposés aux Mées et à Manosque n'ont aucun impact significatif.

#### Tronçon Cadarache - Mallemort

Au pont de Cadenet, on a :

Type de crue	Débit de pointe à Cadarache (m <sup>3</sup> /s)	Débit de pointe à Cadenet (m <sup>3</sup> /s)		
		Etat actuel	Etat projet	Différence
Janvier 1994	2900	2928	2974	+46
Octobre 1886	4000	4121	4116	-5
Novembre 1886	5103	5041	5094	+54

La légère augmentation des débits de pointe à 3000 m<sup>3</sup>/s provient de la réduction des surfaces inondées à ce débit (protection de la plaine de Villelaure) et de la suppression de nombreux obstacles proches du lit.

A 4000 m<sup>3</sup>/s, la submersion plus tardive, et donc plus efficace, de la plaine à Villelaure compense la mise hors d'eau de certains secteurs et l'effet de la suppression des obstacles.

A 5000 m<sup>3</sup>/s, l'accroissement du débit de pointe (à peine significatif : 1% du débit de pointe, représentant 2 à 3 cm en niveau) semble principalement dû à la suppression des débordements divergents vers Villelaure et Cadenet.

A l'aval du barrage de Mallemort, on a :

Type de crue	Débit de pointe à Cadarache (m <sup>3</sup> /s)	Débit de pointe à Mallemort (m <sup>3</sup> /s)		
		Etat actuel	Etat projet	Différence
Janvier 1994	2900	2956	3011	+55
Octobre 1886	4000	4148	4107	-41
Novembre 1886	5103	4917	4812	-105

La réduction de la fréquence des débordements (débit de début de débordement porté de ~~moins de 3000 à 4000 m<sup>3</sup>/s~~) dans les plaines de Lauris et de La Roque Mallemort, favorise un meilleur écrêtement d'une crue de 5000 m<sup>3</sup>/s, toujours débordante.

Inversement, la réduction des débordements à 3000 m<sup>3</sup>/s conduit à un léger accroissement des débits de pointe à l'aval pour une crue type janvier 1994.

Une crue de 4000 m<sup>3</sup>/s, intermédiaire, présente un bilan globalement nul.

Vis-à-vis du temps de propagation, les résultats bruts indiquent un passage de la pointe de crue 1h30 plus tôt dans l'état projet à 5000 m<sup>3</sup>/s. Mais ce résultat doit être nuancé.

A Cadenet, l'avance n'est que de 20 minutes, et s'explique par la suppression de nombreux obstacles à proximité du lit, qui jouent chacun un petit rôle de rétention de la crue. Cette légère accélération de la crue est donc la rançon de la politique de simplification du système de protection.

La majeure partie de l'écart sur l'heure de passage de la pointe de crue est donc dû à l'aménagement prévu entre Lauris et Mallemort. L'étude d'impact de ce projet a longuement analysé ce phénomène. Il est lié aux modalités de conjonction de l'onde de crue qui franchit normalement le barrage de Mallemort et de celle qui se déverse par dessus le canal. On montre qu'il ne s'agit pas d'une accélération d'ensemble de l'hydrogramme de crue, mais seulement d'une modification de la forme de la pointe de crue. C'est l'arrivée des débits entre 3600 et 4500 m<sup>3</sup>/s qui est avancée d'environ 1 heure par ce projet. La montée de crue jusqu'à 3600 m<sup>3</sup>/s n'est guère modifiée. Il convient d'insister sur le fait que le retardement aujourd'hui observé est lié au fonctionnement « aberrant » du canal (accumulations d'eau sur plus de 4 m de hauteur) qui devra être réglé de toute façon.

A 4000 m<sup>3</sup>/s, l'avance de la crue ne dépasse pas 20'.

### **Tronçon Mallemort / Rhône**

Sur le tronçon Sénas / Orgon, les aménagements proposés ne cherchent pas à accroître sensiblement le niveau de protection, mais plutôt à adapter le système de protection pour le rendre plus fiable. Les effets sur les conditions de propagation restent donc négligeables.

L'acceptation de débordements dans la plaine rive gauche à l'aval de Mallemort entre 4000 et 5000 m<sup>3</sup>/s ne modifie pas de manière significative les modalités de propagation des crues, d'autant que l'ouverture d'un plan d'eau d'extraction ne favorisera pas un ralentissement de la crue.

De même, l'aménagement proposé sur Caumont n'influe pas sur les conditions de propagation de manière mesurable (le calcul indique même un léger retardement de la pointe de crue, mais qui n'est pas significatif en regard de la variabilité des phénomènes modélisés).

La suppression des débordements entre les deux ponts de Bonpas en direction de Noves ne concerne que des écoulements de l'ordre de 20 m<sup>3</sup>/s, non significatifs pour une crue de 5000 m<sup>3</sup>/s.

L'effet potentiellement le plus important, mais très difficilement quantifiable est la suppression des risques de débordements vers le secteur de Châteaurenard, par surverse ~~et surtout par rupture de la digue des Alpines. Dans l'état actuel du lit, la digue paraît en~~ limite de débordement. Les débits débordants seront donc minimales, sauf en cas de rupture. Ils pourraient prendre plus d'importance au fur et à mesure du réalluvionnement des bancs arasés dans ce secteur. Ce sont ces débits, dont l'importance peut être très variable selon les conditions de débordements, qui seront reportés dans l'état projet vers la Durance aval.

Ce serait mal poser le problème que de considérer qu'il y aura une aggravation potentielle des débits à l'aval, dans la mesure où ces débordements sont si incertains qu'ils n'ont jamais été pris en compte dans les réflexions au niveau d'Avignon.

La question doit être posée différemment : peut-on envisager d'accepter clairement des débordements en rive gauche vers Châteaurenard en crue centennale pour soulager Avignon ? La réponse du schéma proposé est négative. Le principe retenu est d'assurer la protection des deux rives à 5000 m<sup>3</sup>/s, mais de prévoir une revanche plus forte en rive droite de façon à assurer la meilleure sécurité possible à l'agglomération d'Avignon.

## 5.4 PRINCIPES GENERAUX DE CONCEPTION DES OUVRAGES

Les ouvrages de protection contre les crues assurent deux fonctions bien distinctes : la protection contre les débordements et la protection contre les érosions.

Il importe de bien distinguer ces deux fonctions, qui sont souvent à tort confondues.

Ces types d'ouvrages sont commentés dans un même chapitre pour deux raisons :

- cela permettra de bien mettre en évidence la différence entre ces deux fonctions
- la recherche de meilleures conditions d'écoulement des crues conduit à reprendre souvent des ouvrages de protection contre les érosions existants.

Les nouveaux ouvrages devront être conçus selon les principes suivants.

fonction	type d'ouvrage	commentaire
protection contre les débordements éloignée du lit vif ; ouvrage insubmersible	digue	ouvrage continu en tout-venant simplement engazonné. Le calage de la digue doit présenter une revanche suffisante pour garantir l'absence de surverse. Ce type d'ouvrage doit normalement toujours être associé à des portions plus basses, renforcées pour accepter des déversements (cf. cas suivant) de façon que éviter les brèches en crue exceptionnelle dans les portions insubmersibles.  Les vitesses en lit majeur ne dépassent pas usuellement 1 m/s, et n'imposent pas de protection particulière de la digue contre l'érosion, sauf au droit de singularités.
protection contre les débordements éloignée du lit vif ; ouvrage submersible	digue à parement aval renforcé (parement aval : côté opposé à la Durance)	Pour des hauteurs jusqu'à 1m (voire 1.5m), on peut envisager un traitement léger pour résister aux surverses (pente très douce, bien végétalisée) sans mise en œuvre de protection minérale.  Pour des hauteurs supérieures, le parement aval doit être revêtu (matelas de gabions, par exemple) et protégé en pied contre l'affouillement (sabot d'enrochements).
protection contre les débordements à proximité du lit vif ; ouvrage insubmersible	digue munie d'un perré de protection, côté Durance	Si la digue est susceptible d'être atteinte par le bras vif, sa résistance à l'érosion latérale doit être assurée par un perré de protection (enrochements ou matelas de gabions).

fonction	type d'ouvrage	commentaire
protection contre les débordements à proximité du lit vif ; ouvrage submersible	digue munie d'un perré de protection, à parement aval renforcé	<p>La protection de l'ouvrage comporte :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>côté Durance, un perré de protection contre les attaques du bras vif</li> <li>côté plaine, un revêtement de protection contre les déversements.</li> </ul> <p>Les deux fonctions sont distinctes , et ne conduisent donc pas à des dimensionnement des protections toujours identiques.</p>
protection contre les divagations du lit	épi	<p>La politique proposée de recul et d'abaissement de beaucoup d'épis existants ne doit pas conduire à renoncer à ce type d'ouvrage, mais à tirer les leçons du passé.</p> <p>L'épi est adapté à la protection contre les divagations du lit lorsque des anses d'érosion maîtrisées sont acceptables.</p> <p>Il sera particulièrement adapté à la maîtrise de la divagation du lit entre les limites de mobilité recherchée et maximale.</p> <p>Les épis existants posent problème par leur hauteur : calés trop haut, ils forment des obstacles importants pour les écoulements.</p> <p>Les nouveaux épis devront donc être conçus pour rester submersibles, et donc être conçus pour résister aux débordements.</p>
protection contre les divagations du lit	perré	<p>Ouvrage à prévoir pour empêcher des divagations au-delà de l'espace de mobilité maximale lorsque l'espace disponible ne permet pas d'envisager des épis, ou lorsque que la solution par épi s'avère plus contraignante ou plus onéreuse.</p> <p>Lorsqu'il n'y a pas d'enjeux de protection contre les débordements, il n'y a aucune raison pour que le perré soit calé plus haut que le terrain naturel.</p>

A partir de ces principes de protection, on peut définir les modes d'intervention sur les ouvrages existants.

Type d'ouvrage	Objectif recherché	Mode de traitement
Epi court (non prolongé par un corps dépassant le terrain naturel) ou perré	Elargissement de l'espace de mobilité	<p>Suppression simple.</p> <p>Les matériaux retirés pourront être utilisés pour reconstituer un ouvrage de protection contre les érosions en bordure de l'espace de mobilité maximal s'il y a un risque clair d'une incursion du bras vif au-delà de cette limite après suppression des ouvrages existants (ce cas se présente rarement, car l'élargissement de l'espace de mobilité n'est en général proposé que lorsque les marges de manoeuvre paraissent suffisantes).</p>
Epi	Amélioration des conditions d'écoulement des crues	<p>Problème posé par les épis hauts de protection de l'autoroute A7, par exemple.</p> <p><del>Réfection des épis en épis plongeants submersibles.</del></p>
Epi long (prolongé par un corps dépassant le terrain naturel)	Elargissement de l'espace de mobilité	<p>Recul de l'épi jusqu'à la limite de l'espace de mobilité recherchée.</p> <p>Reconstitution à ce niveau d'une tête d'épi résistant à la divagation, sous forme d'épi plongeant submersible.</p>

Type d'ouvrage	Objectif recherché	Mode de traitement
Epi long	Amélioration des conditions d'écoulement	<p>Abaissement (éventuellement partiel) du corps de l'épi, en général au niveau du terrain naturel amont.</p> <p>La plupart des épis sont assez anciens pour avoir favorisé un alluvionnement des terres en amont : on constate aujourd'hui une dénivellée du terrain naturel de part et d'autre de l'épi, qui dépasse parfois 2 mètres. La partie abaissée de l'épi doit donc être traitée pour résister aux déversements (traitement léger pour des dénivellées inférieure à 1 mètre, traitement par protection minérale au-delà).</p>
Digue ou levée	Suppression d'un obstacle aux écoulements des crues	<p>En règle général, arasement pur et simple.</p> <p>Lorsque le boisement des levées présente un intérêt particulier, on pourra procéder à un arasement partiel.</p> <p>On pourra envisager de conserver des levées basses (de l'ordre de 50 cm au-dessus du TN) pour éviter une submersibilité excessive des terres concernées.</p>
Digue ou levée	Sécurisation d'un axe de protection	<p>Les axes de protection conservés (ou créés) seront aménagés de façon à présenter deux types d'ouvrages :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>des portions calées sans revanche au niveau de la crue de projet, renforcées pour résister au déversement des crues plus fortes</li> <li>des portions calées avec une revanche suffisante au-dessus d'une crue centennale pour ne pas connaître de surverses</li> </ul> <p>Le choix de cette revanche reposera sur trois critères :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>la hauteur de la digue : on peut tolérer un risque de surverse résiduel pour des levées de 1m, pas pour des digues de 3 à 4 mètres.</li> <li>le fonctionnement des portions déversantes : la géométrie des portions déversantes déterminera les niveaux maximums de crue possibles en amont, même pour des crues supérieures à la crue centennale</li> <li>les niveaux d'eau à l'aval de la digue au moment du risque de surverse : si l'ouvrage peut être noyé par l'aval par fonctionnement des portions déversantes avant tout risque de surverse, on pourra envisager des revanches moindres.</li> </ul>

## 6 LA GESTION DES MILIEUX AQUATIQUES

### 6.1 MARGES DE MANŒUVRE

Le principal facteur limitant à l'heure actuelle le milieu aquatique durancien réside dans l'artificialisation des débits, qui intervient notamment de deux façons cumulées :

- un carence en crues morphogènes avec pour conséquence une perte de la capacité initiale de la Durance à façonner de l'hétérogénéité habitationnelle par ses divagations latérales et ses contacts avec la ripisylve
- l'existence habituelle d'un débit très faible, qui limite l'espace aquatique disponible et en modifie les caractéristiques thermiques (réchauffement estival), physiques (limitation de la représentation des faciès lotiques, réduction drastiques des hauteurs d'eau sur les crêtes de radiers, enlèvement des fonds, diminution des contacts eau-ripisylve, ...) et chimiques (limitation de la capacité de dilution des rejets)

Les marges de manœuvre concernant la gestion des milieux aquatiques sont donc étroitement dépendantes de l'évolution de cette artificialisation.

L'efficacité d'opérations visant à restaurer ponctuellement la libre circulation du poisson (aménagement d'ouvrages) dépend également à la base de la gestion de ces débits.

Et seuls quelques aménagements au niveau des systèmes artificiels d'eau calme et profonde (souilles, retenues hydroélectriques, amont de seuils) peuvent présenter une dépendance moindre de ce facteur débit. Ce type d'aménagements présente cependant un intérêt par nature localisé et limité vis-à-vis du peuplement pisciaire de la Durance, qui se caractérise plus par des espèces d'eau vive que des espèces d'eau calme.

## 6.2 GESTION DES DEBITS

### 6.2.1 CONTEXTE ADMINISTRATIF ET TECHNIQUE

L'article L232-5 du code rural impose, pour tout ouvrage comportant une dérivation d'eau, le respect d'un débit minimal dit "biologique" en deçà duquel tout prélèvement doit cesser. Ce débit est donc "réservé" au tronçon court-circuité entre la prise d'eau et la restitution.

Depuis 1984, la loi prescrit au pétitionnaire de fixer et de respecter une valeur argumentée pour ce débit minimal défini comme devant "garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces qui peuplent les eaux". Le texte précise que ce débit minimum biologique ne peut être inférieur à une valeur plancher, arbitraire, s'élevant dans la plupart des cas au dixième du module, c'est à dire à 10% du débit moyen inter-annuel, déterminé sur une période d'au mois 5 ans. Un régime transitoire a été prévu pour les autorisations anciennes : un quarantième du module minimum à ramener progressivement au dixième.

La valeur de ce débit plancher peut être ramenée au vingtième du module dans le cas de certaines grandes rivières (module > 80 m<sup>3</sup>/s) inscrites sur une liste fixée par décret ainsi que pour certains grands cours d'eau frontaliers : Le régime transitoire prévu pour les autorisations anciennes correspond alors au passage progressif du quatre-vingtième du module au vingtième minimum..

La Durance, non inscrite sur la liste ministérielle des exceptions même si son module est supérieure à 80 m<sup>3</sup>/s, se rattache au cas général, ce qui explique, en juillet 1996, le passage du débit réservé du quatre-vingtième au quarantième du module et, sauf décision contraire du Conseil d'Etat rattachant in fine la Durance à la liste des grands cours d'eau dérogeant à la règle générale, son évolution à terme au dixième du module, à minima, sur l'ensemble du linéaire de l'aménagement hydroélectrique. Cette évolution interviendra lors des prochains renouvellement de concession de chute, ce qui n'est pas sans poser un problème administratif si on considère que plusieurs chutes présentant des dates de renouvellement de concession très différentes sont situés sur une même chaîne d'exploitation.

A l'heure actuelle, la notion même de débit biologique reste théorique, la loi n'ayant pas fixé les modalités techniques permettant de déterminer objectivement la (ou les) valeur(s) de débit « garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces qui peuplent les eaux ».

Sur le terrain, en l'absence de méthodologie standardisée reconnue et applicable en routine, les approches varient de "l'avis d'expert" sans aucune mesure de terrain à l'observation visuelle plus ou moins empirique des habitats ennoyés pour différents débits jusqu'à l'utilisation plus ou moins rigoureuses de la méthode des micro-habitats. Cette méthode, qui ne prend en compte que les exigences des salmonidés, est parfois remplacée par une approche dérivée développée par la DQEP du C.E.M.A.G.R.E.F. d'Aix en Provence. D'autres approches de la qualité de l'habitat, pouvant être appliquées dans le cadre de l'appréciation de la valeur écologique attribuable à un débit, ont été conduites au sein de la D.R. 5 du G.G.P. Enfin, des recherches sont actuellement menées



(C.E.M.A.G.R.E.F. - DQEP de Lyon) pour étendre la méthode des micro-habitats aux cours d'eau non salmonicoles mais leurs conclusions ne sont pas encore opérationnelles. Ce type de méthodes ne pourrait de toute façon être mis en œuvre à une échelle aussi vaste que celle de l'aire d'étude pour des raisons de coût.

Dans ce contexte de carence méthodologique, la présente approche ne saurait relever de la vérité absolue et correspond plus à une démarche de type expert aboutissant à la proposition réfléchie de valeurs devant être testées expérimentalement sur le terrain qu'à la définition de seuils démontrés opposables à un tiers.

### **6.2.2 SITUATION ACTUELLE**

Les débits réservés, qui évoluent à l'heure actuelle de 2,9 m<sup>3</sup>/s à Salignac à 4,7 m<sup>3</sup>/s à Bonpas, correspondent théoriquement aux débits rencontrés habituellement en Durance. Ces derniers peuvent cependant être plus importants en raison :

- des apports latéraux des affluents dont les plus importants, Asse excepté, sont également soumis à débit réservé ;
- des variations saisonnières
- des surplus d'irrigations,
- et des déversements en période de crue conséquente revêtant un caractère exceptionnel : environ 130 jours à La Brillanne entre le 21 avril 1995 et le 30 novembre 1998.

La situation est un peu plus complexe à l'aval de Mallemort, où en plus de ce qui précède :

- des restitutions d'eaux claires ou d'eaux turbides (débit moyen de 100 à 120 m<sup>3</sup>/s pouvant aller jusqu'à 250 m<sup>3</sup>/s) interviennent périodiquement entre avril et octobre dans le cadre des mesures de protection de l'Etang de Berre ;
- un débit estival dit agricole d'environ 15 m<sup>3</sup>/s transite par la Durance entre Mallemort et Bonpas pour alimenter les canaux d'irrigation.

Une série de jaugeage réalisé au micro-moulinet les 13 et 14 octobre 1998 (période sèche, en fin de pleine saison d'irrigation) entre l'aval de Sisteron et le Pont de Cadenet suggère que les débits transitant en Durance ne sont équivalents au débit réservé que sur la partie amont, entre l'Escale et (probablement) la confluence avec l'Asse.

---

Cours d'eau	Station	Q mesuré (m3/s)	Q réservé (m3/s)
Durance	Sisteron, aval Jabron	4,27	2,90
Jabron	Amont Durance	0,34	.
Durance	Les Mées, amont pont D4a	2,85	3,00
Bléone	Pont de Malijai	0,04	.
Durance	La Brillanne, amont pont D4b	3,08	3,40
Asse	Aval pont D4	2,75	.
Durance	Manosque, amont pont D907	8,64	3,60
Durance	Cadarache, aval pont A51	8,91	4,50
Durance	Cadenet, amont pont D907	13,50	4,50

L'observation (données de la banque Hydro) des débits journaliers enregistrés par la DIREN PACA à La Brillanne et au pont de Pertuis confirme l'existence de cette différence entre amont et aval tout en relativisant la fréquence du débit réservé :

- débits 97-98 compris dans la grande majorité des cas entre une (le jour de notre mesure notamment) et deux fois le débit réservé à La Brillanne,
- débits 97-98 compris dans la grande majorité des cas entre 2,5 et 2,9 fois le débit réservé et ne descendant jamais (à l'exception d'une période d'un mois pour laquelle des mesures enregistrées de 5,70 à 7,27 m3/s sont considérées comme douteuses) en dessous de 10,2 m3/s (2,25 fois le débit réservé) au pont de Pertuis.

Compte tenu des enjeux écologiques et économiques associés aux valeurs de débits transitant effectivement en Durance d'une part, compte tenu de nos connaissances pour le moins limitées en la matière d'autre part, un bilan objectif de la situation devrait utilement être réalisé.

Ce bilan pourrait reposer

- sur le suivi des débits turbinés et restitués par l'aménagement hydroélectrique (ce qui sous-entend un calage préalable des vannes de débit réservé),
- ~~sur le suivi des apports inhérents aux affluents.~~
- ainsi que sur des jaugeages ponctuels saisonniers répartis sur le linéaire et visant à déterminer la contribution des surplus d'irrigation (directs et/ou par réalimentation de la nappe) dans les débits empruntant le lit vif.

### **6.2.3 DEBITS NATURELS ET DEBITS ARTIFICIELS ACTUELS**

Les valeurs actuelles de débit réservé, malgré leur doublement depuis Août 1996, peuvent être considérées comme extrêmement faibles par rapport aux caractéristiques hydrologiques de la Durance.

En effet, l'observation (données de la banque Hydro) des débits mensuels minimaux enregistrés ou reconstitués par E.D.F. depuis 1918 à Saint-Paul-lès-Durance montre :

- que le débit minimum mensuel le plus faible jamais connu est de plus de 23 m<sup>3</sup>/s
- et que la probabilité, en période d'étiage sévère, de non dépassement d'un débit de 40 m<sup>3</sup>/s est de l'ordre de 10 %

Le même type de données obtenues à Oraison depuis 1993 montre

- que le débit minimum mensuel le plus faible enregistré est de l'ordre de 22 m<sup>3</sup>/s
- et que la probabilité, en période d'étiage, de non dépassement d'un débit de 30 m<sup>3</sup>/s est de moins de 10 %

Par ailleurs, indépendamment de cette extrême faiblesse des valeurs retenues comme débit réservé, l'artificialisation du régime hydrologique de la Durance se traduit également, rappelons-le, par un déficit en crue morphogène, dont l'impact hydroécologique est loin d'être négligeable (perte d'hétérogénéité notamment). L'augmentation du débit réservé ne saurait compenser ce déficit, vis-à-vis duquel d'autres types d'intervention doivent être proposés (Cf. les chapitres traitant du rétablissement du transport solide, des modifications des pratiques d'essartement et de la conservation de certains milieux rares, annexes latérales en particulier).

Enfin, les déversements en hautes eaux présentent aujourd'hui dans le lit actif un caractère de soudaineté et de violence (multiplication du débit par 20 à 50 en moins de 24 heures) que les crues naturelles ne devaient pas atteindre (ou exceptionnellement) avant aménagement. Des effets potentiellement très traumatisants (effets de chasse) peuvent être rattachés à ce caractère de soudaineté et de violence, mais ils ne sont pas susceptibles d'être contrôlés et/ou amoindris.

A une moindre échelle, les restitutions qui interviennent périodiquement entre avril et octobre dans le cadre des mesures de protection de l'Etang de Berre à l'aval de Mallemort peuvent revêtir cet effet traumatisant (passage de 10 à 20 m<sup>3</sup>/s à 250 m<sup>3</sup>/s en 4 heures). Le respect de paliers plus progressifs et l'allongement à plus de 24 heures de ce temps de ~~mise en charge contribuerait utilement à limiter~~ "un effet de chasse" potentiellement traumatisant sans pour autant que le reste des effets induits par ces opérations (actuellement en cours d'étude) ne soit modifié.

#### **6.2.4 PROPOSITION D'UN CYCLE RESERVE EXPERIMENTAL**

Les exigences des différentes espèces ne sont pas constantes au cours d'un cycle annuel. L'impact des atteintes à la qualité de l'eau ne l'est pas non plus (exacerbation des manifestations des phénomènes de pollution et accentuation de la sensibilité des espèces avec l'accroissement de la température notamment). L'approche suivie repose sur ce constat de base et s'appuie sur des observations ponctuelles réalisées à différents débits entre Sisteron et le Rhône

Une série d'observations sur une douzaine de sites, groupés entre Cadarache et Cadenet et jugés représentatifs des différents types géomorphologiques rencontrés sur la Durance, tend à montrer qu'à partir d'une dizaine de  $m^3/s$  le facteur limitant que représente une trop faible hauteur d'eau sur les têtes de radiers commence à être levé. Et il a été estimé qu'entre 12 et 15  $m^3/s$ , ce facteur ne représente plus un obstacle aux déplacements longitudinaux des poissons (migrations de reproduction). De plus, à ces débits, ces radiers peuvent pleinement jouer le rôle de frayère pour certaines espèces rhéotoques (Barbeau, Vandoise, Chevesne, Blageon, Spirin, Hotu et Toxostome) en offrant sous une lame d'eau suffisante, ce qui n'est pas forcément le cas aux débits réservés actuels, une gamme de vitesses de courant suffisante pour satisfaire l'ensemble des exigences spécifiques.

Sur la base du même type d'observations, mais de façon plus empirique, il a été estimé qu'un débit de 20 à 25  $m^3/s$  était susceptible de redonner à la Durance une mosaïque de faciès plus contrastée à défaut d'entraîner à lui seul une évolution fondamentale de l'hétérogénéité habitationnelle au sein du lit vif. De tels débits assurés en période estivale contribueront par ailleurs à diluer d'autant les rejets polluants en Durance et à limiter leurs effets sur les peuplements à une période rendue particulièrement critique par l'élévation de la température. Ils contribueront également à limiter ce réchauffement dès lors qu'ils seront appliqués à l'ensemble de la Durance. Ce qui évitera, comme cela a pu être constaté par le CEMAGREF d'Aix-en-Provence sur le site du Largue (communication de Monsieur ROUX, EDF), qu'une telle augmentation ne se traduise lorsqu'elle est appliquée ponctuellement par l'effet inverse (réchauffement suite à une diminution de la contribution relative de la nappe fraîche à la constitution du débit coulant à l'aval).

Les débits nécessaires à la conservation des annexes latérales et à la restauration de leur fonctionnalité n'ont pu par contre être appréciés dans le cadre des investigations menées. Il est d'ailleurs probable que toutes les annexes ne nécessitent pas les mêmes débits minima et qu'aucune valeur générale ne puisse être fixée. Des débits de 20 à 25  $m^3/s$  ne peuvent, même s'ils restent insuffisants, que contribuer à cette restauration.

Compte tenu des espèces composant le peuplement pisciaire actuel de la Durance et du caractère illusoire d'un retour à une représentation plus importante des Salmonidés, on peut enfin estimer que de faibles débits en période hivernale ne représentent pas (manque ~~localisé de dilution des rejets toxiques excepté~~) un facteur majeur de limitation du développement des peuplements.

Ces réflexions et constats conduisent à envisager la définition d'un débit réservé évolutif au cours d'un cycle annuel et non d'une valeur applicable quelle que soit la période de l'année, l'idée étant que le minimum fixé par la loi (à priori, le dixième du module à terme sur la Durance) pourrait être globalisé sur une année et réparti en fonction d'objectifs

biologiques liés aux activités ou sensibilités saisonnières.

Le principe rattachant un débit réservé à un dixième du module n'est réellement fondé que dans le cas de cours d'eau présentant un lit mineur bien individualisé, dont le gabarit n'est pas disproportionné par rapport aux débits d'étiage. Ce n'est pas le cas de la Durance dont le lit actif, très mobile latéralement, est sans commune mesure avec celui nécessaire à l'écoulement des faibles débits. Au plan biologique, il est donc fondé de considérer que le débit minimum acceptable ne doit pas varier entre l'aval de Sisteron et l'aval de Bonpas et que la globalisation et la répartition saisonnière des débits minima légaux devraient être envisagées indistinctement sur l'ensemble de la moyenne et de la basse Durance. En d'autres termes, la même gestion des débits (valeurs et variations saisonnières) devraient être appliquée sur l'ensemble du linéaire, le volume d'eau légalement disponible à minima (à priori le dixième du module à chaque prise d'eau 365 jours par an) étant restitué de façon uniforme au plan géographique et en variant sur un cycle annuel en fonction de critères biologiques. Et dans l'hypothèse où cette répartition ne permettrait pas ponctuellement de répondre à l'objectif de conservation et de réactivation des annexes latérales, la fixation de débits temporairement plus forts devraient être envisagée..

Dans un premier temps, sans attendre que le renouvellement des concessions de chute ne rende obligatoire une augmentation arbitraire du débit réservé, il est proposé une démarche expérimentale sur deux tronçons : de l'Escale au Largue d'une part et à l'amont immédiat de Mallemort (restitution au niveau de la centrale de Gontard).

Le premier tronçon présente "l'avantage" d'être actuellement soumis aux débits les plus faibles ainsi qu'à une pollution marquée s'atténuant vers l'aval ; il présente par ailleurs des types géomorphologiques très différents, l'ensemble de ces caractéristiques rendant potentiellement plus tranchés (et donc plus probants) les résultats escomptables de l'expérimentation. Il présente "l'inconvénient" non rédhibitoire, entre l'Escale et le rejet d'Atochem, d'être peu accueillant au plan habitationnel, ce qui peut limiter les possibilités de réimplantation, notamment pour la macrofaune benthique. Il correspond à trois centrales E.D.F.

Le second tronçon présente une hétérogénéité habitationnelle relative, une qualité d'eau moyenne et n'implique qu'une seule centrale E.D.F.

Sur ces deux tronçons, il est proposé d'appliquer le cycle réservé suivant :

- 20 à 25 m<sup>3</sup>/s durant la période estivale du 15 juin au 15 octobre (débit "habitationnel" et de situation de crise)
- 12 à 15 m<sup>3</sup>/s du 15 octobre au 15 novembre (débit de transition)
- 5 à 6 m<sup>3</sup>/s du 15 novembre au 15 février (débit hivernal d'activité et de sensibilité limitées)
- 12 à 15 m<sup>3</sup>/s du 15 février au 15 juin (débit de déplacement et de reproduction)

pendant une période de quatre ans minimum au cours de laquelle un suivi hydrobiologique et piscicole sera mis en place

Ce suivi pourrait intéresser 7 stations : au niveau des tronçons court-circuités bénéficiant de l'expérimentation (5 à l'aval de l'Escale et 2 à l'amont de Mallemort) + 2 stations amont (une pour chaque tronçon) ne bénéficiant pas de l'expérimentation (mettant en évidence une éventuelle évolution temporelle des peuplements non liée à l'expérimentation) ; il reposerait sur un échantillonnage du peuplement piscicole et de la macrofaune benthique (cf. précisions techniques données au chapitre 9-2-5)

Les résultats biologiques obtenus sanctionneront les effets de ce type de gestion des débits sur les peuplements en place et pourront, associés aux résultats du suivi des débits s'écoulant réellement dans le lit court-circuité proposé en parallèle (Cf. chapitre 9-1-2), servir de base à une approche objective de la notion de débit(s) biologique(s) acceptable(s) en Durance. Et par suite, ces résultats pourront guider la fixation des futures valeurs de débit réservé. L'expérimentation menée permettra par ailleurs de mieux cibler les débits nécessaires pour une réactivation de la fonctionnalité des annexes latérales.

### **6.2.5 EVOLUTION DES VOLUMES D'EAU TRANSITANT EN DURANCE SUITE À LA MISE EN ŒUVRE DU CYCLE RÉSERVÉ PROPOSÉ**

Le tableau ci-après rappelle pour les différents ouvrages jalonnant la Durance, entre Sisteron et la confluence avec le Rhône, le débit réservé associé à l'ouvrage ainsi que les volumes d'eau réservés à la rivière mensuellement et annuellement.

	Situation actuelle		
	Q Réservé (m3/s)	Vol mensuel (Mm3)	Vol annuel (Mm3)
Salignac	2,9	8	91
Escale	3	8	95
La Brillanne	3,4	9	107
Le Lague	3,6	9	114
Cadarache	4,5	12	142
Mallemort	4,6	12	145
Bonpas	4,7	12	148
			842

Ces chiffres peuvent être comparés à ceux correspondant à une situation d'application du cycle réservé proposé (les bornes supérieures des fourchettes de débits saisonniers étant retenues) et appliqué uniformément à l'ensemble du cours d'eau sans prise en compte des variations de valeur du module entre l'amont et l'aval 5Cf. tableau ci-après)

	Q cycle	QR mensuel été	QR mens. hiver	QR mens. Print	QR annuel
	(m3/s)	(Mm3)	(Mm3)	(Mm3)	(Mm3)
Salignac à Bonpas	6-15-25-15	65	16	39	477
					3 338

L'application du cycle réservé expérimental proposé à l'ensemble de la Durance se traduirait donc par une augmentation des volumes totaux annuels laissés au cours d'eau de 2 496 Mm3, ce qui peut paraître très excessif et représenter des coûts exorbitants.

La comparaison des mêmes éléments dans le cadre d'une situation future retenant comme débits réservés possibles, soit le 1/10ème soit le 1/20ème du module, relativise l'importance des modifications entraînées par l'application du cycle proposé

	Passage de QR au 1/20 <sup>ème</sup> du module			Passage de QR au 1/10 <sup>ème</sup> du module		
	Q Réservé	Vol mensuel	Vol annuel	Q Réservé	Vol mensuel	Vol annuel
	(m3/s)	(Mm3)	(Mm3)	(m3/s)	(Mm3)	(Mm3)
Salignac	5,8	15	183	11,6	30	366
Escale	6	15,5	189	12	31	378
La Brillanne	6,8	17,5	214	13,6	35	429
Le Lague	7,2	18,5	227	14,4	37	454
Cadarache	9	23,5	284	18	47	568
Mallermort	9,2	24	290	18,4	48	580
Bonpas	9,4	24,5	297	18,8	49	593
			1 684			3 368

Comparaison à un Q réservé de	Différence annuelle (Mm3)		Différence mensuelle hivernale (Mm3)		Différence mensuelle printanière (Mm3)		Différence mensuelle estivale (Mm3)	
	1/20 <sup>ème</sup> du module	1/10 <sup>ème</sup> du module	1/20 <sup>ème</sup> du module	1/10 <sup>ème</sup> du module	1/20 <sup>ème</sup> du module	1/10 <sup>ème</sup> du module	1/20 <sup>ème</sup> du module	1/10 <sup>ème</sup> du module
Salignac	294	111	1	-15	24	9	50	35
Escale	288	98	0,5	-16	23,5	8	49,5	34
La Brillanne	263	48	-1,5	-20	22,5	4	48,5	30
Le Lague	250	23	-2,5	-22	23,5	2	47,5	27
Cadarache	193	-91	-7,5	-31	15,5	-8	41,5	18
Mallermort	187	-103	-8	-32	15	-9	41	17
Bonpas	180	-116	-8,5	-33	14,5	-10	40,5	16

Il ressort de cette deuxième comparaison que l'application du cycle proposé entraîne une augmentation de 1 654 Mm<sup>3</sup> des volumes transitant en Durance par rapport à une situation où le 1/20<sup>ème</sup> du module serait réservé systématiquement à chaque prise d'eau, mais n'entraîne pas de modifications notables par rapport à une situation où le 1/10<sup>ème</sup> du module serait retenu comme débit réservé.

Par ailleurs, au plan local, l'application du cycle proposé correspond

par rapport à une situation où le 1/20<sup>ème</sup> du module serait réservé systématiquement à chaque prise d'eau

- à une augmentation nette des volumes annuels réservés sur tout le linéaire (de + 294 Millions de m<sup>3</sup> pour Salignac à + 180 Millions de m<sup>3</sup> pour Bonpas)
- à une disponibilité plus importante pour la production hydroélectrique en période hivernale sur tout le linéaire
- à une augmentation également nette des volumes mensuels réservés au printemps et en été sur tout le linéaire (de + 50 Millions de m<sup>3</sup> pour Salignac à + 14,5 Millions de m<sup>3</sup> pour Bonpas)

par rapport à une situation où le 1/10<sup>ème</sup> du module serait réservé systématiquement à chaque prise d'eau

- à une augmentation nette des volumes annuels réservés à l'amont (+ 111 Millions de m<sup>3</sup> à Salignac) mais à une diminution du même ordre de grandeur à l'aval (- 116 Millions de m<sup>3</sup> à Bonpas)
- à une disponibilité plus importante pour la production hydroélectrique en période hivernale sur tout le linéaire
- à une situation mitigée vis-à-vis de cette disponibilité en période printanière
- à une augmentation sensible des volumes réservés en période estivale, alors que les besoins énergétiques sont les plus faibles

Remarque : si le passage de la situation actuelle au cycle réservé proposé représente pour la période estivale la libération de 384 Millions de m<sup>3</sup> et peut entraîner une baisse de plusieurs mètres de la cote de Serre Ponçon et les répercussions sur les usages liés au tourisme estival, le passage d'une situation où le 1/10<sup>ème</sup> du module serait réservé systématiquement à chaque prise d'eau au cycle réservé proposé ne représente plus pour la période estivale que la libération de 177 Millions de m<sup>3</sup> ce qui limite d'autant les répercussions sur les usages liés au tourisme estival et pourrait permettre d'envisager la mise en œuvre d'aménagements à niveaux variables suivant l'évolution de la cote du plan d'eau.



## 6.3 RESTAURATION DES POSSIBILITES DE DEPLACEMENTS

### 6.3.1 LES OBSTACLES ACTUELS

La libre circulation des poissons est un principe dont le respect devrait, si on en croit le code rural (article L 234-1), servir de guide impératif à l'ensemble des opérations d'aménagement des systèmes aquatiques.

Dans le cas de la Durance dont l'aménagement repose sur une loi de programmation, comme dans beaucoup d'autres cas d'ailleurs, du moins jusqu'à une époque récente, ce principe n'a pas été respecté et trois types d'obstacles physiques sont susceptibles de contrarier les déplacements des différentes espèces de poissons le long de l'axe durancien :

- les barrages (Bonpas, Mallemort, Cadarache, L'Escale et Sisteron) tous infranchissables ;
- douze seuils de stabilisation (principalement regroupés sur deux sites : 4 à l'aval de Rognonas et 5 au niveau du Puy Sainte Réparate ) ou de dérivation (La Brillanne), globalement infranchissables ou difficilement franchissables, auxquels se rajoute la digue fusible du Large,
- de très nombreuses têtes de radiers réparties sur l'ensemble du linéaire présentant au débit réservé actuel des hauteurs d'eau trop faibles pour autoriser le passage du poisson.

A ces obstacles physiques pouvait et peut probablement encore être rattaché (même si de façon moins systématique et sur une distance plus faible) un obstacle chimique aux migrations à l'aval des rejets d'Atochem.

### 6.3.2 GAIN ESCOMPTABLE D'UN AMENAGEMENT DES OUVRAGES

Dans l'état actuel des choses, et même si (Cf. chapitre spécifique) les débits coulant en Durance sont, exception faite de la partie la plus amont (L'Escale - La Brillanne), généralement supérieurs aux valeurs de débits réservés, le facteur le plus régulièrement limitant au plan géographique vis à vis des migrations piscicoles correspond à l'existence de débits trop faibles. Et il peut donc être admis que, tant que cet obstacle ne sera pas levé, au moins durant les périodes d'accession aux frayères, l'investissement nécessaire à l'équipement des aménagements formant obstacle aux déplacements ne pourra être suivi du bénéfice écologique escompté.

Une approche pragmatique conduit également, avant de décider la programmation de ce type d'aménagements, à apprécier quel gain piscicole peut raisonnablement être attendu

de la restauration des possibilités de franchissement d'un obstacle. Et pour ce faire, il peut être pris en considération les caractéristiques du peuplement pisciaire à l'aval de l'obstacle, l'organisation de la mosaïque d'habitats sur le bief aval, notamment les possibilités de fraye offerte à chaque espèce, ainsi que le même type d'information sur les caractéristiques physiques du et/ou des bief(s) amont. Cette prise en considération doit être réalisée de façon statique (présence de tel ou tel type de frayère) mais aussi de façon fonctionnelle (disponibilité et état sanitaire de la frayère au moment de la période de fraye de l'espèce considérée).

A l'issue d'une approche sommaire et sur la base des éléments statiques acquis lors de la réalisation de la phase diagnostic de cette étude, il peut être admis que les possibilités d'accéder au(x) bief(s) supérieur(s) ne changent pas fondamentalement les possibilités de fraye des différentes espèces peuplant actuellement la moyenne et basse Durance. Des précisions gagneraient cependant à être obtenues notamment sur le comportement du poisson à l'aval des barrages (tronçons manifestant une tendance au pavage par érosion progressive) et au niveau de la composition habitationnelle précise rencontrée à l'amont de chacun des éléments composant les deux séries de seuils de stabilisation (à l'aval de Rognonas et au niveau du Puy Sainte Réparate).

Seule exception à cette appréciation générale, le secteur le plus aval avec la présence de grands migrateurs, qui, sauf l'Anguille recensée jusqu'à Mallemort, sont gênés à minima par le seuil de Courtine et bloqués par le seuil 68 alors que des frayères potentielles à Alose et probablement à Lamproies existent entre ce deuxième seuil et le barrage de Bonpas. Débit potentiellement suffisant pour assurer la montaison des poissons et présence de frayères à l'amont pourraient être l'indication de l'utilité d'un aménagement de la série de seuils.

La gestion actuelle des limons véhiculés par la Durance s'oppose à cette indication en rendant les possibilités de succès de la fraye de ces espèces extrêmement faibles si elles ne sont pas inexistantes. Les chasses qui sont pratiquées au niveau de Mallemort dans le cadre du plan de protection de l'étang de Berre rendent en effet ces frayères impropres à la fraye (vitesse de courant, turbidité, colmatage des substrats) au moment de la reproduction de ces espèces et/ou non compatibles avec la survie ou le bon développement des œufs et des alevins (teneurs en matières en suspension, colmatage des fonds, choc thermique ?) issus de la ponte. Des précisions sur ces impacts négatifs probables seront sans doute amenés par les études actuellement en cours. Il n'est cependant pas évident, n'étant pas ciblées sur cette problématique, qu'elles apporteront des certitudes. Un volet spécifique pourrait donc utilement leur être ajouté.

Sauf, ce qui est fort improbable, conclusion contraire d'un tel type d'étude, l'équipement des ouvrages situés à l'aval de Mallemort se justifie donc très difficilement en regard des ~~espèces potamotiques (Alose et Lamproies se reproduisant en eau douce)~~, dont par ailleurs la remontée en Durance avant aménagement reste pour le moins incertaine. Il en est de même des espèces potamotrophes (venant s'alimenter en eau douce) que sont les mulets, dont le statut durancien antérieur est mal connu, dont le comportement vis-à-vis des chasses est pour le moins incertain et qui généralement ne remontent guère à l'intérieur des terres.

Et ceci d'autant plus que les coûts mis en jeu sont loin d'être négligeables : on peut en effet compter de 100 à 500 KF par mètre de chute équipé suivant le type de passe (adaptation aux espèces ciblées) et les caractéristiques d'implantation et d'état de conservation de l'ouvrage à équiper. Les Aloses et autres espèces peu résistantes à l'effort nécessitent des passes à bassins successifs qui font partie des passes coûteuses ; d'après Michel LARINIER, en première approximation et hors contrainte particulière liée à l'ouvrage ou à son emplacement, leur coût suit grossièrement la formule :

$$C = 490 \text{ KF} \times Q \times H$$

avec  $Q$  = débit transitant par la passe exprimé en  $\text{m}^3/\text{s}$  ; il doit être suffisant pour alimenter la passe et être perceptible à l'aval pour créer un appel du poisson

$H$  = hauteur de chute exprimée en mètre

A ces coûts d'investissement se rajouteraient par ailleurs des coûts d'entretien conséquents en raison d'un engravement probable des bassins réalisés à chaque crue transitant par le cours d'eau.

Seule l'Anguille pourrait bénéficier d'interventions spécifiques. En effet, outre la justification de sa réimplantation par des raisons historiques (elle remontait plus haut que Sisteron avant aménagement) et outre le fait que l'on soit certain qu'elle supporte les chasses pratiquées dans le cadre du plan de protection de l'étang de Berre (elle est actuellement recensée jusqu'à Mallemort), elle nécessite des aménagements beaucoup moins coûteux que les espèces précédentes (tapis brosse incliné de 0,2 à 1 m de large faiblement alimenté en eau – quelques litres à quelques dizaines de litres par seconde) et présente une capacité à franchir les obstacles en les contournant, ce qui peut le cas échéant limiter le nombre d'ouvrages à équiper.

### **6.3.3 CONCLUSION**

Anguille exceptée, le statu quo paraît donc recommandé vis à vis des problèmes de franchissabilité des obstacles aux déplacements piscicoles en attendant d'une part une évolution des débits plancher garantis en Durance et d'autre part, en ce qui concerne les grands migrateurs, une évolution des pratiques de chasse en fin de printemps ou des aménagements restant à inventer susceptibles de redonner aux frayères spécifiques une fonctionnalité acceptable.

## **6.4 INTERVENTION SUR LES PLANS D'EAU**

Outre les opérations visant à diminuer le comblement de certains plans d'eau, qui répondent à d'autres objectifs que ceux liés à la gestion de l'ichtyofaune, les principales interventions à vocation piscicole envisageables au niveau des systèmes d'eau calme créés

sur la Durance (retenues E.D.F., souilles, amont de seuils) sont des interventions portant sur les berges.

L'idéal consisterait en un rajeunissement des roselières (Cf. chapitre spécifique) qui, indépendamment des bénéfices écologiques escomptés par ailleurs, présente l'intérêt de les rendre à nouveau fonctionnelles comme frayères et comme nurseries pour la majorité des espèces se développant dans ces eaux calmes, en l'absence d'herbiers d'hydrophytes.

Ce rajeunissement pourra être effectué de façon non uniforme (création d'encoches complètement dégagées ou de "clairières", de façon à former une certaine hétérogénéité au niveau de l'interface sol-eau. Et afin d'accentuer cette hétérogénéité, des arbustes à branches déversantes pourront être plantés : support fréquent de macrofaune benthique au stade adulte, ces arbustes sont également des frayères potentielles (notamment pour la perche) et constituent des abris d'autant plus appréciés de certaines espèces que les herbiers d'hydrophytes font défaut.

Ces interventions présentent l'avantage d'être simples et efficaces. Il n'en est pas forcément de même d'autres aménagements ponctuels qui pourraient être proposés pour répondre à des besoins particuliers : création de caches artificielles, pose de caissons ensemencés en hydrophytes, mise en place de frayères flottantes pour les plans d'eau subissant un marnage en sont les principaux.

Dans le cas des gravières, les mêmes principes d'intervention peuvent être retenus après reprofilage des berges (amoindrissement de la pente et création d'encoches dans le tracé rectiligne des bords) et le cas échéant création d'îles. Des plantations étagées de différentes espèces d'hélophytes alternant avec des plantations d'arbustes à branches déversantes au niveau des encoches dont la pente a été maintenue abrupte complètent utilement l'aménagement des caractéristiques morphologiques du site. L'aménagement de caches artificielles et la pose de caissons d'hydrophytes peuvent également être envisagés.

7

## LA GESTION ET LA PROTECTION DES SITES A ENJEUX ÉCOLOGIQUES MAJEURS

D'une manière générale, deux objectifs peuvent être dégagés : l'instauration de **mesures de protection** sur les secteurs les plus sensibles et qui en sont dépourvus, et la mise en place de **mesures de gestion** sur les sites le nécessitant.

### 7.1 CHOIX DES SITES

□ Un ensemble de critères de sélection a été défini en fonction des conclusions du diagnostic, et reprend au total une trentaine de paramètres environnementaux (cf. pour plus de détail la notice jointe à la carte des enjeux). Assortis d'une pondération et cartographiés sur SIG, ils ont permis d'obtenir une hiérarchisation des sites et de faire ressortir ceux étant les plus sensibles sur le plan écologique, soit **une vingtaine de secteurs au total**.

□ En Vaucluse, la presque totalité des sites à enjeux écologiques majeurs bénéficient déjà d'un statut APB. Seul le secteur du Grand Isclon n'est pas classé. L'APB avait été en effet refusé en raison du projet du TGV méditerranéen. La construction de ce dernier n'a finalement empiété que sur les marges du Grand Isclon, le reste n'ayant pas été touché. Rappelons qu'aucune autre zone méritant un statut de protection n'a été mise en évidence en Vaucluse (hormis les roselières de Courtine, situées à parts égales sur les départements 13 et 84).

Dans les Bouches du Rhône en revanche, l'intrégralité des sites reconnus d'intérêt écologique sont toujours en attente de classement APB depuis 1992. Outre leur sensibilité écologique importante, la plupart des zones sont situées en vis à vis des APB.84, formant en fait des unités géographiques indissociables.

□ En moyenne Durance, aucune protection juridique n'a été instaurée, malgré l'existence ~~d'une dizaine de sites présentant des enjeux forts à très forts. Hormis les pelouses sèches~~ de Vinon diminuées par des extensions agricoles, aucun site ne semble véritablement menacé à l'heure actuelle. Toutefois, le rôle des mesures de protection ne doit pas se limiter à détourner les menaces qui peuvent peser, mais doit également permettre **d'agir à titre préventif**. Bien souvent en effet, l'expérience montre que lorsqu'un projet d'envergure pèse sur un site naturel, il est déjà trop tard pour mettre en place une protection. Pour être réellement efficace et prise en compte, celle-ci doit être instituée indépendamment de tout projet.

C'est pourquoi il apparaît aujourd'hui nécessaire d'instaurer des mesures préventives sur un certain nombre de secteurs de moyenne Durance. Les APB sont souvent rapides à instaurer, et légers sur le plan administratif. Ils présentent en revanche l'inconvénient de ne pas être accompagnés de mesures de gestion et d'entretien. Cet inconvénient sera toutefois en partie pallié au travers des actions préconisées dans le cadre du schéma directeur.

Sur le site particulier de la confluence du Verdon, la mise en place d'une Réserve Naturelle d'Etat est proposée. Ce site emblématique à très forte valeur écologique héberge en effet une des plus belle ripisylve humide de la Durance, car alimentée par la Louane, le Verdon, la Levade et également par des retours d'irrigation. Certains secteurs marécageux de la retenue sont pratiquement inaccessibles, mettant ainsi la faune sauvage à l'abris des dérangement humains. Les roselières et saulaies humides accueillent le Castor, le Héron pourpré, le Râle d'eau, le Busard des roseaux, ... Plus en retrait, des friches et terres agricoles sont régulièrement inondées par les eaux du Verdon, et pourraient être rattachées au site. L'instruction d'une Réserve Naturelle permettrait d'instaurer une protection à long terme, assortie d'un programme de gestion spécifique à cette zone. soulignons que la mise en place d'une réserve est souvent assez longue, de l'ordre de 5 ans en moyenne. Ainsi, la mise en place d'un APB sur la confluence reste donc nécessaire à titre préventif, dans l'attente d'aboutir à la création d'une Réserve Naturelle.

□ Pour ces raisons nous faisons les préconisations suivantes:

☞ **Maintien des 5 APB Vaucluse existants.**

☞ **Rédéfinition d'un périmètre APB sur le secteur du grand Isclon et extension à la zone de compensation de Quitte brayes**, validation par la préfecture de Vaucluse (environ 120 ha).

☞ **Classement des roselières de Courtine en APB** (environ 32 ha en Bouche du Rhône et 32 ha en Vaucluse)

☞ **Maintien de l'unique Réserve Naturelle Volontaire de Durance** (St Estève Janson).

☞ **Validation des 8 APB des Bouches du Rhône** (APB n° 13.1 à 13.8 totalisant 642 ha)

☞ **Classement en APB de 9 sites de moyenne Durance** présentant des enjeux majeurs :

- étangs de Beaumont de Pertuis (53 ha)
- pelouses sèches de Vinon sur Verdon (70 ha)
- confluence du Verdon (env. 100 ha)
- ~~lit vif et ripisylve de Valensole (env. 180 ha)~~
- lit vif et ripisylve des Mées (env. 400 ha)
- aérodrome de St Auban (67 ha)
- retenue de l'Escale (88 ha)

- zones humides du pont de Volonne (30 ha)

- retenue de Sisteron (50 ha).

☞ **Classement en Réserve Naturelle de la confluence du Verdon (100 ha)**

☞ **Récapitulatif des surfaces concernées bénéficiant ou pouvant bénéficier de mesures de protection :**

	Superficies
APB déjà validés Vaucluse	869 ha
APB proposés Vaucluse	152 ha
APB proposé Bouches du Rhône	32 ha
APB en attente de validation Bouches du Rhône	642 ha
APB proposés Alpes de Haute Provence	1038 ha
<b>Total :</b>	<b>2733 ha</b>

(dont 40% en moyenne Durance et 60% en basse Durance).

La proposition de classer en APB plus de 1 000 ha de terrain en moyenne Durance représente une politique ambitieuse de protection des milieux naturels. Ces mesures, préconisées à titre préventif, doivent être appliquées de manière cohérente avec les préconisations de gestion proposées.

La mise en place d'Arrêtés de Protection de Biotopes ne consiste pas à mettre "sous cloche" les sites concernés. Au contraire, les APB doivent autoriser les travaux de réhabilitation, d'entretien et d'une manière générale toutes les opérations de gestion adaptées à leur sensibilité spécifique.

## 7.2 MESURES DE GESTION

Tous les sites classés en APB ou proposés comme tels ne nécessitent pas forcément la mise en place d'une gestion particulière. Dans certains cas, la gestion à suivre les préconisations concernant la gestion du lit (notamment par modification des pratiques d'essartement), et celles relatives au transit sédimentaire et aux crues. Des sites font toutefois l'objet de préconisations particulières détaillées dans le tableau ci-après, notamment en matière de réhabilitation : nettoyage de lône, résorption de décharges et de reste d'exploitation, recul d'enrochements, ...

☞ Les textes réglementaires des APB projetés devront être adaptés si besoin aux mesures préconisées. De même, parmi les mesures proposées sur les APB existants en basse Durance, certaines pourront être contradictoires avec le texte réglementaire des

statuts de protection. La réglementation devra **être adaptée aux propositions d'aménagement** (notamment en ce qui concerne les nouvelles modalités d'essartement).

☞ En ce qui concerne la confluence du Verdon en revanche, la réalisation d'un plan de gestion sur 5 à 10 ans sera nécessaire lors de la mise en place de la Réserve.





## **8 PRESENTATION SYNTHETIQUE DES ACTIONS PROPOSEES**

### **8.1 BILAN EN TERME DE GESTION DE L'ESPACE**

(en cours de finalisation, présentation en réunion du comité de suivi)

### **8.2 TABLEAU SYNTHETIQUE DES ACTIONS PROPOSEES**

avec objectif visé, priorité, coût

(en cours de finalisation, présentation en réunion du comité de suivi)



## 9 ELEMENTS POUR LA CREATION D'UN OBSERVATOIRE DE LA DURANCE

La mise en place d'un observatoire écologique doit permettre de répondre à trois objectifs prioritaires :

- évaluer en permanence l'état biologique et l'état physique de la rivière,
- évaluer les conséquences du programme d'actions engagé,
- améliorer les connaissances scientifiques,
- valider les hypothèses prises dans le cadre de la présente étude.

Au fur et à mesure des observations et des analyses qui seront dégagées, les aménagements en cours et les choix techniques pourront être affinés progressivement.

Les préconisations de suivis peuvent être détaillées au travers de deux grands thèmes : suivi du milieu physique et suivi du milieu biologique.

Un des outils de base du suivi de l'état physique et biologique de la Durance sera la réalisation d'une campagne de photographies aériennes tous les 4 ans environ (pour suivre le rythme des essartements).

Ce sera la poursuite de la politique menée de longue date par le SMAVD, étendue à la Moyenne Durance.

### 9.1 MESURES DE SUIVI DU MILIEU PHYSIQUE

#### 9.1.1 SUIVI DE LA MORPHOLOGIE DU LIT

Le suivi du profil en long de la Durance permettra de contrôler les évolutions du lit en altitude pour vérifier la pertinence des prévisions réalisées dans la présente étude et prendre en compte la diversité de l'activité hydrologique selon les périodes.

Son analyse s'appuiera sur la comparaison avec le profil en long de référence (cf. § 2.4)

Il permettra d'engager les actions subordonnées à l'évolution du lit, qu'il s'agisse de l'abaissement des seuils au fur et à mesure du réengrèvement du lit, ou au contraire de la mise en place de mesures de stabilisation du lit en cas d'abaissement excessif dans les tronçons déficitaires. Pourront être également engagées des opérations ponctuelles de curage lorsque le niveau du lit dépasse de manière significative le profil en long de référence (écart supérieur à 0.5 m sur plus de 500 m).

Sur la majeure partie du linéaire étudié, une ligne d'eau au débit réservé est le meilleur indicateur du niveau du lit. Les comparaisons sont aisées (débits toujours comparables) et le levé d'une ligne d'eau permet de lisser les anomalies locales (alternances seuil / mouille).

Font exception les souilles d'extraction, notamment au droit d'Avignon et les retenues EDF : seul un suivi de profils en travers permettra d'apprécier les évolutions.

Les fiches par tronçons mentionnent les secteurs où ce suivi paraît prioritaire. Il conviendra cependant de réaliser à intervalle régulier un levé d'ensemble du profil en long (tous les 10 ans minimum, ainsi qu'après de fortes crues).

**Le suivi de profils en travers doit être plus ciblé.** Il doit nécessairement être réalisé sur des profils bornés pour être comparatif.

Il sera réalisé notamment dans les cas suivants :

- suivi de l'évolution des retenues EDF (suivi déjà assuré normalement par EDF) : il faudra définir les modalités d'accès de l'Observatoire à ces levés.
- suivi de l'évolution des souilles : prévoir entre 3 et 5 profils par souille en amont des seuils 5 et 6 (fréquence du levé : environ 5 ans) et des seuils 67, 68 et CNR (fréquence : 2 ans). Sur ces dernières souilles, le suivi est en relation directe avec le suivi de l'impact des restitutions à Mallemort.
- suivi de l'évolution des marges boisées basses, notamment dans le cadre des nouveaux modes d'essartement les plus ambitieux. Prévoir une vingtaine de profils au total, suivis tous les 2 ans (2 levés par cycle d'essartement), répartis entre les deux tronçons tests pour le mode d'essartement B2 (zone de Dabisse aux Mées, Mallemort/Cheval Blanc) ainsi que sur un secteur à mise en œuvre plus prudente de ce mode de gestion (par exemple, Lauris/Charleval).

Dans tous les cas, la réalisation des profils en travers devra être accompagnée d'un relevé de la nature des formations superficielles et de la description des unités végétales rencontrées.

**L'analyse des photographies aériennes** permettra de suivre les changements de style morphologique dans les différents tronçons, en s'appuyant sur la typologie élaborée dans cette étude.

### **9.1.2 SUIVI DES DEBITS**

La connaissance des débits réels en Durance doit être un objectif central de l'Observatoire, tant en étiage qu'en régime de hautes eaux et en crue.

Il faudra pour cela que l'Observatoire constitue en continu une base de donnée des débits effectifs sur chaque tronçon, à partir des débits déversés et turbinés par EDF, ainsi que des apports des affluents mesurés par la DIREN.

Outre les valeurs localisées relevées en continu et les mesures de la DIREN, des jaugeages ponctuels seront réalisés à quatre reprises dans l'année sur un nombre de points plus conséquent du linéaire Durancien afin de mieux cerner les apports issus des retours agricoles directs et/ou de la réalimentation de la nappe par infiltration.

Lors des crues exceptionnelles (supérieures à  $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ ), le relevé précis de laisses de crue doit être systématique.

### **9.1.3 SUIVI DES FLUX DE SEDIMENTS**

En ce qui concerne **les limons**, EDF suit de près les concentrations des eaux de la Durance pour définir sa politique de restitution. Il paraît fondamental que l'Observatoire puisse accéder à ces mesures en continu, de façon à suivre l'évolution des flux de limon en Durance (déversés à l'Escale et Cadarache, restitutions à Mallemort). Pour être vraiment exploitables, ces données de concentration doivent être associées aux données de débit correspondantes.

Pour **les graviers**, on appuiera les réflexions ultérieures sur un suivi des flux potentiels calculés à partir des débits effectifs observés chaque année.

Une fois acquise la connaissance des débits effectifs en Durance, il sera immédiat d'évaluer la capacité de transport sur l'année à partir des lois de transport solide mises en œuvre dans l'étude, de façon à apprécier les variations relatives d'une année à l'autre.

Ce suivi simple permettra de quantifier l'écart de l'activité morphologique par rapport à la moyenne.

En parallèle, l'avancée des langues de gravier dans les zones en cours de réengrèvement sera un moyen d'accéder à une mesure du transport de gravier effectif : pour cela, la topographie de la langue sera levée tous les 3 à 4 ans.

D'autres mesures de suivi des flux de sédiment peuvent être envisagées : mesure périodique de la granulométrie de surface des matériaux en quelques points caractéristiques, suivi topographique ou photographique de l'évolution locale de bancs ou de bras, ... Ces protocoles de suivi seront valablement développés dans le cadre de travaux universitaires.

### **9.1.4 SUIVI DE LA NAPPE**

Suivi d'un réseau piézométrique sur la basse et la moyenne Durance.

### **9.1.5 SUIVI DES EFFETS DES NOUVEAUX MODES D'ESSARTEMENTS**

□ Les nouveaux modes d'essartement proposés sont tout à fait expérimentaux, n'ayant jamais été testés à de grandes échelles et dans des contextes similaires. Ils demandent par conséquent un **suivi obligatoire**.

Ce suivi s'intéressera plus particulièrement:

- aux effets sur la morphologie du lit, notamment la mobilité des bras et l'enlèvement du lit,
- aux effets sur la mosaïque végétale, notamment en terme de diversité des unités végétales et de retour des espèces pionnières,
- aux effets sur la diversité du milieu aquatique, notamment en ce qui concerne la contribution de la végétation et des bois morts à celle-ci,
- aux impacts sur la faune, des travaux "lourds" d'essartement de la forêt ou de terrassement.

Cinq sites sont proposés afin de tester les différentes options d'essartement proposées. Les modalités de suivi devront être définies de façon précise lors de la mise au point d'un protocole expérimentale.

Les paramètres portant sur la vitesse et la nature de l'évolution des boisements réclameront probablement des études complémentaires sur le fonctionnement des marges latérales. Il manque en effet aujourd'hui des données précises sur l'**impact des rejets d'irrigation** sur la végétation. Sans pour autant entreprendre une étude d'envergure, quelques-uns des sites tests pourraient être étudiés de ce point de vue. Par ailleurs, on manque aujourd'hui de données concrètes sur les possibilités réelles d'utiliser les eaux excédentaires pour maintenir des zones humides et pour recharger la nappe (lien avec les modifications des pratiques d'irrigation, surcoûts du maintien des pratiques actuelles, etc.).

**Le suivi devra être instauré à long terme**, car seule une analyse de la rivière sur une très longue période pourra apporter une connaissance précise et pragmatique en matière de gestion par l'essartement. Un suivi **sur au moins 20 ans (soit cinq cycle d'entretien)** est nécessaire.

---

Les cinq sites proposés sont :

- le secteur de la **Font du Pin** (expérimentation du mode B2 ambitieux sur un secteur où l'espace disponible est très important, intégration des marges boisées par bandes de 100 m).
  - la zone de **Dabisse** (Les Mées) pour tester le mode B2 ambitieux (bandes essartées d'au moins 100 m de large)
-

En fonction des résultats obtenus sur ces deux premiers sites les **essartements de type B2 pourront éventuellement être appliqués à une plus grande échelle sur la rivière.**

- la zone du **plan du pas d'Auquet** (Valensole) pour tester l'option B2 (secteur de type 2, intégration des marges boisées dans le chenal essarté par bandes de 30 à 50 m de large, îlots exclus de la bande essartée ).
- le secteur de **Peyrolles en Provence** (lit très abaissé, réduction au minimum des pratiques d'essartement)
- le tronçon figé de **Caumont** (arasement de bancs, gestion par essartement).

☞ **Les modalités d'essartement seront périodiquement redéfinies en fonction de l'actualisation des données.**

### **9.1.6 SUIVI DE L'EVOLUTION DES SOUILLES DU LIT VIF**

Le suivi de deux sites, où les enjeux écologiques sont forts et la dynamique d'évolution très rapide, est souhaitable. Il s'agit de :

- la zone de Courtine
- les souilles 68 et 67.

☐ Sur **Courtine**, les paramètres suivis devront permettre de préciser les mesures d'entretien nécessaires, et de quantifier l'impact du rajeunissement des bancs.

- Suivi de la reprise des Roseaux (vitesse des repousse, densité des formations végétales). Lien avec la hauteur des terrasses décapées. L'implantation de transects de suivis sera probablement nécessaire. Un relevé floristique annuel, voire bisannuel les premières années, permettrait de suivre finement la reprise des Roseaux (relevés le long des transects par la méthode des "points contacts"). De même, l'implantation de parcelles de suivi phytosociologique aiderait à la fois à analyser l'évolution d'un point de vue qualitatif (types de groupement végétaux en place) et quantitatif (coefficient d'abondance/dominance). Un suivi photographique serait utile.

- Impact sur l'avifaune (augmentation ou diminution du nombre de couples par espèce...). Quelques espèces clés pourraient être suivies pour affiner l'analyse : Blongios nain, Lusciniole à moustache, Rousserolle effarvate...

- Vitesse de réenlimonement des bancs et de colmatage des chenaux (lien avec les hauteurs de terrasses décapées, et les lâchers de délimonage de Cadarache).

☐ Sur **les souilles 68 et 67**, le type de suivi sera différent, car les bancs de limon affleurent à peine. Il s'agira donc d'analyser l'évolution du colmatage des souilles, et l'impact des passes mobiles. Si les bancs viennent à s'exhausser, on définira un protocole de suivi de la végétation qui ne manquera pas de se développer.



Dans les deux cas, un suivi sur au moins une quinzaine d'année est souhaitable.

## 9.2 MESURES DE SUIVI DU MILIEU BIOLOGIQUE

### 9.2.1 SUIVI DE L'EVOLUTION DE LA VEGETATION ET DE LA DIVERSITE DES MILIEUX

L'analyse géographique de l'espace alluvial Durancien à deux périodes (1958-1997) a fourni un grand nombre de données, qui n'aurait pu être obtenu de façon aussi objective par d'autres moyens (voir rapport diagnostic). Elle n'a pas permis bien sûr de répondre à toutes les interrogations sur le fonctionnement et l'évolution actuelle des milieux alluviaux, qui nécessiteraient d'autres investigations, mais elle a mis en évidence la nécessité de suivre **l'évolution de l'occupation de la vallée alluviale**. La modification du régime hydrologique et les extractions en lit mineur ont ainsi eu des répercussions profondes sur cet espace : très fortes conquêtes agricoles, spectaculaire transformation végétale, pénalisation de l'habitat aquatique, etc. Il est fort probable que l'espace alluvial Durancien connaisse encore bien des évolutions notables. Un suivi régulier et programmé de l'occupation de l'espace alluvial est donc indispensable pour mener une gestion à long terme.

Au delà de l'obtention de données objectives et quantitatives sur le milieu, ce suivi permettra en effet de comprendre les évolutions futures. L'analyse de la mosaïque végétale (surface, agencement, composition et répartition des unités végétales), est un critère particulièrement révélateur de la dynamique fluviale et de l'intérêt biologique existant. Certaines unités végétales "évoluées" témoignent ainsi de la déconnection entre le lit vif et ses marges et de l'exhaussement relatif de celles-ci; elles peuvent servir d'indicateurs de suivi de l'enlèvement latérale et de l'incision du lit. Une carte réactualisée périodiquement permettrait donc de **suivre l'évolution à long terme** avec précision, voire d'anticiper certaines évolutions dommageables.

Ce suivi nécessitera régulièrement des survols aériens de la vallée, avec prises de vues en verticale. Il s'appuiera donc sur les survols aériens effectués tous les 4 ans. Des photointerprétations partielles seront réalisées sur certains tronçons pour chaque survol et une photo-interprétation complète tous les 12 ans sera nécessaire pour analyser l'évolution générale de la Durance. La photointerprétation intermédiaire (tous les 4 ans) sur des sites particuliers est indispensable pour comprendre les **mécanismes** d'évolution de la forêt alluviale. ~~L'étude a en effet mis en évidence de nombreuses difficultés pour interpréter~~ certaines évolutions sans une analyse plus fine dans le temps : maintien de la populaie noire, passage très rapide à des stades évolués, etc.

Pour faciliter ce suivi, la photointerprétation doit être réalisée au fur et à mesure de l'obtention des clichés, ce qui permet de se "recaler" sur le terrain. Il est par ailleurs bien

évident que l'exploitation de la photointerprétation nécessite obligatoirement leur mise en forme sur Système d'Information Géographique, en profitant de la base de donnée réalisée lors du diagnostic de cette étude. Les principaux paramètres à suivre seront au minimum ceux étudiés dans la phase diagnostic, comme base de comparaison.:

□ La diversité des milieux est fortement révélatrice des potentialités biologiques de la rivière et de ses capacités d'accueil faunistique et floristique. L'indice de complexité employé pour le diagnostic de l'étude pourra notamment être repris comme paramètre de suivi. Pour permettre une comparaison périodique, on veillera à réutiliser la même méthodologie (méthode de calcul, espacement entre les transects). Cet indice ne devra toutefois être pris qu'à titre indicatif : il témoigne de la complexité de la répartition spatiale des unités de végétation, sa relation avec la diversité biologique au sens strict reste à préciser. Il ne peut permettre à lui seul d'interpréter l'évolution des milieux, et doit être étudié conjointement avec les autres paramètres analysés : suivis de la végétation par photo-interprétation, suivis des populations faunistiques, études des paramètres physiques (transit sédimentaire, profil en long...). Par ailleurs, les méthodes d'analyses employées lors du diagnostic ne doivent pas constituer un cadre rigide pour le suivi scientifique à venir, mais doivent au contraire pouvoir évoluer en fonction des connaissances acquises.

## **9.2.2 SUIVI DE L'EVOLUTION GLOBALE DES MILIEUX AQUATIQUES**

□ L'évolution de la qualité des **milieux aquatiques** sera pour partie approchée au travers de la photo-interprétation : calcul et analyse des linéaires de berges, et de "ripisylve mouillée". Des investigations de terrain seront par ailleurs nécessaires et, en particulier, il est souhaitable de réaliser un bilan précis de l'état des annexes latérales : typologie, fonctionnalité, intérêt réel pour le poisson etc... Cette étude réclamera un très important travail d'acquisition de données, seul moyen efficace pour connaître et comprendre précisément le fonctionnement de ces annexes latérales. Enfin, les modifications impliquées par le changement de débit réservé nécessiteront de suivre l'état des populations piscicoles et d'approcher la qualité réelle de l'habitat (mesures physico-chimique, évolution des caractéristiques habitationnelles, pêches électriques...). Ces analyses devront être menées en concertation avec les fédérations de pêche et de protection des milieux aquatiques ainsi qu'avec le Conseil Supérieur de la Pêche. Elles pourront compléter ou/et remplacer certains programmes existants par ailleurs (études EDF...).

□ Une partie du suivi des annexes latérales sera effectuée en corrélation avec l'expérimentation des modes d'essartement (voir plus haut). Il importe en revanche de compléter les informations recueillies par l'étude de trois sites particuliers : le Restegat en amont rive droite du Barrage de Mallemort, la zone de lône et ripisylve humide sur Valensole en face de l'Aire de repos de Manosque et la ripisylve humide des Mées (entre l'aire de repos de Ganagobie et la Brillanne). Ces deux secteurs ont été sélectionnés pour leur intérêt écologique majeur.

Les objectifs du suivi sont de mettre en évidence :

- le fonctionnement actuel de ces annexes :

- le rôle et intérêt des différentes sources d'alimentation en eau

- type de connection avec le Durance
- vitesse de colmatage après réhabilitation
- la richesse faunistique et floristique de ces milieux "reliques" :
  - état initial des peuplements (végétaux, invertébrés et poissons) et approche des variations temporelles de fréquentation
  - évolution des peuplements après réhabilitation et gestion des sites
- l'influence des nouveaux modes d'essartement :
  - sur les terrasses basses entre lônes et Durance (cas de Valensole)
  - sur les lônes courantes du Restegat. Influence des reconnections sur la vitesse de colmatage des bras (effets négatifs ou positifs).
- En dehors de ces deux sites, les lônes réhabilitées seront également suivies, dans une perspective d'analyse des travaux réalisés, d'évolution des annexes créées ou décolmatées, et d'impact sur les espèces aquatiques. Sont concernées les lônes sur les secteurs suivants : Beaumont de Pertuis, aval seuil B, Sanfla, aval Gontard, Pradelle, aval la Roquette, Mérindol, Redourtié / cheval blanc, et Quitte brayes.

### **9.2.3 SUIVI DES REAMENAGEMENTS DE GRAVIERES**

L'analyse de l'efficacité des travaux sera particulièrement importante par la suite pour mettre en place les programmes de réhabilitation des sites encore en cours d'exploitation.

Trois zones sont pressenties pour mettre en place un suivi : **la gravière de la Ferratière (le Puy Ste Réparate), les gravières capturées de Mallemort et enfin le Domaine du Plantain à Peyrolles.**

Au Puy Ste Réparate, les observations porteront sur la vitesse de végétalisation des berges après adoucissement des pentes. Une zone témoin sur laquelle les berges sont restées subverticales devrait être prise comme référence, afin de pouvoir comparer les évolutions.

Sur Mallemort, l'attention sera portée sur le réenlimonement spontané (vitesse de colmatage, développement de la végétation aquatique).

Le suivi du Domaine du Plantain sera fonction des possibilités de réaménagement (site encore en cours d'extraction).

Sur l'ensemble des 3 sites, trois thèmes seront analysés :

- l'évolution des fonds aquatiques : formation d'herbiers, analyse des populations d'invertébrés...

- la qualité de l'eau,

- les impacts sur la faune aquatique et l'avifaune.

#### **9.2.4 AMELIORATION DES CONNAISSANCES FAUNISTIQUES**

Le diagnostic de cette étude a mis en évidence des lacunes portant sur plusieurs groupes faunistiques. Des inventaires ou des prospections ponctuelles seraient nécessaires pour affiner les connaissances.

□ **Chiroptères** : manque important de données. Pour enrichir les connaissances, deux types d'opérations peuvent être mises en place : recensement par écoute nocturne et prospection de gîtes. Plutôt que d'entreprendre un inventaire des gîtes potentiels (habitats, cavités...), souvent long à réaliser et fastidieux, nous proposons de poser des gîtes artificiels à proximité de la rivière. Une trentaine de gîtes pourraient être posés sur 3 à 4 secteurs.

Des écoutes peuvent être réalisées à l'aide d'un détecteur à ultrason, qui permet à distance d'identifier les espèces ou à défaut le genre. Ces écoutes sont à mener parallèlement aux prospections annuelles des gîtes.

□ **Reptiles** : incertitude sur la présence de la Cistude en Durance. Absence de donnée récente sur le Lézard ocellé.

Amphibiens : pas de donnée récente sur le Pélobate cultripède.

☞ Quelques jours de prospection par un spécialiste sont à prévoir en ciblant sur les espèces concernées.

#### **□ Invertébrés :**

Insectes : nombreux ordres mal connus : Orthoptères (criquets, sauterelles), Hémiptères (Hétéroptères et Homoptères) et Hyménoptères.

Arachnides : seules des données éparses existent. Aucune étude ciblée n'a jamais été réalisée.

☞ S'il n'est pas envisageable de vouloir réunir des connaissances exhaustives sur la totalité des groupes d'invertébrés, on peut en revanche cibler les inventaires sur quelques ordres.

---

#### **□ Poissons :**

Si la nature globale du peuplement pisciaire durancien peut être considérée comme connue, les problèmes liés à l'échantillonnage des milieux de type durancien se sont opposés jusqu'à maintenant à la réalisation d'inventaires précis autorisant une approche fine de la structure du peuplement piscicole de la Durance. Cette connaissance sera

---

pourtant nécessaire si on veut juger objectivement de l'impact des opérations menées sur le peuplement en place.

Avec l'évolution des protocoles d'échantillonnage et la définition d'investigations mixtes s'appuyant sur des techniques complémentaires, ces carences peuvent être levées : ce n'est qu'une question de moyens.

### **9.2.5 SUIVIS FAUNISTIQUES ET FLORISTIQUES**

Les données antérieures sont le plus souvent issues de prospections réalisées en bénévolat par les naturalistes locaux. Il serait souhaitable à l'avenir de planifier les suivis au moins pour les espèces et les groupes à enjeu, et de les intégrer dans le programme décennal d'action. Une contractualisation est indispensable.

#### **□ Avifaune :**

En raison de la richesse avifaunistique de la vallée de la Durance, un suivi régulier nous paraît indispensable. Cette richesse étant importante tant sur le plan de la nidification, de l'hivernage que de la migration, un inventaire complet (quantitatif et qualitatif) pourrait être réalisé sur l'ensemble de la zone d'étude. Toutefois, ce type de suivi sur un aussi long linéaire représente une masse de travail considérable. Nous proposons de réaliser le suivi en deux temps :

- un suivi complet de Sisteron au Rhône, une fois tous les cinq ans,
- un suivi annuel uniquement sur les secteurs à très fort enjeu avifaunistique :

#### *En nidification :*

Beaumont de Pertuis

Retenue de Cadarache

Gravière du Puy Ste Réparate

Roselières de Courtine

Sites de nidification d'Ardéidés  
(Noves, Villelaure, Gréoux...)

Pelouse sèche de Vinon sur Verdon

~~Pelouse sèche de St Auban~~

#### *En hivernage :*

Bassin d'écluse de Cadarache

Retenue de Sisteron

#### *À la fois en hivernage et en nidification :*

Barrage de Mallemort

Retenue de l'Escale

Réserve de St Estève Janson

#### **□ Poissons et macrofaune benthique:**

~~Les bases du suivi pourraient être les suivantes sur chaque station d'étude retenue:~~

- échantillonnage conjoint du peuplement piscicole et de la macrofaune benthique couplé

☞ Quatre sites proposés en **Arrêté de Protection de Biotopes** méritent soient une réactualisation des données (inventaires obsolètes), soit des levés complémentaires (données actuelles trop incomplètes).

Il s'agit des zones :

- de pelouse sèche de Vinon sur Verdon
- de pelouse sèche de St Auban
- de lit vif et de ripisylve des Mées
- de lit vif et de ripisylve de Valensole.

Un levé avifaunistique et un levé floristique seront au minimum réalisés. Si possible, un complément entomologique sera apporté.

---

---

à une description systématique de la mosaïque d'habitats (suivant la méthodologie proposée par la DR du CSP de Lyon) pour les stations de suivi des effets de l'augmentation du débit réservé et des modifications des pratiques de l'essartement

- échantillonnage des macro-invertébrés benthiques sur l'ensemble des stations ayant fait l'objet d'un suivi et pouvant servir de " référence "
- échantillonnage piscicole au niveau des plans d'eau

L'échantillonnage des peuplements pisciaires sera réalisé

- par pêche électrique (pratiquée à pieds et en bateau) et pêche aux filets dans le cadre de l'application d'un protocole s'inspirant des pêches par ambiance (mises en œuvre actuellement par la DR du CSP de Montpellier) et par pôle d'attraction (développées par la DR du CSP de Lyon) ; ce protocole, adapté à la Durance, devrait consister en une triple prospection de l'ensemble des types d'habitats (sensu lato) recensés au préalable sur la station ; les habitats peu profonds seront prospectés à l'électricité, les habitats d'une profondeur supérieure à 1 m seront prospectés à l'électricité (faciès lotique) et avec des araignées multimailles (faciès lentique).
- par pêche aux filets verticaux et aux araignées multimailles suivant le protocole établi par l'Université de Franche-Comté et la Délégation du Conseil Supérieur de la Pêche de Lyon (protocole standardisé et reproductible impliquant une triple prospection des différents types de pôles d'attraction recensés) complétée par une prospection des bordures à l'électricité pour les plans d'eau
- par pêche électrique et pose de nasses au niveau des annexes

La prospection de la macrofaune benthique et sa détermination, autant que faire se peut à l'espèce, nécessiteront la mise en œuvre d'un protocole adapté, plus complet et précis que celui de l'IBGN qui ne saurait répondre à la problématique posée ;

Un "état zéro", avant intervention, sera recherché pour l'ensemble de ces stations, (avec deux campagnes saisonnières d'échantillonnage : printemps et début d'automne) avant mise en place d'un suivi annuel avec également deux campagnes saisonnières d'échantillonnage

Les résultats biologiques obtenus pourront ainsi sanctionner les effets des interventions réalisées

#### **□ Autres groupes faunistiques, suivis floristique :**

Un suivi des autres groupes faunistiques ne nous semble pas indispensable, hormis sur les sites aménagés, ou sur lesquels des processus expérimentaux de gestion vont être mis en place. De même, la flore de la vallée de la Durance est aujourd'hui suffisamment bien connue et la mise en place d'un programme lourd d'inventaire n'est pas justifiée. En revanche, tout comme pour les groupes faunistiques, un levé de terrain sera nécessaire ponctuellement avant la réalisation des travaux proposés dans le cadre du programme d'action (travaux liés aux volets milieux naturels et hydraulique/sédimentologique).

#### **□ Sites particuliers nécessitant des inventaires naturalistes :**