

Une problématique thématique : du poisson à l'image

Comme il a été vu dans le chapitre précédent, la rivière, et en particulier la Durance, est le *théâtre d'un conflit d'usages* nécessitant l'établissement de compromis fins, notamment au sujet de l'*optimisation des débits réservés* entre usages hydroélectriques, agricoles, touristiques et protection du milieu. On rappelle brièvement ces éléments et leurs implications en terme de problématiques de recherche dans une première section.

L'objectif de ce chapitre est de montrer par quels mécanismes une problématique thématique (compréhension du fonctionnement d'un hydrosystème) est transférée vers une problématique méthodologique (technique de mesure de paramètres physiques). Les applications thématiques sont variées : étude de la morphodynamique des rivières, modélisations hydrauliques, études hydroécologiques. Notre propos se concentre sur l'*aspect écologique* : celui-ci est en effet pédagogique dans le sens où les problématiques posées et les réponses scientifiques proposées se heurtent à un problème de représentativité, de significativité, d'échelle, et donc finalement d'accessibilité à une caractérisation spatiale du milieu sur de grandes étendues.

Depuis une dizaine d'années en Europe, la gestion de la ressource en eau doit prendre en compte sa dimension écologique (l'eau en tant que milieu de vie). Il y a donc dorénavant un besoin institutionnel de *caractériser et de comprendre le fonctionnement de la rivière pour sa gestion opérationnelle*. Les recherches menées par les laboratoires partenaires, notamment par le Cemagref d'Aix en Provence au travers du Thème de Recherche HYDRECO [Cemagref, 2004], le Cemagref de Lyon au travers du Thème de Recherche TRANSFEAU, et le GAAP (Université Laval) de Québec, au travers du projet

Hybacam [GAAP, 2008], utilisent une approche de modélisation de la géométrie de la rivière pour des applications thématiques variées. En particulier, les habitats des populations aquatiques (poissons, invertébrés, ..) sont caractérisés à partir de mesures de terrain (pêches, topographie) puis du calcul du champ des vitesses. Cette approche est présentée dans une deuxième section.

Enfin, au vu du besoin crucial de caractériser les paramètres physiques de la rivière et notamment la géométrie de son lit (topographie) pour l'établissement de modèles thématiques, la *question de la mesure* se pose naturellement. Si l'échelle du micro habitat ou du bief est celle de la compréhension de l'hydroécosystème, comment effectuer le transfert vers les échelles auxquelles s'effectuent les prises de décision? Le potentiel de la télédétection pour la mesure de la topographie immergée de la rivière est introduit dans une dernière section.

2.1 Conflits d'usages et nouvelles problématiques en Durance

Les usages de l'eau de la Durance sont multiples, avec des intérêts pour les différents acteurs pouvant être opposés. Les sommes annuelles concernées dans les différents domaines, tels que l'agriculture, l'hydroélectricité, le tourisme, représentent *plusieurs centaines de millions d'euros* [Balland et al., 2002]. Les enjeux stratégiques de production électrique de pointe, de protection contre les inondations et les sécheresses sont cruciaux. En revanche, la prise en compte de l'état écologique du milieu dans la gestion de la ressource est très tardive et a conduit à des situations écologiques telles que celle de la portion de la Durance entre Serre-Ponçon et l'Escale, qui est quasiment "clouée" [Balland et al., 2002].

Or, depuis quelques années, notamment en France depuis la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 [Legifrance, 1992], la directive cadre européenne sur l'eau du 23 octobre 2000 [2000/60/CE, 2000], la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 [Legifrance, 2006], et au Québec depuis la Politique Nationale de l'Eau lancée le 26 novembre 2002 [Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, 2002], la *préservation des écosystèmes aquatiques* ainsi que le *bon potentiel écologique des masses d'eau* sont devenus des objectifs à part entière de la gestion de la ressource en eau, considérée dorénavant par la loi française comme *faisant partie du*

patrimoine commun de la nation et par le gouvernement québécois comme *une priorité nationale*.

Dans ce cadre plusieurs problèmes se posent, notamment celui de la définition de ce bon potentiel écologique du cours d'eau ou encore de l'état écologique de référence. La communauté scientifique doit être capable de fournir aux différents acteurs et usagers de l'eau des moyens de mesurer cet état écologique [Wasson, 2001].

2.2 Les modèles habitat/poisson

Les recherches déjà conduites dans le domaine de l'écologie des cours d'eau ont mis en évidence le couplage entre physique et écologie et ont analysé les différentes échelles de ce couplage, du bassin versant (échelle de la gestion de la ressource) au microhabitat (échelle liée aux organismes vivants) [Bovee, 1982, Baras, 1992, Orth, 1995, Bovee, 1996, Le Coarer, 2007, Cemagref, 2004]. L'approche utilisée est celle de la modélisation habitat/poisson. Il s'agit de caractériser la relation entre les paramètres physiques de l'habitat (température, composition chimique, type de substrat, profondeur, vitesse, ...) et la présence préférentielle des individus des différentes espèces aquatiques. On regroupe les individus par taxons : il s'agit d'une unité systématique de classification, par exemple l'*espèce*. On peut utiliser des taxons de rang supérieur à l'espèce, comme la famille (exemple pour la Durance : les Cyprinidés), ou des taxons de rang inférieur à l'espèce, par exemple : regroupement des individus d'une même espèce par classes d'âge.

L'équipe du Cemagref d'Aix en Provence a développé un modèle baptisé 5M7 [Le Coarer, 2007]. Ce modèle, qui établit le lien entre les caractéristiques des habitats et la présence préférentielle des poissons, utilise comme base de description physique des habitats le concept d'*hydrosignature* [Le Coarer, 2005]. Le calcul d'hydrosignature peut s'effectuer à partir de relevés terrains grâce à un logiciel en version bêta mis à disposition sur le site <http://hydrosignature.aix.cemagref.fr/>. La deuxième source de données du modèle est fournie par des pêches électriques : il s'agit, à l'intérieur de polygones spatialisés ou non, d'attirer les poissons présents en immergeant une électrode. On prélève ensuite temporairement les individus afin de relever leur nombre et leurs caractéristiques.

2.2.1 Le concept d'hydrosignature

Partant du fait que, dans une rivière, la distribution des communautés aquatiques dépend de la distribution des variables hydrauliques [Gorman et Karr, 1978, Aadland, 1993, Bovee, 1996, Wildhaber et al., 2003], on cherche à caractériser cette dernière. Le plus souvent, on retient la profondeur et la vitesse comme variables d'intérêt. On ne considère donc dans ce cas ni la micro topographie ni la rugosité du fond de la rivière.

Ces deux variables sont réparties en *classes croisées* (*hauteur ; vitesse*). On détermine les unités hydromorphologiques de la rivière selon ces classes. L'hydrosignature d'une section de rivière correspond aux *proportions relatives de chacune de ces classes* en surface ou en volume. Un exemple est présenté sur la figure 2.1.

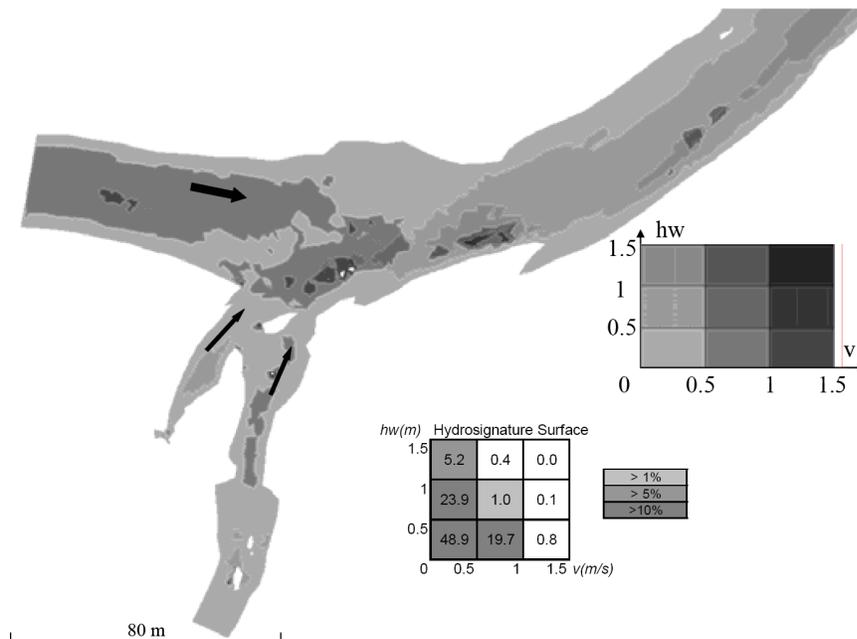


FIG. 2.1 - Répartition spatiale des classes (*hauteur ; vitesse*) d'une portion de rivière. La définition des classes croisées (*hauteur ; vitesse*) et la légende des niveaux de gris est représentée à droite. L'hydrosignature en surface de la portion de rivière est représentée en bas (extrait de [Le Coarer, 2005]).

2.2.1.a Calcul de l'hydrosignature à partir d'un nuage de points de mesure

Comme il a été mentionné plus haut, l'hydrosignature d'une rivière ou d'une portion de rivière s'appuie sur des classes croisées de hauteur d'eau et vitesse du courant, par exemple (figure 2.1), des classes de 50 centimètres pour les hauteurs et 50 centimètres par seconde pour les vitesses.

Le calcul de l'hydrosignature suivant ces classes peut être effectué à partir de données non spatialisées, spatialisées suivant des transects ou encore spatialisées suivant des nuages de points. Seul ce dernier cas est détaillé ci-dessous, selon [Le Coarer, 2005].

On s'appuie sur un réseau de triangles irréguliers de type Delaunay (abrégé TIN en anglais pour Triangulated Irregular Network). La première étape du calcul de l'hydrosignature est de découper ce maillage triangulaire en *hydroéléments* correspondant aux classes (hauteur ; vitesse).

Pour cela, on effectue une *interpolation spatiale* des valeurs mesurées sur le terrain. On détermine les points (nouveaux) où sont atteintes les valeurs seuil des classes (hauteur ; vitesse) et on crée un *nouveau maillage* pour lequel chaque maille représente un hydroélément. C'est à dire que les valeurs à l'intérieur de chaque maille sont *incluses dans une classe (hauteur ; vitesse)*.

Concrètement, pour un triangle du TIN couvrant 4 classes (hauteur ; vitesse), on détermine tout d'abord le point où sont atteintes les valeurs seuil en hauteur *et* en vitesse. Il s'agit du point frontière entre les 4 classes (le point *D* de la figure 2.2).

Puis, sur chaque arête du triangle, on détermine les points où les mesures passent par une valeur seuil en hauteur *ou* en vitesse. Il s'agit de points frontières entre 2 classes. Par exemple, pour l'arête reliant les mesures terrain $A(v = 0.1; h = 0.15)$ et $B(v = 0.25; h = 0.35)$, l'interpolation permet de déterminer le point $AB_h(v = 0.1375; h = 0.2)$ - pour lequel la valeur seuil en *hauteur* est atteinte - ainsi que le point $AB_v(v = 0.2; h = 0.283)$ - pour lequel la valeur seuil en *vitesse* est atteinte (voir figure 2.2). En répétant l'opération sur les trois arêtes du triangle, on détermine les sommets des 4 hydroéléments contenus dans le triangle.

En effectuant cette opération pour chaque triangle du TIN, on crée un nouveau maillage composé d'hydroéléments inclus dans les classes (hauteur ; vitesse).

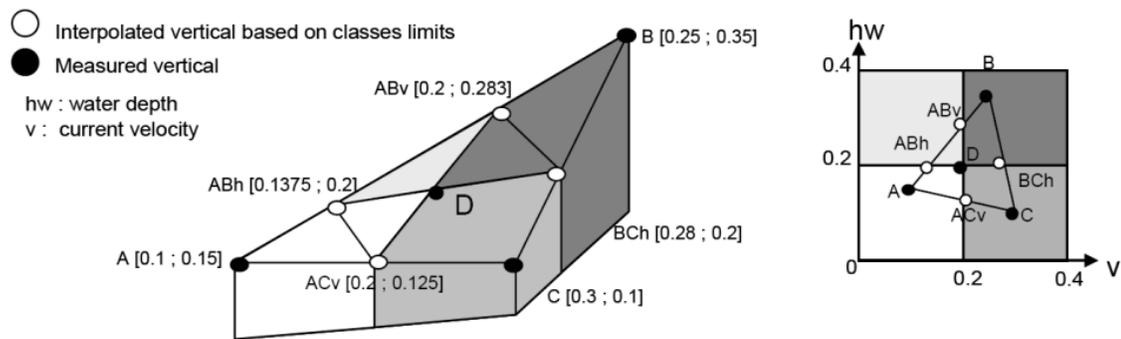


FIG. 2.2 - Exemple de découpe d'un élément du TIN en hydroéléments (extrait de [Le Coarer, 2005]).

On peut finalement calculer, à partir de ce nouveau maillage, les proportions relatives de chacune des classes par rapport à la surface totale - ou au volume total - de la portion de rivière considérée.

2.2.1.b Intérêt et propriétés de l'hydrosignature

Cette approche, spatialisée, présente plusieurs avantages. Notamment, elle rend possible la *caractérisation qualitative et la visualisation* de la diversité hydrodynamique du milieu étudié. La représentation des classes (hauteur ; vitesse) en donne une vision synthétique (voir figure 2.1).

D'autre part, le calcul de l'hydrosignature d'une section permet de *quantifier* cette diversité. On peut ensuite, en comparant l'hydrosignature d'un tronçon complet et l'hydrosignature d'une section de ce tronçon, déterminer si la section est représentative du tronçon ou non. C'est donc non seulement un outil de base pour l'établissement des modèles habitat/poisson mais cela peut aussi être un outil d'extrapolation de ces derniers.

Enfin, on remarque, par l'étude des exemples proposés (figure 2.1), que le calcul d'hydrosignature est réalisé selon une discrétisation des profondeurs par classes d'une

vingtaine de centimètres. Cet échantillonnage donne une idée de l'ordre de grandeur de la qualité attendue pour la mesure des paramètres physiques de la rivière.

2.2.2 Exemple de modèle habitat/poisson : le modèle 5M7

Le concept d'hydrosignature, présenté dans le paragraphe précédent permet de caractériser l'habitat des poissons. L'habitat des poissons est couramment caractérisé en fonction de la variabilité hydraulique de la rivière en s'appuyant sur la distribution bivariée (hauteur ; vitesse) [Baras, 1992, Orth, 1995, Le Coarer, 2007]. Il s'agit ensuite de faire le lien entre les habitats caractérisés et la présence des poissons. Comme mentionné plus haut, les données concernant la présence des poissons sont récoltées en effectuant des pêches électriques (voir figure 2.3). Les résultats des pêches sont spatialisés et les



FIG. 2.3 - Pêche électrique en Durance : un opérateur manipule l'électrode, pendant que d'autres opérateurs prélèvent les poissons pour les mesurer et les recenser.

hydrosignatures sont calculées à l'intérieur de chaque polygone de pêche.

A partir de toutes ces données, le modèle 5M7 calcule, pour chaque taxon et pour chaque classe (hauteur ; vitesse), un indice de préférence. Un résultat extrait d'une étude réalisée en Moyenne Durance est présenté figure 2.4 [Le Coarer, 2007]. Il s'agit de l'indice de préférence selon les classes de (hauteur ; vitesse) du Barbeau (*Barbus barbus*)

de moins de 40 millimètres.

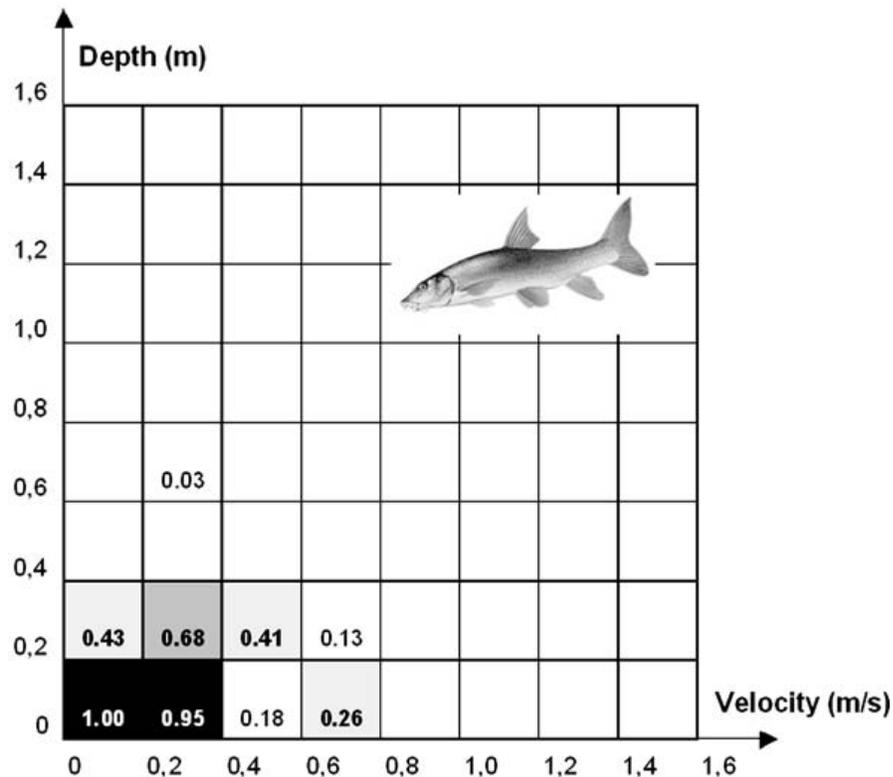


FIG. 2.4 - *Indice de préférence du Barbeau (Barbus barbus) calculé par le modèle 5M7 (extrait de [Le Coarer, 2007]).*

Il est ensuite possible, à partir des indices de préférence obtenus pour chaque taxon, et des hydrosignatures calculées pour toute la portion de rivière, de produire une carte de présence préférentielle d'un taxon. De plus, si l'on constate de fortes préférences d'un taxon à la frontière de l'hydrosignature d'une portion de rivière, c'est à dire que le taxon est présent dans les unités pour lesquelles les paramètres sont maximaux, on peut émettre l'hypothèse que le taxon irait dans des habitats présentant de plus fortes valeurs de (hauteur ; vitesse) si de tels habitats étaient présents.

Autre exemple : on étudie l'évolution de la présence préférentielle de taxons d'une même espèce de taille et/ou d'âge croissants dans l'espace des hydrosignatures. On peut ainsi évaluer la disponibilité des habitats pour l'espèce selon la croissance des individus. Si la courbe obtenue atteint les limites de l'hydrosignature et "stagne" pour des stades de développement croissants, on peut émettre l'hypothèse de l'absence de certains habitats

préférentiels pour l'espèce considérée dans la portion de rivière considérée. Évidemment ce type d'hypothèse doit être manipulé avec beaucoup de précaution.

2.3 Un besoin de mesure

Comme on l'a vu dans la section précédente, les modèles hydroécologiques ne peuvent être établis sans une connaissance des paramètres physiques caractérisant la rivière. En conséquence, il y a un besoin crucial de mesure de la topographie immergée de la rivière.

Cette mesure est encore effectuée dans la majorité des cas par des campagnes de terrain. Des méthodes spécifiques ont été développées dans ce but [Carter et Shankar, 1997, Crowder et Diplas, 2000, Le Coarer et Dumont, 1995b, Le Coarer et Dumont, 1995a]. Le matériel utilisé est celui de la topographie classique en terrain sec : un tachéomètre (mesure des angles et des distance), un prisme monté sur une canne de hauteur connue, ainsi que des radios permettant la communication entre l'opérateur tachéomètre et les opérateurs prisme. Un carnet électronique associé au tachéomètre stocke les numéros des points et les informations relatives aux points données par les opérateurs prisme par radio, comme le type de point (émergé/immergé) ou encore un paramètre physique décrivant la rivière associé à la position courante (hauteur d'eau, type de substrat). De cette manière, il est possible d'effectuer une description très détaillée de la rivière et de ses limites : lignes de rives, tracés d'îles. La méthode décrite par [Le Coarer et Dumont, 1995b, Le Coarer et Dumont, 1995a] utilise un échantillonnage adaptatif, le semis de points étant d'autant plus dense que la géométrie de la rivière est complexe. Elle implique donc une certaine expertise ou du moins un certain "bon sens" ou expérience de terrain chez l'opérateur.

Pour les zones d'écoulement torrentiel, on mesure les hauteurs d'eau sur la canne graduée de manière centimétrique afin de reconstituer la surface. Ailleurs, la surface peut être calculée à partir des lignes de bordure de lit mouillé. Ces techniques permettent d'obtenir une représentation de la *position moyenne du fond*¹ (voir section 9.4.2.a et figure 9.11 pour une description du protocole de terrain) et de la surface avec une précision centimétrique. En revanche, même si ces méthodes sont déjà 2 à 3 fois plus rapides que d'autres méthodes utilisant niveaux optiques et mires, elles restent très coûteuses. La cartographie d'une section d'un kilomètre de la Durance a ainsi mobilisé

¹la rugosité du fond peut être en effet localement très importante, avec des blocs de plusieurs dizaines de centimètres de hauteur



FIG. 2.5 - *Mesure de la topographie immergée de la rivière ; détail d'un prisme.*

en tout un mois de terrain (une vingtaine de jours "technicien" et une dizaine de jours "scientifique") et trois semaines de post-traitements (deux semaines "scientifique" et une semaine "technicien"), pour un prix au kilomètre linéaire de plus de 35 000 euros (cf. figure A en annexe).

D'un autre côté, les résultats de calcul d'hydrosignatures et d'indices de préférence se présentent par classes croisées (hauteur ; vitesse). L'amplitude de ces classes est en général de plusieurs décimètres pour les hauteurs et de plusieurs décimètres par seconde pour les vitesses (figures 2.1 et 2.4). La précision obtenue par la mesure terrain issue de la méthode présentée ci-dessus est donc largement suffisante pour la modélisation des relations entre les habitats et la faune aquatique. Cette précision permet même l'établissement de modèles hydrauliques pour le calcul des vitesses et des débits sur les tronçons considérés.

2.4 Apport de la télédétection

L'acquisition de données de terrain indispensables à la modélisation de la relation entre la faune aquatique et les habitats disponibles peut s'effectuer majoritairement par des campagnes de terrain. Ces dernières, si elles permettent une description très fine et très précise de petits tronçons de la rivière, restent très coûteuses. Le relevé topographique d'un kilomètre linéaire de rivière est en effet évalué à plus de 30 000 euros (figure A en annexe). Cette somme est à comparer au coût des données de télédétection (exemple coût SpotImage : 0.3 euros par kilomètre carré [SpotImage, 2008]). L'acquisition de mesures terrain pour une étude à l'échelle d'un bassin versant peut donc s'avérer être un investissement très lourd en temps et en argent et finalement un facteur limitant [Marcus, 2002].

2.4.1 Complémentarité des mesures

La télédétection, notamment l'imagerie aérienne ou spatiale, permet l'acquisition d'une information sur la rivière ayant, entre autres, les caractéristiques suivantes [Lane, 2000, Mertes, 2002, Gilvear et al., 2004a, Priestnall et Aplin, 2006, Feurer et al., 2007a] (voir figure 2.6 pour exemple sur la Durance) :

- échantillonnage spatial systématique et régulier
- couverture spatiale globale (toute la zone visible dans une image)
- pas de limitation liée à la difficulté d'accès au terrain
- répétitivité de la mesure
- résolution spatiale au détriment de la couverture

Ces caractéristiques font de la télédétection un moyen de mesure *complémentaire* à la mesure sur le terrain, permettant d'envisager l'accès à des domaines de travail plus vastes, à un coût modéré [Hilldale et Raff, 2007]. Les applications nombreuses ont même conduit à la mise en place récente d'une communauté scientifique "télédétection de rivières" et à la proposition de création d'un réseau d'observatoires [Marcus, 2008]. Il ne s'agit pas de remplacer totalement les mesures issues de campagnes terrain, car l'accès à une information aussi précise que celle recueillie sur le terrain, sur des linéaires beaucoup plus longs, n'est pas encore envisageable (pour des raisons techniques et pécuniaires). En revanche, comme on l'a vu dans la section précédente, la précision de la mesure utilisée dans les modèles est de l'ordre de la dizaine de centimètres. On se situe cette fois dans les ordres de grandeur de résolution spatiale des images aériennes prises à basse altitude, permettant la couverture d'un tronçon de 1 kilomètre avec une



FIG. 2.6 - Photographie aérienne de la Durance : la résolution au sol est d'environ 40 centimètres par pixel et la couverture spatiale de 1km300 par 1km (Crédits image <http://www.lavionjaune.fr>).

dizaine d'images. C'est à ce niveau qu'il faut étudier l'apport possible de mesure issue de la télédétection.

2.4.2 Le compromis entre couverture spatiale, échantillonnage, et précision de la mesure

Lorsque l'on parle d'applications à partir d'images de télédétection, on est très rapidement confronté au problème du compromis entre largeur du domaine d'application (couverture spatiale) et finesse de l'échantillonnage (résolution spatiale). Cela a donc une conséquence directe sur le type d'éléments hydrologiques qu'il est possible de caractériser [Legleiter, 2002, Legleiter et Roberts, 2005, Priestnall et Aplin, 2006]. En effet, qu'il s'agisse d'imagerie satellitaire ou aérienne, l'optimisation de l'une se fait au détriment de l'autre. Pour exemple, une image SPOT 4, qui couvre une surface au sol de 60 kilomètres de large, propose une résolution de 10 mètres ; une image de la BD ORTHO[®] fait 1 kilomètre de côté pour un pixel au sol de 50 centimètres.

Un échantillonnage dense ne peut être obtenu que si en contrepartie les zones couvertes par chaque image sont de taille modeste. On pourra à l'inverse obtenir des in-

formations sur des zones étendues avec peu d'images à condition de se satisfaire d'un échantillonnage moindre. Les applications restent nombreuses dans ce deuxième cas. L'image comme support cartographique a notamment été utilisée dans tous les travaux cités par [Mertes, 2002], ainsi que plus récemment [Brasington et Smart, 2003, Marcus et al., 2003, Gilvear et al., 2004b, Legleiter et al., 2004, Leckie et al., 2005, Carbonneau et al., 2006, Lejot et al., 2007] et finalement sur la Durance dans [Le Coarer et al., 2005]. L'objectif dans ce dernier travail était de disposer d'un fond géoréférencé utilisé pour localiser et caractériser des éléments de la rivière. On y a ainsi déterminé des unités hydromorphologiques ou encore des transects le long desquels les mesures terrain ont été recueillies.

Dans le cas d'applications en photogrammétrie et plus particulièrement en stéréores-titution, la précision de la mesure est directement reliée à la finesse de l'échantillonnage - plus l'échantillonnage est fin, plus la mesure est précise - mais ce n'est pas le cas en général pour les autres techniques de traitement d'image. Pour d'autres méthodes en effet, une résolution spatiale trop fine - par rapport à la taille des objets auxquels on s'intéresse - peut apporter du bruit sur la mesure. Par exemple, la radiométrie de certaines surfaces agricoles sera homogène avec des pixels au sol de 10 mètres et hétérogène avec des pixels au sol de 10 centimètres.

2.4.3 Critères d'intérêt de la télédétection

Au vu des caractéristiques des données de télédétection présentées dans la section 2.4.1, ainsi que des besoins présentés dans la section 2.3, on peut préciser les critères d'intérêt de ces techniques.

L'apport de l'imagerie aérienne par rapport au travail de terrain ne se situe pas en général au niveau d'une précision accrue de la mesure du relief immergé de la rivière : il est plutôt pertinent au niveau de la rapidité de l'acquisition, de la couverture spatiale répétitive et systématique dans les mêmes conditions de prise de vue et donc de la possible systématisation des méthodes, et enfin des caractéristiques spatiales de la mesure (échantillonnage, densité). En revanche, pour une méthode de télédétection donnée, il est nécessaire d'évaluer la meilleure précision de mesure du relief possible (figure 2.7), en fonction des conditions expérimentales par exemple.

A une échelle locale, on doit pouvoir obtenir des mesures comparables aux mesures

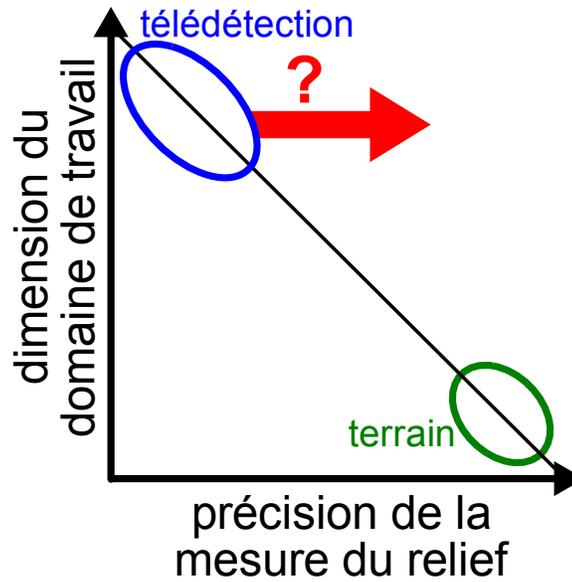


FIG. 2.7 - *Compromis entre étendue du domaine de travail et précision de la mesure du relief - exemple de la stéréorestitution. L'objectif de nos travaux est de déterminer la meilleure précision de mesure expérimentale que l'on peut obtenir pour une dimension de domaine de travail donnée.*

effectuées sur le terrain, et potentiellement utilisables pour le calcul d'hydrosignatures ou avec les modèles habitat/poisson [Feurer et al., 2005]. Une application envisageable des méthodes de télédétection est la cartographie de la rivière sur des domaines de travail plus étendus. On peut ainsi caractériser les paramètres physiques des cours d'eaux avec une précision de mesure moindre que la mesure terrain, mais sur de plus grands linéaires et/ou sur des zones difficilement accessibles.

L'intérêt à moyen terme est le suivant : la caractérisation de longs linéaires de la rivière, même moins précise, peut permettre de choisir *a priori* des zones représentatives. Sur ces zones, il est ensuite possible de mener des études plus fines, concentrant la majeure partie du travail de terrain. Ces travaux peuvent par exemple consister en l'étalonnage de modèles hydrobiologiques, que l'on généralisera ensuite à tout le tronçon en s'appuyant sur le fait que la zone d'étalonnage est représentative de l'ensemble.

Ces considérations ne sont pas nouvelles : la télédétection est utilisée depuis ses débuts pour étudier la rivière à différentes échelles (hydrologie du bassin versant, étude de la plaine d'inondation, du couloir rivulaire, ...) [Schmugge, 1987, Muller et al., 1993, Ritchie et Rango, 1996, Schultz et Engman, 2000, Mertes, 2002, Schmugge et al., 2002, *non exhaustif*]. Notre étude est concentrée sur la caractérisation de la *partie immergée de*

la rivière et plus particulièrement *la topographie du lit mouillé*, à propos de laquelle les références bibliographiques sont moins nombreuses. L'objectif du chapitre suivant est d'établir un état des lieux de ces travaux, se focalisant sur l'utilisation de la télédétection pour caractériser la géométrie de la rivière.

Le développement d'une méthode de mesure du relief immergé par télédétection, puis la validation de ses résultats permettront de déterminer son potentiel dans le cadre de la problématique présentée plus haut. On part du principe que, d'une part, le travail sur le terrain permet d'avoir accès à une mesure du relief immergé précise sur des surfaces réduites, et que, d'autre part, les données de télédétection pourront fournir des mesures moins précises sur des surfaces plus importantes (voir figure 2.7).

On cherche donc à *déterminer la précision de mesure du relief immergé que l'on peut obtenir avec la méthode de télédétection choisie à partir d'images d'une échelle donnée*. On effectue dans un premier temps une revue des travaux existant en matière de mesure de la profondeur ou de la topographie immergée de rivière par télédétection. Cette revue, réalisée sous forme d'un article, est présentée dans le chapitre suivant.