

Sites d'étude et données

Deux sites d'études ont été utilisés pour effectuer des acquisitions d'images, tester et développer la méthode.

Le site principal est situé sur la partie médiane de la Durance. En effet, du fait de la présence de nombreux équipements hydrauliques, du canal "usnier" de dérivation, mais aussi des apports naturels résiduels des affluents tels que la Bléone ou l'Asse, la section de la Durance située entre le barrage de l'Escale et celui de Cadarache représente un terrain expérimental idéal au niveau hydrobiologie. De plus, on dispose de données de terrain de validation de grande qualité pour quatre stations situées sur cette partie de la Durance. C'est l'une de ces stations qui constitue le site d'application opérationnelle de la méthode.

Un autre site d'étude, situé sur le Gardon d'Anduze, a permis de tester le potentiel de la méthode en conditions maîtrisées.

Site d'expérimentation en conditions maîtrisées sur le Gardon d'Anduze

Une expérimentation a été réalisée sur le Gardon d'Anduze, à Saint-Jean-du-Gard (30) en octobre 2006. L'objectif de cette expérimentation est de tester de manière qualitative le potentiel de la stéréorestitution à travers l'eau, en terme de représentation du micro-relief ainsi que de pénétration dans l'eau pour des eaux relativement profondes

et claires.

Un autre intérêt dans cette acquisition est la constitution d'un jeu de données pour lequel on maîtrise l'ensemble des éléments de prise de vue. Ainsi, on aura contrôlé les deux aspects suivants : (i) la géométrie d'acquisition - la constance de l'échelle et la verticalité des clichés sont garanties en effectuant les prises de vues en conditions maîtrisées ; (ii) la géométrie de l'interface - le site test présente une rugosité relative de surface négligeable (voir figure 9.1). De plus, le rapport d'échelle entre les conditions de prise de vue et les grandeurs mesurées est très favorable. La taille du pixel au sol sera en effet très inférieure à la taille des objets ainsi qu'à l'épaisseur moyenne de la lame d'eau.

9.1.1 Présentation du site

La figure 9.1 présente une vue générale du site. Celui-ci est constitué par un bras du Gardon passant sous l'une des arches du pont vieux à Saint-Jean du Gard. Du fait du régime d'écoulement à cet endroit et au moment de la prise de vue, la surface de l'eau est assimilable à un plan. Les profondeurs varient de zéro à près de un mètre quatre-vingt. Le substrat est varié, constitué de sable, de galets et de quelques blocs grossiers. L'eau au moment de la prise de vue était claire, permettant de discerner les objets situés au fond aux plus grandes profondeurs (voir figure 9.3).

9.1.2 Données de terrain sur le Gardon

Un ensemble de 257 points topographiques a été relevé sur une surface de plus de 1200 mètres carrés. Ces points ont été positionnés à l'aide d'un tachéomètre dans un repère local. Parmi ces points, 122 correspondent à des mires placées sur les berges de manière à obtenir une référence spatiale pour les images ; ces mires ont été créées sur le terrain en utilisant de la peinture en bombe blanche et noire. Quelques autres points correspondent à la position de repères sur le pont utilisés pour la prise de vue.

Les 110 autres points sont des points immergés, utilisés pour la validation des mesures de topographie obtenues par stéréo. Le porte prisme utilisé a de plus été muni de graduations centimétriques. Le porte-prisme est manipulé par un opérateur à pied dans la rivière. La profondeur maximum mesurée est ainsi limitée, dans notre cas à un



FIG. 9.1 - *Vue générale du site test sur le Gardon d'Anduze (Vieux pont de Saint-Jean-du-Gard)*

mètre soixante. La précision de la mesure de la profondeur, estimée pour contrôle sur un transect, est de quelques centimètres. Au vu de l'échelle de prise de vue des photographies, on sait donc que la mesure de profondeur sera d'une précision moins bonne que la précision théorique des mesures image.



FIG. 9.2 - *Protocole de prise de vue sur le Gardon.*

9.1.3 Données image acquises sur le Gardon

Les images ont été prises à partir du pont, en utilisant une perche afin que les piles du pont ne soient pas dans le champ de l'appareil (voir figure 9.2). La perche a été munie d'une marque ainsi que d'un double système d'équerre et de niveau à bulle. Ce montage a permis d'effectuer les prises de vues dans des conditions d'angle (nadir) et de distance par rapport au pont les plus homogènes possibles.

Les images ont été prises tous les deux mètres, de manière à pouvoir former des couples stéréoscopiques avec différents recouvrements et B/Z . Le mode retardateur à dix secondes a été utilisé ainsi que, pour une partie du jeu de données, un filtre polarisant. L'exposition - demandant un compromis entre bonne exposition des berges (mires) et du fond - a pu être contrôlée en direct.

L'échelle de prise de vue est relativement constante, avec des hauteurs de parapet comprises entre 10.1 et 10.6 mètres pour la première arche, ce qui donne un pixel au sol d'environ 4 millimètres au niveau de la surface de l'eau. L'appareil est le même que

celui utilisé sur la Durance, avec la même focale (28mm).

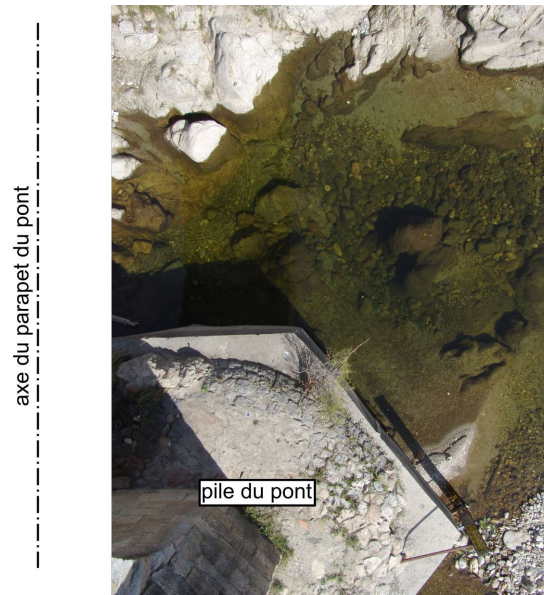


FIG. 9.3 - Exemple d'une des images du jeu de données du Gardon. Le pixel au sol est d'environ 4mm au niveau de la surface de l'eau. Une pile du pont occupe la partie inférieure gauche de l'image

9.2 Zone d'étude : la moyenne Durance - description, stations d'intérêt

La zone d'étude est constitué par les tronçons de la Moyenne Durance situés entre les barrages de l'Escaie en amont, et Cadarache en aval (voir figure 9.4). Cette zone concentre l'essentiel de la problématique d'optimisation des débits réservés [Balland et al., 2002], premier levier sur lequel il est possible d'agir à court et moyen terme.

Dans la situation présente, les essartements et les crues exceptionnelles "nettoient" le lit actif de sa végétation. Ainsi, la ripisylve est assez limitée et les berges de la rivière sont le plus souvent dépourvues d'arbres. Comme on l'a vu, le débit, régulé, est constant la plupart de l'année, et les apports des affluents sont limités. Ainsi, hors événements météorologiques violents, l'eau de la Durance dans cette section est claire et peu profonde la majeure partie de l'année. Cette section apparaît donc comme un site d'étude possible pour l'expérimentation des méthodes de télédétection nécessitant une bonne

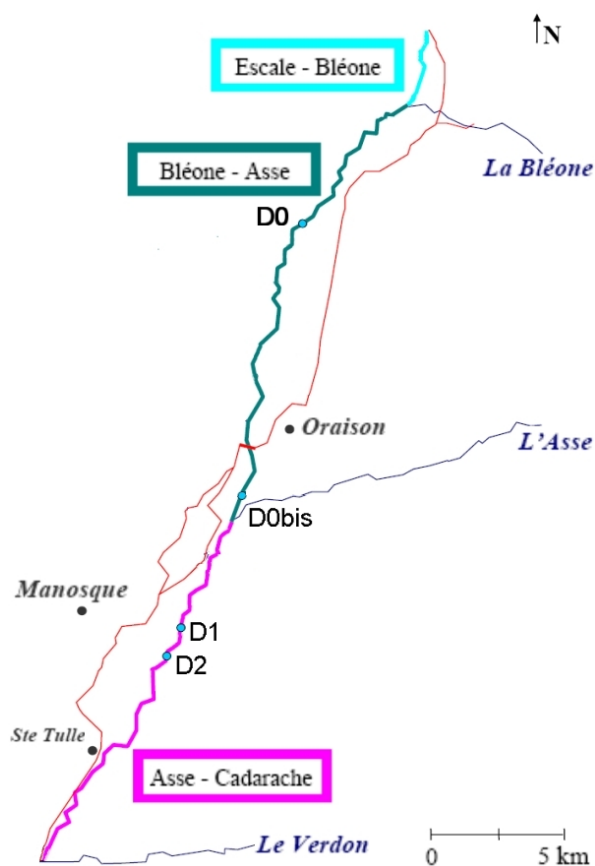


FIG. 9.4 - Site d'étude : le tronçon de la Moyenne Durance entre les barrages de l'Escalade et Cadarache avec les quatre stations D0, D0bis, D1 et D2. Extrait de [Le Coarer et al., 2005]

visibilité (i) de la rivière ; et (ii) de son fond à travers la lame d'eau.

Dans le cadre du renouvellement de la concession pour l'usine de Sainte-Tulle 1, située dans ce tronçon, des études pour déterminer un état écologique de référence et un état cible ont eu lieu [Le Coarer et al., 2005]. Quatre stations d'environ 1 kilomètre de long ont été déterminées pour effectuer des travaux à une échelle plus précise. Ces stations ont été choisies de manière à être les plus représentatives possibles de la section entière. Elles sont repérées sur la figure 9.4 par les codes D0, D0bis, D1 et D2. Deux stations présentent un lit avec deux chenaux (D0, D2) et deux stations (D0bis, D1) un lit avec chenal unique.

Sur l'ensemble du tronçon, la profondeur moyenne de la Durance à cette date est de 30 centimètres, la profondeur maximum rencontrée sur les transects est de 3 mètres 20. Le débit moyen¹ est de 7 m³/s. La largeur des chenaux est comprise entre 5 et 50 mètres. La pente moyenne est de 3 ‰. La rivière présente une succession de radiers, et de plats/mouilles (cf. figure 9.5). Les radiers sont des zones à pente forte, à forte vitesse et le plus souvent de faible profondeur ; les plats sont des zones à pente plus faible ; les mouilles sont des zones pouvant présenter des profondeurs plus grandes et des vitesses plus faibles.

9.3 Données image acquises sur la Durance

Plusieurs campagnes d'acquisition ont été réalisées. Dans cette section, on présente tout d'abord la campagne et le jeu de données constitué avant la thèse lors de tests préliminaires. Ensuite on présente la campagne et les données utilisées pour la mise en place et la validation de la méthode décrite dans le chapitre 8.

9.3.1 Plusieurs campagnes d'acquisition d'images

Les premiers travaux de l'équipe concernant l'utilisation d'images aériennes à très haute résolution pour la mesure de la bathymétrie de rivière ont été réalisés à partir d'images prises par des appareils argentiques. C'est avec cette technologie que la pre-

¹En 2007, ce débit a été augmenté de manière temporaire afin de tester l'effet sur le milieu d'une augmentation du débit réservé

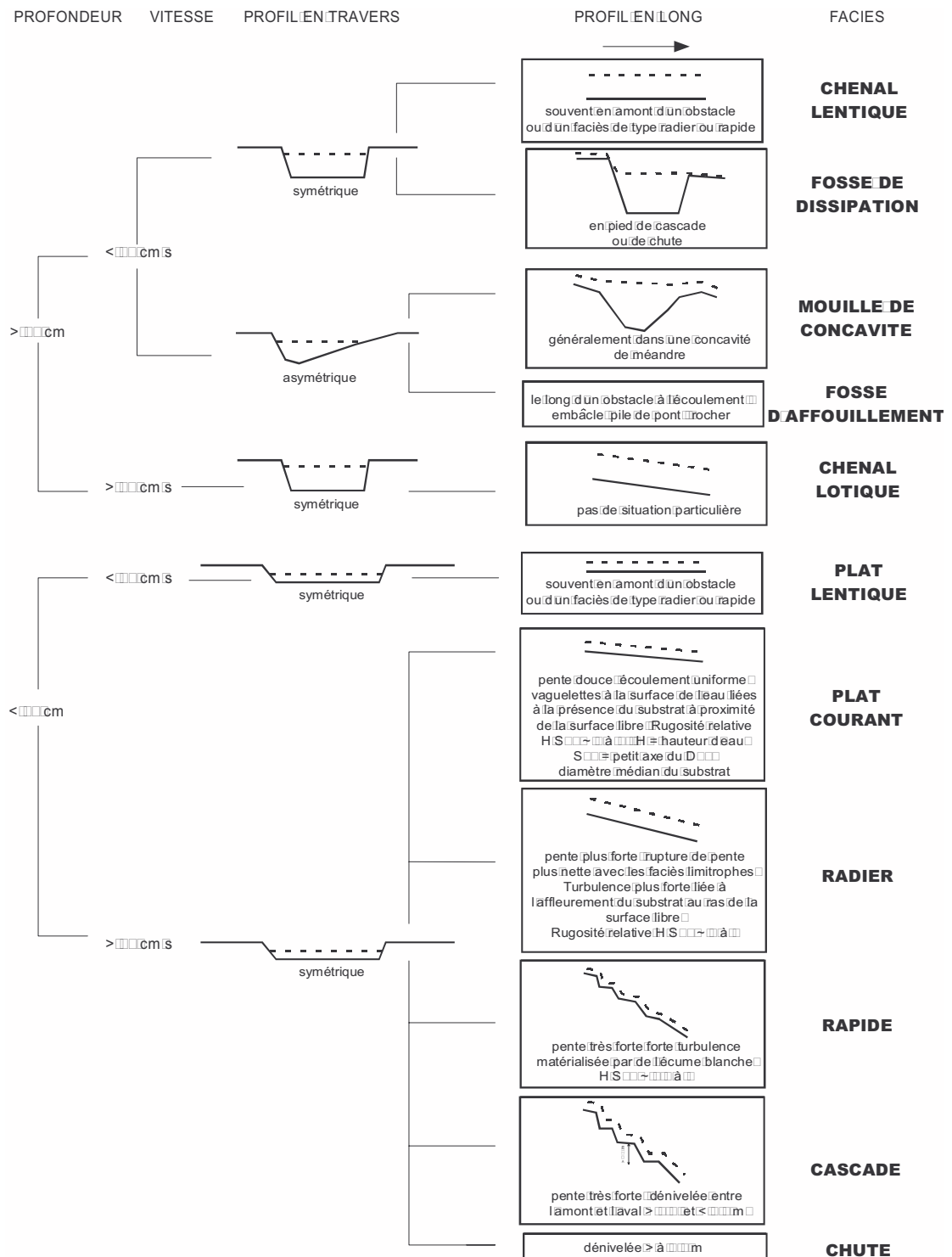


FIG. 9.5 - Définition des radiers, plats et mouilles. Extrait de [Malavoi et Souchon, 2002]

tel-00818380, version 1 - 25 Jul 2013

mière campagne d'acquisition a été réalisée, en septembre 2004 sur la station référencée D1 (voir figure 9.4). Cette campagne a visé à établir un jeu de données test, permettant d'évaluer le potentiel et les conditions d'exploitation en stéréo d'images aériennes à très haute résolution acquises par des moyens légers.

Sur la station D1, la Durance ne possède qu'un chenal. Le vol a été effectué selon un seul axe. Les images ont été acquises avec un Nikon F501 et un objectif de 35mm de focale, à 300 mètres d'altitude environ. Au total, la partie de la pellicule permettant d'envisager une exploitation en stéréo à l'échelle de la station est constituée de 6 images. La taille moyenne du pixel au sol est de 12 centimètres environ.

C'est le retour d'expérience d'une première exploitation de ces données qui a permis d'établir et de préciser le cahier des charges dont le détail est donné dans la section 6.1.1. En particulier, l'utilisation d'appareils numériques et l'établissement d'un plan de vol détaillé, permettant de mieux maîtriser *a priori* la géométrie de la prise de vue, ont été décidés suite à ces expérimentations préliminaires.

Pour la deuxième campagne d'acquisition (septembre 2005), dont la finalité est l'exploitation des images en stéréophotogrammétrie, ce sont des appareils numériques - petit format - qui ont été utilisés. Du fait des fortes turbidités résiduelles constatées sur les stations D1 et D2 situées à l'aval de la confluence avec l'Asse, l'acquisition ayant pour objectif l'application et le test de la méthode de stéréorestitution à travers l'eau a été restreinte aux deux stations amont D0 et D0bis. On mis en oeuvre le protocole d'acquisition détaillé dans la section 6.2 sur ces deux sites.

La prise de vue a été effectuée le 29 septembre 2005 entre 15h40 et 15h45 sur D0bis (2 axes de vol) et entre 16h15 et 16h30 sur D0 (3 axes de vol), à une altitude prévue de 200 mètres. Du fait des technologies utilisées, les paramètres de vol et de l'acquisition n'ont pas été observés en temps réel. Il n'y a en effet ni centrale inertielle ni GPS couplés au capteur.

Cette acquisition a permis de constituer un jeu de données de 30 photos à très haute résolution spatiale (pixel inférieur à 10 centimètres) sur 5 axes (tableau 9.1). Ces photos couvrent une surface totale de rivière (zone immergée) de plus de 6 hectares (deuxième et troisième ligne du tableau 9.2).

Site	date	axe	nombre
D0bis	sept. 2005	n° 1	10
D0bis	sept. 2005	n° 2	4
		total	14
D0	sept. 2005	n° 1	6
D0	sept. 2005	n° 2	6
D0	sept. 2005	n° 3	4
		total	16

TAB. 9.1 - *Données images acquises en 2005 sur la Durance*

9.3.2 Apport du protocole d'acquisition - caractéristiques des données

9.3.2.a Couverture stéréo - mires

La couverture stéréo de la zone d'intérêt et la répartition des mires sont les premiers paramètres qui ont été optimisés à la suite du retour d'expérience de l'acquisition de 2004. On a ainsi obtenu pour les acquisitions de 2005 une couverture stéréo de la zone immergée meilleure que pour les acquisitions de 2004 (figure 9.6 et le tableau 9.2). Le protocole proposé dans la section 6.2 a donc permis d'améliorer ce point, résultant notamment en une couverture stéréo sans lacune du bras gauche de la rivière pour le site D0 (en bas sur la figure 9.6). Les données détaillées des recouvrements des couples de cette mission (D0 axe2, soit le bras gauche de la station D0) figure dans le tableau 9.3. Cette bande d'images est constituée de 6 images numérotées de 89 à 94. En revanche, les axes de vol couvrant la plus grande partie de D0bis et le bras droit de la rivière sur le site D0 n'ont pas été réalisés selon le plan de vol. Il sont en effet décalés sur la rive droite et la couverture en stéréo est incomplète.

En ce qui concerne les points de contrôle au sol - les mires - le retour d'expérience de la campagne de 2004 a permis d'améliorer leur répartition et d'optimiser leur nombre (figure 9.6 : les mires sont représentées par les symboles \odot). Pour la campagne de 2004, les mires, bien que très nombreuses (369 sur l'ensemble du site pour une surface totale couverte par les images d'une vingtaine d'hectares), sont concentrées le long de la rivière : ce ne sont pas les conditions optimales pour le calcul de l'orientation externe.

Pour les campagnes de 2005, le nombre de mires total pour chaque station est inférieur (103 et 162, pour des surfaces totales couvertes respectivement d'une vingtaine

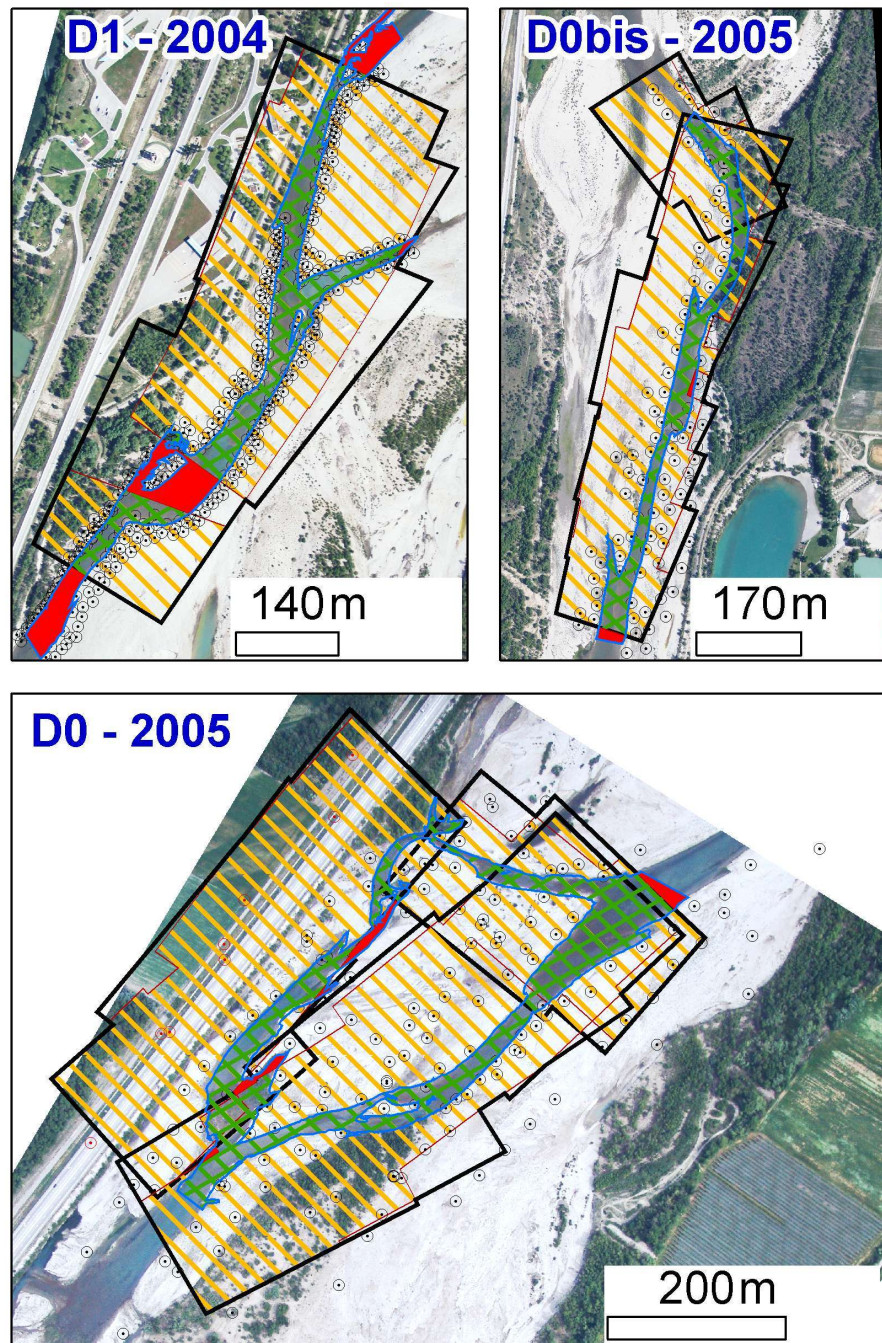


FIG. 9.6 - Comparaison des acquisitions de 2004 et de 2005 : couverture stéréo et répartition des mires. Traits forts : limites des zones couvertes par les images participant à au moins 2 couples (zone stéréo théorique maximale). Surfaces *hachurées* : zones couvertes par au moins 2 images (zone stéréo effective). Surfaces *doublément hachurées* : zone de la rivière couverte en stéréo. Surfaces *pleines* : zones de la rivière non couvertes en stéréo. ⊙ : mires

et d'un peu plus d'une trentaine d'hectares). De plus la répartition ainsi que le ratio entre nombre de mires et nombre d'images varie beaucoup d'une bande d'images à l'autre (tableau 9.4). C'est finalement le chenal gauche de D0 (axe 2, acquis en 2005) qui semble présenter la meilleure répartition et densité de mires. Pour cette bande, on dispose en moyenne de plus de 35 mires par images (tableau 9.5).

9.3.2.b Stabilité du vol - homogénéité des conditions de prise de vue

La figure 9.7 représente la variabilité du facteur d'échelle, de l'angle de prise de vue des clichés, ainsi que celle des bases des couples stéréoscopiques de chacune des 6 bandes d'images acquises (ou missions). La première mission correspond à l'acquisition de 2004. Les cinq suivantes sont les missions réalisées en 2005 selon le protocole décrit en 6.2.

Quelles que soient les missions, le facteur d'échelle des clichés varie de moins de 5% par rapport à sa valeur moyenne pour la bande (figure 9.7(a)). En revanche, en ce qui concerne la base des couples stéréoscopiques et l'angle de visée des clichés, les missions présentent des caractéristiques très différentes.

La mission réalisée en 2004 est caractérisée par les conditions d'acquisition les plus hétérogènes, avec des angles de vue s'écartant de plus de 15° par rapport à la verticale pour certains couples (figure 9.7(b)) et des bases pouvant varier de plus ou moins 20% par rapport à la moyenne sur une bande (figure 9.7(c)).

Pour les missions réalisées en 2005, les bases des différents couples sont significativement² moins variables. C'est l'un des facteurs qui a permis de limiter les lacunes dans la couverture stéréo (section 9.3.2.a). De plus, pour les prises de vue effectuées sur les deux derniers axes de la dernière station, on se trouve dans des conditions normales (angle de prise de vue à moins de 5° de la verticale). Le protocole établi (section 6.2) a donc permis d'améliorer significativement les conditions de prise de vue d'une bande d'images.

²p-value du test de Fisher (probabilité d'égalité des variances) : 0.0001889

Site	Surfaces		
	zone immergée	couverte en stéréo	proportion
D1 (sept. 2004)	4.1 ha	2.8 ha	68%
D0bis (sept. 2005)	2.7 ha	2.6 ha	96%
D0 (sept. 2005)	3.6 ha	3.4 ha	94%

TAB. 9.2 - Couvertures stéréo des missions de 2004 et 2005 : données chiffrées

(a) couples avec B/Z de 0.5 environ						
couple	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	moyenne
recouvrement	61%	56%	56%	66%	53%	58.44%

(b) couples avec B/Z supérieurs à 0.5					
couple	89/91	90/92	91/93	92/94	moyenne
recouvrement	25%	21%	23%	22%	23.02%

TAB. 9.3 - Données détaillées : recouvrements des couples formés par les images 89 à 94 couvrant l'axe 2 de D0 (bande acquise en rive gauche de D0 en 2005)

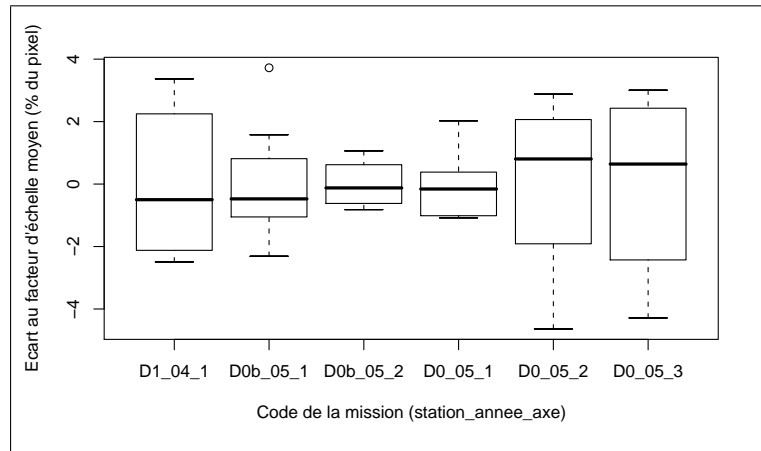
Missions	nombre de		ratio
	mires	images	
D1 (2004) axe 1	369	6	61.5
D0bis (2005) axe 1	89	10	8.9
D0bis (2005) axe 2	23	4	5.8
D0 (2005) axe 1	29+10 ^a	6	6.5
D0 (2005) axe 2	96	6	16.0
D0 (2005) axe 3	54	4	13.5

TAB. 9.4 - Couvertures en mires pour chaque mission

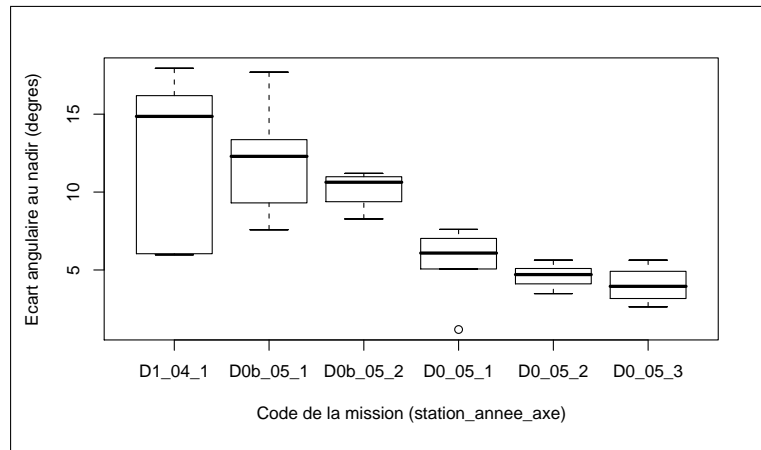
^aLes 10 mires supplémentaires sont des points remarquables dont la position a été relevée après l'acquisition des images

Image	n° 89	n° 90	n° 91	n° 92	n° 93	n° 94	moyenne
Nombre de points	33	38	39	44	38	21	35.5

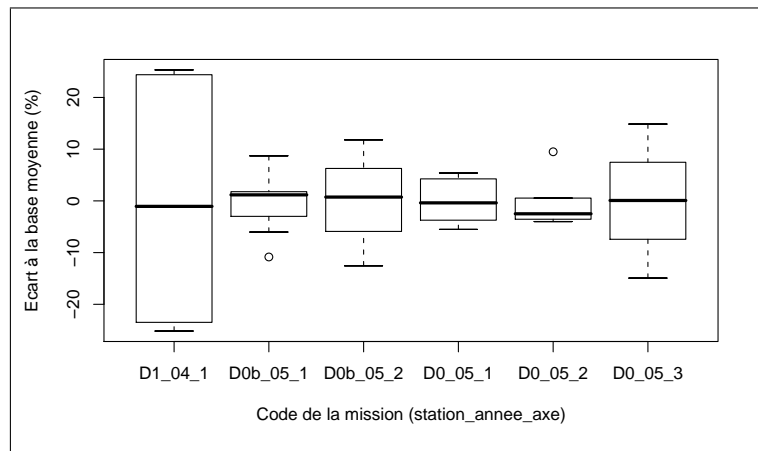
TAB. 9.5 - Nombre de mires par image pour l'axe 2 de D0 (chenal gauche, 2005). Les mires figurent dans plusieurs images du fait du recouvrement longitudinal



(a) Variabilité du facteur d'échelle (=taille du pixel)



(b) Variabilité de l'angle de prise de vue (nadir=vue verticale)



(c) Variabilité de la base (écart entre deux positions de prise de vue)

FIG. 9.7 - Caractérisation des conditions de prise de vue des différentes missions d'acquisition d'images effectuées sur la Durance.

9.3.3 Choix du site d'application de la méthode : Les Mées (D0)

En fonction des caractéristiques réelles du jeu de données image - déterminées après le vol - et du fait des fortes turbidités résiduelles constatées sur les stations D1 et D2 situées à l'aval de la confluence avec l'Asse, on a choisi la partie du jeu de données couvrant le bras gauche de la station D0 pour l'application de la méthode et sa validation. La figure 9.8 présente une vue en contexte la station D0, la station la plus en amont du tronçon, située près des Mées. Cette station comporte 2 chenaux, pour lesquels le débit

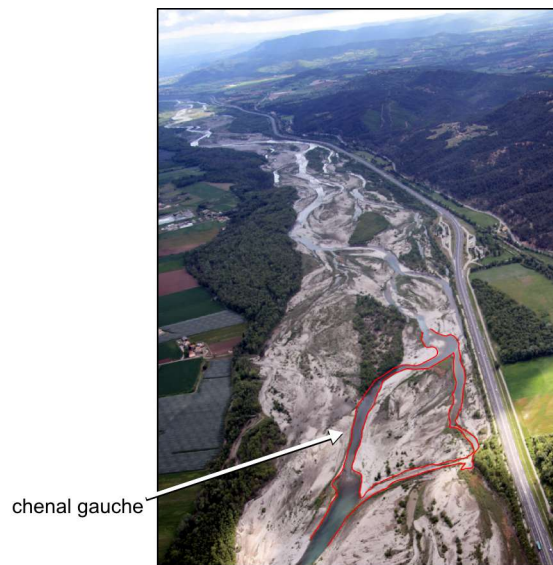


FIG. 9.8 - Vue de la station D0 le 2 mai 2007. L'amont est à l'avant-plan, l'aval à l'arrière-plan. On voit que le chenal en rive droite n'est pratiquement plus actif à cette date. Photo <http://www.lavionjaune.fr>.

se répartit comme suit : $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$ en rive gauche et $5.87 \text{ m}^3/\text{s}$ en rive droite (jaugeage du 25 mai 2005, cf. figure 9.9). La mise en place de la méthode a été effectuée sur le chenal situé à gauche sur la photo 9.8.

Dans ce chenal, les profondeurs sont comprises entre 0 et 1 mètre 60, avec 95% des profondeurs mesurées inférieures à 72 centimètres (cf. figure 9.12). Ce site présente une ripisylve assez limitée (6% du linéaire des rives). Les pierres fines (\emptyset de 6.4 à 12.8cm) à grossières (\emptyset de 12.8 à 25.6 cm) constituent la granulométrie dominante sur plus de 80% du chenal. Le limon est tout de même présent sur plus du tiers du chenal (épaisseurs non relevées) et la rivière est de manière générale assez colmatée (le limon est présent sur plus de 70% de la surface et dominant sur plus de 30% de la station). Les algues

sont très couvrantes³ sur près de la moitié du chenal (chiffres extraits de [Le Coarer et al., 2005]).

9.4 Données de terrain acquises sur le site d'application

Le jeu de données terrain doit répondre à deux objectifs distincts : (i) nécessité d'avoir une vérité terrain indépendante qui sera utilisée pour valider les mesures obtenues par télédétection ; (ii) nécessité de connaître les coordonnées terrain des points de contrôle au sol. Ces dernières permettent de faire le lien entre coordonnées image et coordonnées terrain, notamment dans la phase d'orientation des clichés (voir section 6.2.3).

La vérité terrain utilisée correspond à la partie "topo" de la campagne de mesures de terrain réalisée par le Cemagref d'Aix-en-Provence et l'Avion Jaune dans le cadre de l'étude menée par EDF pour le renouvellement de la concession pour l'usine hydroélectrique de Sainte-Tulle 1 [Le Coarer et al., 2005].

Le jeu de données utilisé dans ce travail n'est donc qu'une *petite* partie du jeu de données global constitué pour l'étude citée plus haut. Cette dernière contient en effet des données à l'échelle du tronçon, ainsi qu'à l'échelle de chacune des 4 stations. Elles comportent, en plus de la topographie immergée, des mesures de granulométrie, de rugosité, et de vitesse.

9.4.1 Données de référence spatiale

De manière à constituer une référence spatiale pour le jeu de données image, permettant la mise en relation des coordonnées image avec les coordonnées terrain, on a placé des mires au sol comme représenté sur la figure 9.10. Il a été choisi de donner à ces mires une forme de croix de manière à repérer plus facilement leur centre dans les images. On a disposé ces mires dans une zone plus large que la zone de couverture

³classe 4 sur 5 : présence d'algues sur plus de 90% de la surface du fond



FIG. 9.9 - Positions et valeurs des jauges de la station D0 au 25 mai 2005 (extrait de [Le Coarer et al., 2005])



FIG. 9.10 - Une mire sur le terrain. Chaque galet fait une quinzaine de centimètres de long.

prévue des images afin de ménager une marge de sécurité.

Les points ont été espacés d'une cinquantaine de mètres environ, ce qui a conduit à la mise en place de 162 mires sur l'ensemble de la zone, soit une moyenne de 35 mires par image (cf. tableau 9.4). Ces points de contrôle au sol ont été relevés à l'aide d'un GPS différentiel Leica 1200 en mode RTK (Real Time Kinematic). La précision de positionnement obtenue avec cet instrument est centimétrique.

9.4.2 Données de validation : topographie immergée

9.4.2.a Protocole de mesure

La topographie a été réalisée selon une méthode développée spécifiquement pour ce type d'application [Le Coarer et Dumont, 1995b]. Cette méthode est basée sur l'utilisation de prismes dont la position est repérée par un tachéomètre. L'appareil utilisé dans le cadre de la thèse est une station totale Leica TCRA 1102. Les pieds des porte-prismes sont des disques d'une dizaine de centimètres de diamètre. Les manches des porte-prisme comportent des graduations centimétriques de manière à pouvoir mesurer la hauteur d'eau à la verticale de chaque point.

Sur le terrain, le porte-prisme est positionné au pied ou au travers des massifs algaux. Les blocs isolés ne sont pas relevés. Ce protocole, ainsi que la présence du disque sur le pied du porte-prisme font que *la mesure de terrain représente une position moyenne du fond de la rivière* (voir figure 9.11). Cette mesure est à comparer à la mesure par télédétection. En effet *la mesure image caractérise l'enveloppe externe de la scène observée* (traits pointillés bleus sur la figure 9.11). On a donc, en plus du problème classique de la différence entre modèle numérique de surface et modèle numérique de terrain, un protocole terrain qui "lisse" la surface réelle du lit de la rivière. Les écarts entre le fond de la rivière ainsi modélisé et le sommet de l'enveloppe du fond peuvent atteindre des valeurs de l'ordre de la vingtaine de centimètres.

Dans certaines zones où la profondeur et la vitesse ne permettent pas de progresser à pied dans le lit de la rivière, 2 autres techniques ont été utilisées. La première met en oeuvre les mêmes équipements, manipulés par un opérateur situé dans une petite embarcation. Cette dernière est maintenue en position de mesure depuis les rives à

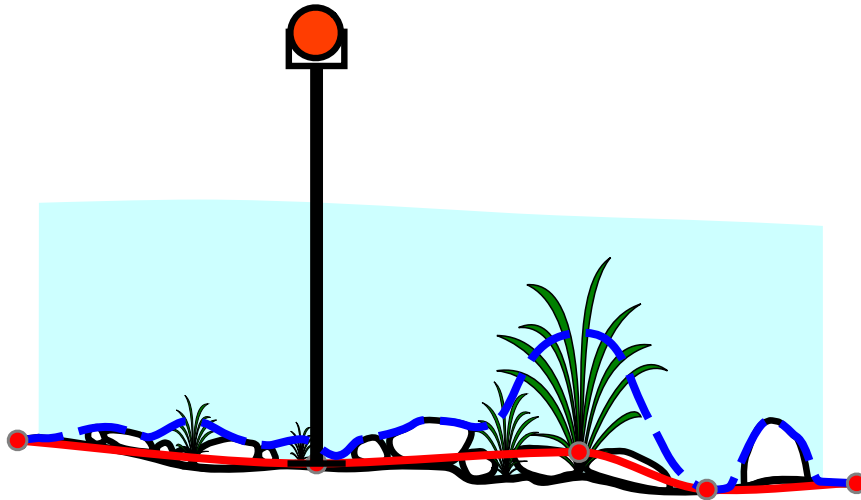


FIG. 9.11 - Mise en évidence de la différence entre la mesure terrain (au porte-prisme, en *traits pleins*) et la mesure image (en *traits pointillés*)

l'aide de cordes. La deuxième technique utilise un appareil de mesure Doppler de profondeurs et de vitesses : QLiner de Nortek. Cet appareil est en liaison radio Bluetooth avec un ordinateur de terrain pour le stockage des données. Le QLiner est équipé d'un prisme 360 ° qui permet de positionner les mesures (paragraphe adapté de [Le Coarer et al., 2005]).

9.4.2.b Données topographiques récoltées

Au total, 2764 points de topographie immergée ont été relevés sur la station D0. La mesure de la hauteur de l'eau a été effectuée sur 1969 de ces points et reconstituée sur le restant. Dans la zone couverte par les images, on dispose ainsi de 1559 points de validation indépendants. Ces données sont reprises dans le tableau 9.6 et représentées sur la figure 9.12.

Total	avec profondeur	dans les images
2764	1969	1559

TAB. 9.6 - Nombre de points terrain mesurés dans le chenal gauche de D0

Dans le cas où la hauteur d'eau est reconstituée, la position de la surface est extrapolée à partir des bordures de lit mouillé. Cette procédure est utilisée dans les zones de pente faible pour lesquelles la surface est assimilable à un plan s'appuyant sur les

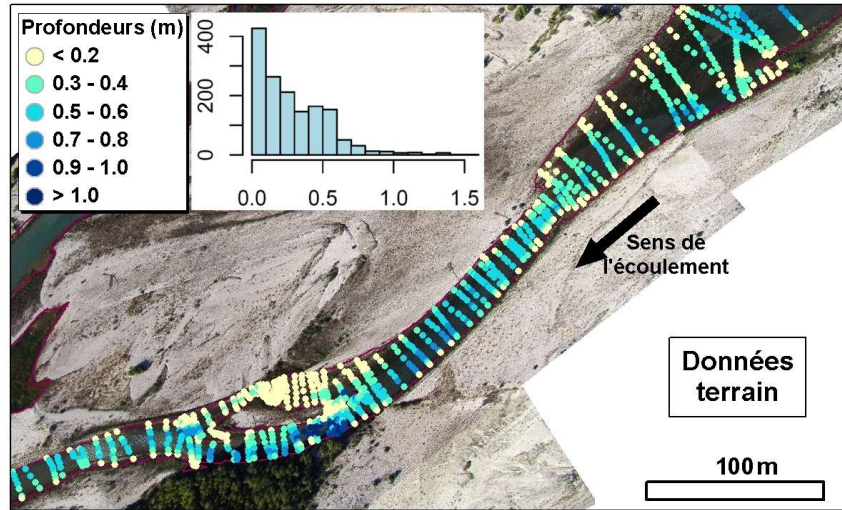


FIG. 9.12 - Le chenal rive gauche de D0 avec les profondeurs mesurées sur le terrain, superposées aux vues aériennes. L'histogramme en haut à gauche représente la distribution des profondeurs sur ce chenal. Photo <http://www.lavionjaune.fr>

bordures de lit mouillé.

Ce jeu de données a été constitué avec un échantillonnage adaptatif spécifique à la rivière et aux applications postérieures (modélisations hydrobiologiques et hydrauliques). Dans le sens longitudinal, il est constitué de transects. Ces transects peuvent être croisés pour les zones de jonction ou de séparation entre branches. Ils sont espacés d'une dizaine de mètres en moyenne. Cet intervalle est réduit dans les zones de forte variation.

Dans le sens latéral, les points sont espacés de 1 à 2 mètres. Encore une fois, cet échantillonnage est ajusté en fonction des caractéristiques locales.

Il est à noter que mise à part la topographie immergée du lit, un grand nombre de mesures a été effectué, incluant des jaugeages - le 25 mai 2005 pour D0 (cf. figure 9.9), une caractérisation du substrat, des mesures de granulométrie, ainsi que des pêches électriques. On dispose de plus, à une échelle plus globale, de données spatialisées décrivant les mésohabitats (voir description dans la section 7.5.1).

Ce chapitre ayant permis de présenter les sites d'étude et les données acquises sur ces sites, il est maintenant possible de passer à l'application et la validation de la méthode en conditions opérationnelles et contrôlées.

Site	date	type	nombre
D1	sept. 2004	images	6
D1	sept. 2004	topographie	5216
D0bis	juin 2005	topographie	3642
D0bis	sept. 2005	images	14
D0	juin 2005	topographie	3851
D0	sept. 2005	images	16
Gardon	oct. 2006	topographie	257
Gardon	oct. 2006	images	6

TAB. 9.7 - *Tableau récapitulatif des données acquises et utilisées durant la thèse*