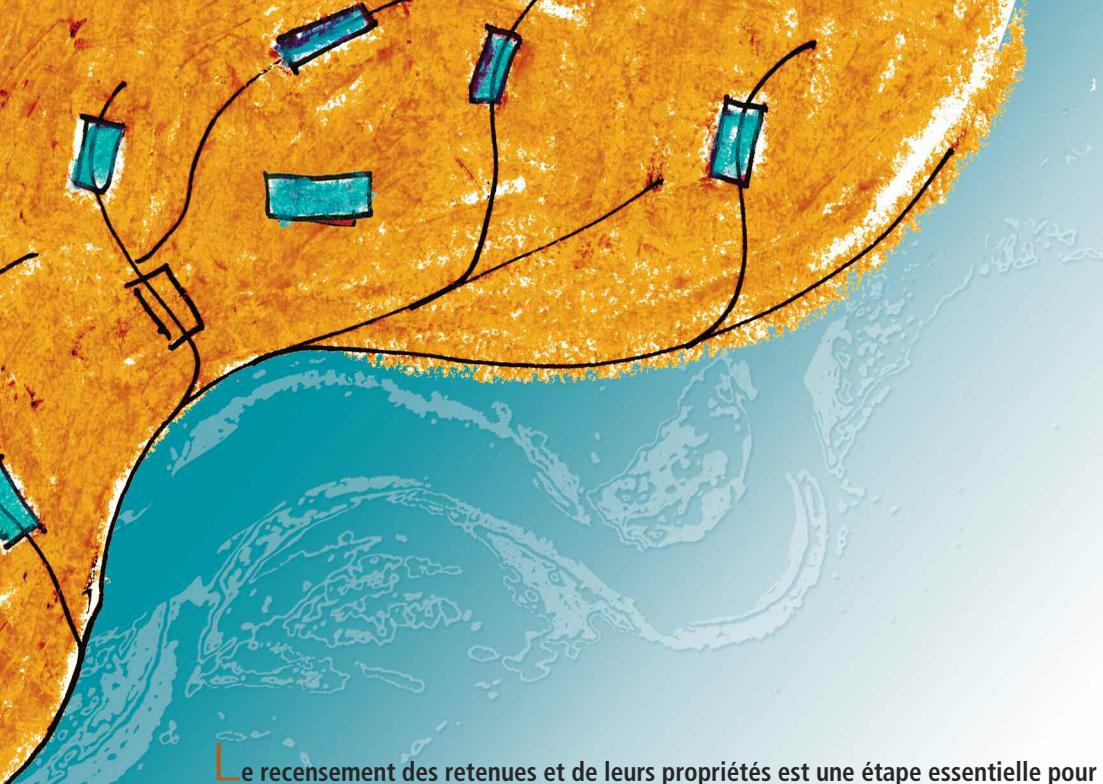


Claire Lauvernet - Irtéa

3

Recensement des retenues et de leurs caractéristiques



Le recensement des retenues et de leurs propriétés est une étape essentielle pour mener à bien une démarche d'évaluation d'impact cumulé. Il est en particulier central dans toute démarche de modélisation. Les données nécessaires dépendent du type de modélisation adopté. Toutefois, des données sur le nombre et la position des retenues au sein du bassin versant et vis-à-vis du cours d'eau, ainsi que sur leur volume et surface en eau (actuels et maximaux), leur surface d'alimentation, ou des données relatives à leur gestion (mode d'alimentation et de restitution de l'eau ; volume et dynamique de prélèvement) peuvent être nécessaires, de façon spatialisée, globalisée par maille ou à l'échelle du (sous) bassin versant selon les cas. Notons que les recherches bibliographiques n'ont pas permis d'identifier d'études portant spécifiquement sur l'analyse de la distribution des retenues (ou de leur densité) sur un bassin versant en fonction de ses caractéristiques, notamment occupation du sol, usages de l'eau, ou caractéristiques physiographiques.

Ces données peuvent être acquises par enquête, inventaires effectués par les organismes de gestion, ou à partir de bases de **données préexistantes**, comme par exemple la Bd Topo® en France, qui n'est toutefois pas spécifique aux retenues, et à partir de laquelle il est parfois difficile de déduire l'usage d'un plan d'eau. Cependant, il n'y a souvent pas à l'étranger d'obligation légale de déclarer les petites retenues et les inventaires sont donc généralement incomplets. Beaucoup d'études font ainsi appel à des **analyses d'images aériennes et satellitaires** pour dénombrer, voire localiser les retenues. Les petites retenues étant toutefois difficiles à identifier et la plupart des études de modélisation d'impact des retenues ont combiné plusieurs méthodes pour atteindre un recensement le plus exhaustif possible sur leur zone d'étude.

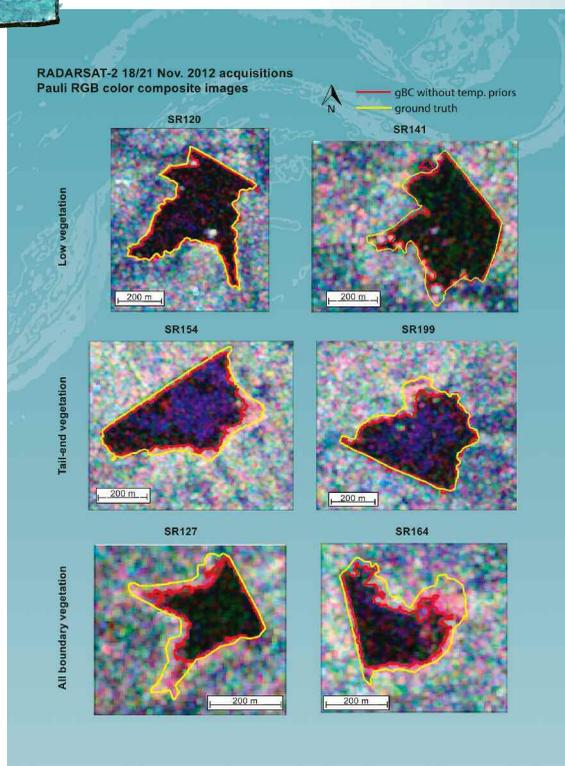
Intérêt des techniques de télédétection

Mises à part les études ayant la modélisation pour objectif, les études traitant de l'usage de la télédétection pour détecter et caractériser les plans d'eau portent souvent sur de grands plans d'eau, parfois isolés, dans des contextes bioclimatiques très variables. La majorité des études réalisées sur les plans d'eau se basent sur des images aériennes ou satellites. Les principales différences entre les sources de données sont **la résolution spectrale** des images, c'est-à-dire la richesse de l'information disponible, **la résolution spatiale** des images, c'est-à-dire la taille des objets qu'il est possible d'identifier, **la couverture de chaque image**, c'est-à-dire la

superficie du territoire représenté, ainsi que la **fréquence d'acquisition** des images. D'autres études utilisent de la télédétection active : LiDAR ou RADAR. Dans ce cas, l'information captée par les dispositifs de télédétection est générée artificiellement par le dispositif lui-même, ce qui diminue les contraintes au niveau des conditions d'acquisition, puisque les mesures peuvent se dérouler avec des nuages ou durant la nuit (Figure 5). Il est important que la résolution des images soit en adéquation avec les objets étudiés : par exemple, l'identification et la délimitation des petits plans d'eau sont d'autant meilleures que la résolution est bonne.

Les méthodes mobilisées pour traiter ces images sont également variées. Certains auteurs cherchent à développer les méthodes le plus reproductibles possibles, en favorisant l'utilisation de données sources et de logiciels gratuits, ainsi que des chaînes de traitement des images automatisées. Des indices, utilisant les propriétés spectrales de l'eau, ont par ailleurs été mis au point pour permettre de mieux identifier les plans d'eau.

Figure 5



Exemple d'identification et délimitation des plans d'eau à partir d'image radar. Vérité terrain (ligne jaune) et délimitation automatique sur la base des données radar (ligne rouge).

Outre la détermination des caractéristiques géométriques des retenues, abordée plus loin, la télédétection permet d'accéder à de nombreuses informations, concernant plusieurs attributs des plans d'eau : turbidité et charge en suspension, teneurs en azote, en phosphore, en carbone inorganique ou organique dissous, température de surface, teneur en chlorophylle-a, dynamique des communautés de végétation aquatique bordant le plan d'eau ou au sein du plan d'eau, présence d'un bloom d'algues ou de cyanobactéries, émissions de méthane. Les données utilisées sont alors le plus souvent multispectrales, voire hyperspectrales. La méthode consiste à déterminer des relations empiriques entre les données images et la valeur *in situ* du paramètre d'intérêt. Ces relations sont toutefois souvent peu transposables à d'autres dates ou plans d'eau que celles où elles ont été élaborées, ce qui constitue une limite majeure à leur application. Des méthodes semi-analytiques basées sur des modèles bio-optiques établis à partir des propriétés optiques inhérentes (absorption, rétrodiffusion de la lumière) et apparentes (luminances et réflectances de l'eau) mesurées *in-situ* sont actuellement développées. Elles sont plus contraignantes en matière de données de calage mais donnent des résultats robustes et réduisent ensuite le besoin en échantillonnage sur le terrain pour le suivi de la qualité écologique de plans d'eau.

Les avancées technologiques en matière de résolution spatiale et spectrale des capteurs et de traitements des données sont rapides, et les potentialités pour l'évaluation des retenues sont donc potentiellement très importantes : détection, suivi des superficies en eau, estimation des volumes, caractérisation de la qualité de l'eau, suivi des habitats, etc. Les données d'intérêt ne sont toutefois pas toujours disponibles à la résolution nécessaire, point auquel il faut être attentif. Il convient par ailleurs de garder à l'esprit que **le choix des données et des méthodes à mobiliser, puis leur mise en œuvre sont complexes et demandent des compétences spécifiques**, qui sont pour beaucoup encore du ressort de la recherche. La mise en œuvre de ces techniques dans le domaine opérationnel dépend donc pour l'instant de la possibilité de développer des partenariats avec la sphère académique ou de trouver des prestataires capables de réaliser ce genre de traitement. Le développement de plateformes de type GEOSUD¹⁷ et l'existence en France d'une communauté scientifique reconnue dans le domaine de la télédétection devrait permettre de surmonter en grande partie ces problèmes. Le coût de l'acquisition de données puis de leur traitement peut vite devenir élevé, et une réflexion doit être menée pour délimiter la zone à étudier, déterminer les besoins exacts, et définir la structure devant porter l'étude.

Le seuil de **détection des plans d'eau** par télédétection est lié à la résolution ; ainsi, les surfaces détectées peuvent descendre jusqu'à une centaine de m². Le recours à des images acquises sur plusieurs années permet d'appréhender la dynamique de création des plans. Dans les zones arides ou semi arides, l'acquisition de données doit autant que possible être faite à la fin de la saison des pluies. Rares sont les études qui se sont attachées à caractériser **la position des retenues par rapport au cours d'eau** (en barrage de cours d'eau, en dérivation, en versant).

La surface, caractéristique importante des retenues, notamment pour calculer le flux évaporatoire est supposée généralement correspondre à la surface maximale de la retenue. L'évolution de la surface en eau au fil du temps peut toutefois être prise en compte, selon la fréquence d'acquisition des données, ce qui s'avère d'autant plus important que le marnage est prononcé.

La capacité de stockage, autre caractéristique importante dans la simulation de l'impact des retenues, reste difficile à estimer. Les données télédétections permettent de la déterminer par mesure directe, ou indirecte. La mesure directe est basée sur photogrammétrie sur photos aériennes, ou dérivée de MNT et vise à caractériser la géométrie du fond de la retenue. Elle est toutefois peu employée car lourde à mettre en œuvre dans le 1^{er} cas et très contrainte par la résolution des MNT dans le 2^e. Elle conduit à de fortes incertitudes, réduites toutefois si le volume est globalisé à l'échelle du bassin. Le développement des données LiDAR permet maintenant de réaliser des estimations pertinentes et la résolution des données disponibles s'améliore. La mesure est toutefois faussée par le fait que les retenues sont généralement déjà remplies lors de l'acquisition et que c'est donc le niveau d'eau dans la retenue qui est mesuré : la date de l'acquisition des données joue alors un rôle crucial dans la qualité de l'estimation. La mesure indirecte est plus employée ; elle consiste à établir une relation empirique (en général une loi puissance) entre la superficie du plan d'eau (S) et son volume (V) sur la base d'un nombre limité de retenues, relation qui est ensuite appliquée par interpolation ou extrapolation aux autres retenues. Le Tableau 3 illustre les relations recensées dans une douzaine d'études. Les paramètres sont variables d'une région à l'autre - notamment en fonction du contexte géomorphologique - mais assez constants au sein d'une région donnée, **montrant ainsi l'intérêt d'une démarche d'acquisition de données propres à chaque zone modélisée.**

Le bassin versant d'alimentation d'une retenue est une caractéristique importante pour déterminer les flux qui l'alimentent : il peut être déterminé par inventaire, ou par traitement géomatique si un modèle numérique de terrain est disponible, mais demande de distinguer les retenues connectées directement au cours d'eau de celles qui ne le sont pas. Les informations ainsi obtenues sont souvent limitées à un petit nombre de retenues, et il est nécessaire d'étendre l'information à l'ensemble des retenues du bassin. Des relations linéaires ou non linéaires entre surface de la retenue et surface du bassin d'alimentation ont été élaborées dans certaines études : ces relations sont toutefois là encore spécifiques aux bassins d'étude et ne peuvent pas être généralisées à des contextes très différents.

Le mode de gestion des retenues est également une donnée d'entrée importante pour la modélisation. Celui-ci comporte la gestion des flux entrants, des flux de prélèvement, ainsi que les modes de régulation de la restitution. Les modes de prélèvement sont abordés dans le chapitre relatif à l'hydrologie (page 55). Les modes de remplissage et de régulation sont plus rarement intégrés, en partie du fait que la plupart des études représentent des retenues de type collinaire, non placées sur une rivière et qui se remplissent donc via un bassin d'alimentation : ces retenues ne peuvent pas être déconnectées de leur bassin d'alimentation, et ne possèdent pas de possibilité de restitution au cours d'eau en dehors des débordements. Elles ne peuvent avoir une période de remplissage limitée, ni de débits réservés. Certaines études prennent **en compte la gestion de l'alimentation, de la restitution au cours d'eau, ou le maintien d'un débit minimal. Ce type de données ne peut être obtenu que par enquête de terrain**, ou en dérivant les modes de gestion de la réglementation en cours. Le niveau d'eau dans les retenues en début de saison est également une variable intéressante, qui peut être acquise par télédétection ou là encore déduit des pratiques habituelles sur le bassin considéré.

Tableau 3 Exemple de relations entre le volume et la superficie des retenues issues de plusieurs études (Thompson 2012). $V =$ volume (m^3) ; $A =$ surface (m^2)

Relation Surface (S) Volume (V)	Méthode de calcul	Zone d'étude
$V = 0.0016.S^{1.56}$ $V = 0.077.S^{1.3}$	Les différences dans les relations sont attribuées à des différences dans le relief	Deux bassins versants en Afrique du Sud
$V = 0.187.S^{1.25}$	18 retenues d'un volume jusqu'à 100 ML	Australie
$V = 0.0738.S^{1.25}$	Botswana. 15 petites retenues mesurées parmi 305	Botswana
$V = 0.2.S^{1.2004}$	Méthode non renseignée	Australie
$V = 0.44.S^{1.4}$	Australie. 26 retenues d'un volume compris entre 2 et 39 ML	Australie
$V = 1.6.S - 108.6$ $V = 3.5.S - 5742.5$	$S < 3\ 000\ m^2$, forte demande d'irrigation $S > 3\ 000\ m^2$, forte demande en irrigation. 100 retenues pour la plupart < 50 ML	Australie
$V = 0.17557.S^{1.2732}$	42 retenues mesurées	Australie
$V = 16.S$ $V = 20.S$	Relief de plaine. $S < 50\ 000\ m^2$ Relief de collines. $S > 50\ 000\ m^2$	Afrique du Sud
$V = 2.S^{1.25}$ $V = 2.2.S$ $V = 0.215.S^{1.16}$ $V = 2.8.S$	Faible demande. $S < 15\ 000\ m^2$ Faible demande. $S > 15\ 000\ m^2$ Forte demande. $S < 20\ 000\ m^2$ Forte demande. $S > 20\ 000\ m^2$	Australie
$V = 0.145.S^{1.314}$	152 retenues de 0.4 à 420 ML	Australie
$V = 0.002.S^{1.0713}$ $V = 2.10 - 7.S^{1.92}$	Retenues dans des rigoles > 10 ML Retenues en zone plate > 10 M Base de données d'inventaire	Nouvelle-Zélande