

Retours d'expériences techniques

Chapitre 11 Tête de bassin versant

La présente note a été rédigée suite aux nombreux travaux menés sur le territoire Bretagne, Pays de la Loire de mise en œuvre des dispositions 11A-1 et 11A-2 du Chapitre 11 du SDAGE Loire-Bretagne. Elle a été réalisée en concertation avec différents acteurs ayant engagé une réflexion sur les têtes de bassin versant dans le cadre des SAGE. Cette version est susceptible d'évoluer et d'être complétée si besoin.

A Objectifs

Les trois principaux objectifs de cette note sont les suivants :

- ✓ Appuyer les SAGE des régions Bretagne, Pays de la Loire dans la prise en compte des têtes de bassin versant,
- ✓ Recenser au sein d'une note de travail partagée les recommandations techniques issues des différents travaux et réflexions actuelles sur la prise en considération des têtes de bassin versant dans le cadre des SAGE,
- ✓ Aider à l'appropriation locale de cette démarche.

B Rappel des travaux effectués sur le territoire Bretagne, Pays de la Loire

La synthèse des travaux sur les têtes de bassin dans le cadre des SAGE a été réalisée sur le territoire Bretagne, Pays de la Loire sur la période 2011-2020 (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Synthèse des travaux sur les têtes de bassin dans le cadre des SAGE

Date	Structure	Auteur et intitulé
2011	Syndicat Mixte du SAGE Couesnon (35)	CHOUCARD Pauline, 2011. Elaboration d'une méthodologie d'inventaire cartographique et de hiérarchisation des têtes de bassin versant dans le contexte armoricain - Application au bassin versant du Couesnon.
2012	Syndicat Mixte du SAGE Couesnon (35)	JAN Alexandre, 2012. Proposition d'une méthodologie de priorisation des cours d'eau de tête de bassin versant selon l'enjeu « morphologie ».
2013	IIBS : SAGE Huisne, Sarthe amont, Sarthe aval (61,28,72,53,49)	HENNER Raphaëlle, 2013. Les têtes de bassin versant, des espaces à considérer pour une gestion durable et intégrée de la ressource en eau - Identification cartographique, mise en place d'une méthodologie de caractérisation des pressions, proposition d'objectifs et de règles de gestion sur le bassin de la Sarthe.
2015	SYLOA (SAGE estuaire de la Loire (44 & 49)	SALPIN Benoît, 2015. Elaboration d'une démarche concertée d'inventaire cartographique et de caractérisation des têtes de bassin versant du périmètre du SAGE estuaire de la Loire.
2015	Jaudy Guindy Bizien (22)	CORRE Léna, 2015. Etude des têtes de bassin versant des secteurs prioritaires du contrat territorial 2014-2018.

2015	SMEGA (22)	THERIN E., VAROQUIER S., JACOB F., 2015. Évaluation des atteintes aux têtes de bassin versant, Caractérisation et hiérarchisation.
2017	SAGE Sud Cornouaille (29)	GUESDON Brice, non publié, démarche en cours.
2017	EPTB Vilaine (56)	CIROU Julien, 2017. « Elaboration d'une méthode de délimitation et de caractérisation des têtes de bassin versant de la Vilaine par approche cartographique – application aux bassins versants de l’Aff et du Don ».
2017 - 2020	FMA - CD29 (29) CAMAB	CAMAB, AUGIER Alix, 2018. Étude de la prise en compte du SDAGE Loire-Bretagne sur les têtes de bassin versant en Finistère. 2018 – 2020 : Accompagnement des territoires finistériens sur les têtes de bassin versant (guide méthodologique d'identification cartographique des TBV sous SIG, donnée SIG de pré-localisation des TBV du Finistère, document d'information, tests méthodologiques de caractérisation et hiérarchisation) : CAMAB, 2019a. Méthode d'identification cartographique des têtes de bassin versant sur le département du Finistère. Rapport de 41 pages. CAMAB, 2019b. Les têtes de bassin versant en Finistère, des zones essentielles pour la gestion des milieux aquatiques et la biodiversité. Document d'information, 12 pages.
2018	SMLS (56)	RIVAL Mickaël, 2018. Caractérisation, hiérarchisation et priorisation des têtes de bassin versant du territoire du SAGE Golfe du Morbihan et Ria d'Étel.
2018	EPTB Vilaine (35)	GUEGNIARD Lise, 2018. Caractérisation, hiérarchisation et priorisation des têtes de bassin versant de la Vilaine. Application aux sous-bassins versants de la Seiche et de la Flume.
2018	EPTB Sèvre Nantaise	COUDART Anthony, 2018. Localisation, caractérisation des têtes de bassin versant sur le territoire de la Sèvre Nantaise. L'open-source au service des chaînes et automatisations de traitements SIG.
2019	EPTB Vilaine (35)	LEBRETON Nicolas, 2019. Finalisation d'un outil d'aide à la décision et recueil d'expériences applicables aux têtes de bassin versant.
2019	SYLOA (SAGE estuaire de la Loire (44 & 49)	SYLOA, 2019. Préserver et restaurer les têtes de bassin versant du territoire du SAGE Estuaire de la Loire. Note explicative de la démarche d'inventaire, de caractérisation et de hiérarchisation des têtes de bassin versant réalisée dans le cadre de la révision du SAGE.

En 2018, le SAGE Sioule (localisé dans la région Auvergne-Rhône-Alpes) a publié un rapport intitulé « Délimitation et caractérisation des têtes de bassin versant sur le périmètre du SAGE Sioule ». Ce rapport comprend 2 principales phases (Phase 2 : Caractérisation et priorisation des têtes de bassin versant ; Phase 3 : Objectifs et préconisations de gestion).

C Définition de la tête de bassin versant

Avant de définir les têtes de bassin versant, il est essentiel de rappeler leurs spécificités :

Extrait du SDAGE 2016 – 2021 :

« À l'extrême amont des cours d'eau, les têtes de bassin représentent notre « capital hydrologique ». Elles constituent un milieu écologique marqué par des spécificités (zone d'interface entre les milieux aquatiques et terrestres, très petits cours d'eau parfois intermittents et à faible puissance spécifique, zones humides nombreuses souvent de faible surface...).

Les têtes de bassin versant constituent des lieux privilégiés dans les processus d'épuration de l'eau, contribuent à la régulation des régimes hydrologiques et abritent des habitats d'une grande biodiversité avec une faune et une flore spécifiques à ces milieux, d'intérêt national voire communautaire : le saumon atlantique, notamment la souche Loire-Allier, la truite fario, le chabot, le toxostome, l'ombre commun, la lamproie de Planer, l'écrevisse à pieds blancs, la moule perlière... Par leurs services écosystémiques, elles conditionnent ainsi, et de façon primordiale, l'état des ressources en eau de l'aval, en quantité et en qualité, et de la biodiversité.

L'accomplissement de ces différentes fonctions implique la préservation de ces milieux sensibles, fragiles et vulnérables. Considérés pour partie comme des secteurs préservés, ces milieux font encore actuellement l'objet de pressions importantes, et spécifiques, entre autres liées aux activités humaines (agriculture, sylviculture, urbanisation, tourisme). »

Pour aller plus loin sur les spécificités des têtes bassin versant : Alexander *et al.*, 2007 ; Meyer *et al.*, 2007 ; Baudoin, 2007 ; Guerold *et al.*, 2011 ; Lheritier, 2012.

Pour aller plus loin sur les spécificités des têtes bassin versant sur les régions Bretagne, Pays de la Loire : Nguyen Van, 2011 ; Jan, 2013 ; Bossis, 2014 ; Guillaume, 2015 ; Colin, 2015 ; Bouas, 2016 ; Mondesir, 2017.

Le SDAGE Loire Bretagne 2016-2021 propose une définition de la tête de bassin versant :

« Les têtes de bassin versant s'entendent comme les bassins versants des cours d'eau dont le rang de Strahler est inférieur ou égal à 2 et dont la pente est supérieure à 1 %. Ce critère de pente peut être adapté localement pour les cours d'eau à faible puissance spécifique présentant un risque de non atteinte des objectifs environnementaux. »

A l'échelle internationale, la classification de Strahler est communément utilisée pour définir les têtes de bassin versant (cf. figure 1).

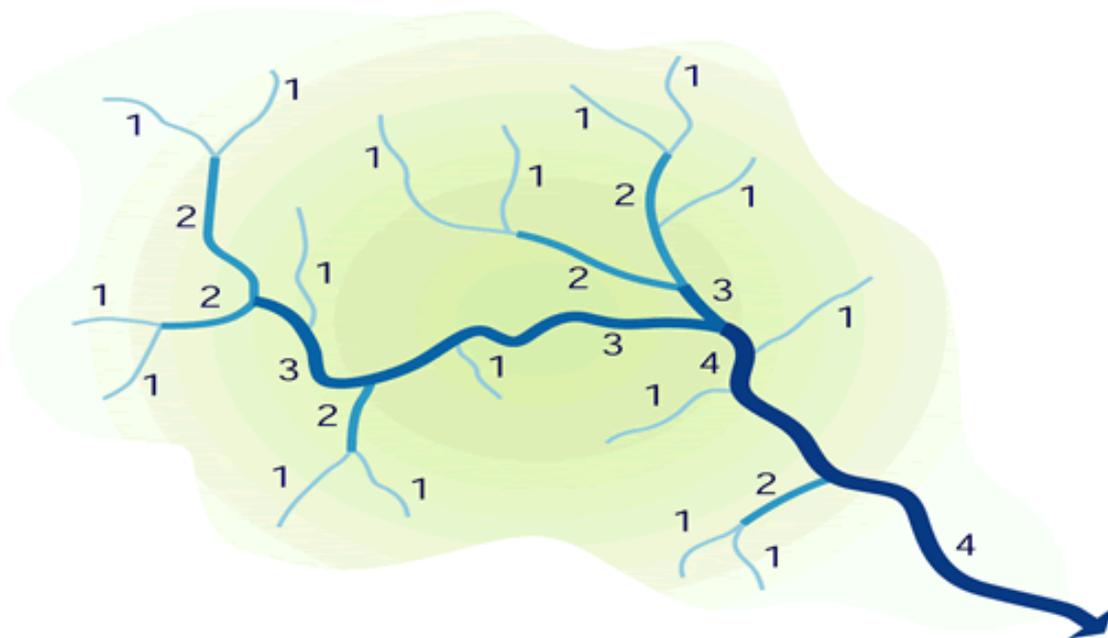


Figure 1 : Classification du réseau hydrographique selon l'ordre de Strahler (Environmental Protection Agency, 2009).

✓ **Critère de pente :**

L'adaptation du critère de pente n'était pas présente dans le document du SDAGE 2010-2015, ce qui explique l'évolution des choix effectués par les SAGE en fonction des années.

Dans la majorité des études menées sur le territoire Bretagne, Pays de la Loire, le critère de pente n'a pas été retenu pour plusieurs raisons. Premièrement, pour des raisons techniques puisque ce critère est difficile à caractériser avec précision (ex : précision des Modèles Numériques de Terrain, tronçon de faible longueur, pente de la vallée différente de la pente du cours d'eau...). Deuxièmement, l'application de ce critère exclut des milieux fragiles en tête de bassin (ex : faible puissance spécifique, cours d'eau naturellement méandrique...). Troisièmement, ce seuil à 1% ne trouve pas de justification dans la littérature scientifique. Enfin, son application pose des soucis de cohérence à l'échelle du territoire étudié (ex : masses d'eau présentant des objectifs environnementaux différents, pente supérieure et inférieure à 1% au sein d'une même tête de bassin versant...).

✓ **Référentiel de cours d'eau utilisé :**

La cartographie des têtes de bassin versant repose sur l'utilisation d'un référentiel hydrographique disponible et présentant un degré d'exhaustivité élevé (ex : inventaire terrain de qualité). En l'absence de ces données, il faudra utiliser a minima la BD TOPO/BD TOPAGE en rappelant les limites de ces référentiels en termes d'exhaustivité. De plus, les différences peuvent être très importantes entre la BD TOPO et un référentiel cours d'eau plus exhaustif (cf. exemple en figure 2).

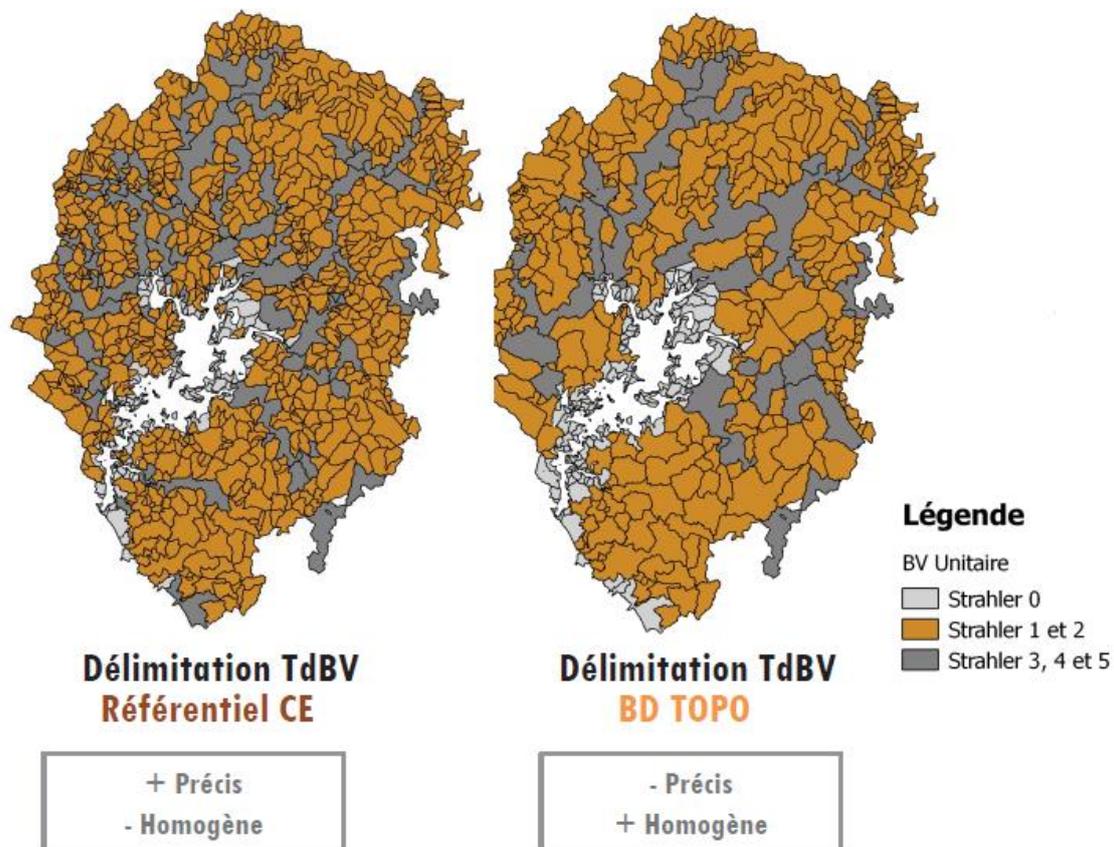


Figure 2 : Comparaisons des cartographies des têtes de bassin versant selon un inventaire terrain des cours d'eau et le référentiel BD TOPO (SMLS, 2018)

Une analyse complémentaire via SIG peut être réalisée afin d'intégrer les cours d'eau enterrés par busage, drainage ou comblement (Le Bihan, 2009 ; Mathieu, 2010 ; Guillaume, 2015).

✓ **Cas particuliers :**

Les cas particuliers doivent nécessiter une réflexion spécifique (ex : zones de marais, petits cours d'eau côtiers, zone estuarienne, biefs, linéaires courts...) menant à préciser les modalités de prise en compte à l'échelle locale de ces linéaires pour l'étape de cartographie (ex : non prise en compte, adaptation...).

Par exemple, les cours d'eau côtiers sont intégrés à l'identification des têtes de bassin versant car ils présentent un fonctionnement similaire notamment par rapport aux fonctions « biodiversité » et « physico-chimique » (épuration de l'eau) (CAMAB, 2019).

D Etape de cartographie

Le SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021 fournit le cadre de la démarche de cartographie :

Extrait du SDAGE 2016 - 2021 :

Disposition 11A-1 : les SAGE comprennent systématiquement un inventaire des zones de tête de bassin versant et une analyse de leurs caractéristiques, notamment écologiques et hydrologiques, établis en concertation avec les acteurs du territoire.

Disposition 11A-2 : A l'issue de l'inventaire, les SAGE hiérarchisent les têtes de bassin versant en fonction des pressions et de l'état des masses d'eau. Ils définissent des objectifs et des principes de gestion adaptés à la préservation et à la restauration du bon état, pour les secteurs à forts enjeux, déterminés en concertation avec les acteurs du territoire.

Disposition 11B1 : la CLE sensibilise sur l'intérêt de la préservation des têtes de bassin versant. Leur rôle bénéfique sera mis en avant, sur la base d'exemples locaux reconnus.

L'étape de cartographie dépend des choix effectués lors de la définition des têtes de bassin versant (référentiel cours d'eau, critères complémentaires...).

Différentes solutions techniques sont mobilisables pour réaliser l'étape de cartographie (cf. Tableau 2 et annexe 1 pour plus de précisions) :

Tableau 2 : Résumé des méthodes utilisées sur le territoire Bretagne, Pays de la Loire

	Logiciels	MNT
Méthode avec logiciel payant	Argis	BD Alti 50 m, 25 m RGE alti, 5m
Méthode avec logiciel libre	QGIS (différentes versions)	
Méthode automatisée avec logiciel libre	Logiciels (solutions open-source) : - Script SQL / PLPGSQL - PostGRE/PostGIS - GRASS - Interface graphique (lancement des calculs, logs) : PHP	

Une analyse des avantages et limites a été réalisée par les auteurs des différents rapports et est présentée en annexe 2.

Le choix de la méthode dépend essentiellement des contraintes techniques (accès aux MNT, accès aux logiciels, compétences en géomatique) ainsi que des critères retenus pour la cartographie (avec ou sans le critère de pente).

Pour rappel, le traitement des cas particuliers doit être effectué au cours de la phase de cartographie (ex : traitement des biefs ...).

Il est conseillé de mettre à l'écart temporairement dans l'ordination de Strahler, les cours d'eau de rang de Strahler 1 inférieurs à 100 m de long pour la phase de cartographie uniquement. Ces cours d'eau pourront être affichés en tant que rang 0 (élément essentiel car des pressions importantes impactent actuellement ces milieux).

Des échanges pourront avoir lieu avec des scientifiques de l'Université de Rennes 2 ainsi que de l'INRA-Agrocampus Ouest au sujet des méthodes mises en œuvre (exemple : Anne-Julia Rollet, Hervé Squidant). En outre, les réflexions contenues dans cette note seront susceptibles d'alimenter cette réflexion.

Dans la littérature scientifique, les cours d'eau en tête de bassin versant (rangs de Strahler 1 et 2 à l'échelle 1 : 25 000) représentent environ 60 à 85 % de la longueur totale du réseau hydrographique (Schumm, 1956 ; Shreve, 1969 ; Meyer & Wallace, 2001 ; Peterson *et al.*, 2001 ; Meyer *et al.*, 2003 ; Gomi *et al.*, 2002 ; Benda *et al.*, 2005 ; MacDonald & Coe, 2007). Leurs bassins versants drainent entre 70 et 80% de la superficie totale du BV (MacDonald & Coe 2007).

Les études menées sur le territoire Bretagne, Pays de la Loire montrent, dans la majorité des cas, les mêmes ordres de grandeurs que ceux issus de la littérature scientifique (cf. tableau 3). Seules deux études de 2011 à 2013 présentent des proportions en tête de bassin (en linéaire et en surface) plus faibles. Ce constat vient de l'utilisation du critère de pente inscrit dans la définition des têtes de bassin du SDAGE 2010-2015.

Tableau 3 : Exemples de la proportion des TBV sur plusieurs territoires en Bretagne, Pays de la Loire

Rapport (auteur, date)	Territoire étudié	% TBV sur le BV	% CE en TBV sur le BV
CHOUCARD P., 2011 (Syndicat Mixte du Sage Couesnon)	SAGE Couesnon	48%	48%
HENNER R., 2013 (IIBS : SAGE Huisne, Sarthe amont, Sarthe aval)	Huisne	60%	57%
	Sarthe Amont	59,7%	75%
	Sarthe Aval	47,7%	43%
Jaudy Guindy Bizien (22)	Bassins versants du Jaudy-Guindy-Bizien et ruisseaux côtiers de l'anse de Perros-Guirec au sillon du Talbert (Pleubian)	62%	65%
THERIN E., VAROQUIER S., JACOB F., 2015 (SMEGA)	Côtiers de la baie de Paimpol (référentiel hydrographique issu d'un inventaire)	67,70 %	79,27 %
	Grand Trieux (référentiel hydrographique issu de la BD Topo)	72,32%	71,19%
SALPIN B. 2015 pour SYLOA (SAGE estuaire de la Loire)	SAGE estuaire de la Loire (44 et 49)	63%	63%
CIROU J., 2017 (pour SAGE Vilaine)	Don	72.8%	72.5%
	Aff	71.5%	70.0%
AUGIER A., 2018 (FMA-CD 29) CAMAB	Masse d'eau du ruisseau de Landunvez	65%	66%
	Masse d'eau du Guillec	73%	67%
	Masse d'eau du Kériner	70%	72%
	Masse d'eau du Beurc'hoat	74%	73%
Étude CAMAB (FMA-CD 29), 2018 -2020	Finistère	74 %	-
GUEGNIARD L., 2018 (pour SAGE Vilaine)	Seiche	74,5%	71,3%
RIVAL M., 2018 (SMLS, 56)	SAGE Golfe du Morbihan et Ria d'Étel	73%	-
COUDARD A., 2018 (EPTB Sèvre Nantaise)	Bassin de la Sèvre Nantaise	75%	71%
LEBRETON N., 2019 (EPTB Vilaine)	Flume	72%	68%
	Ille-et-Illet	75%	67%

Le rendu cartographique est susceptible de générer des craintes et une certaine incompréhension vis-à-vis de la finalité de la démarche. Par conséquent, il apparaît essentiel de rappeler l'objectif de cette

carte (absence de portée réglementaire mais volonté d'une prise de conscience de l'importance des têtes de bassin versant, étape intermédiaire avant la hiérarchisation, finalité opérationnelle...). Un **accompagnement pédagogique** de cette première cartographie doit avoir lieu et doit être adapté aux différents interlocuteurs (élus, riverains, agriculteurs, forestiers...). En effet, cette étape de communication est déterminante pour la suite de la démarche (CAMAB, 2020).

Dans certaines conditions, il peut être préférable de ne pas communiquer cette première carte et de préférer la présentation de la proportion des surfaces de TBV par rapport au bassin versant ainsi que la proportion des cours d'eau en TBV par rapport au linéaire du réseau hydrographique sur le bassin versant.

Afin d'être mieux appréhendée, cette présentation doit être mise en parallèle avec l'organisation fractale des milieux naturels (ex : lien avec le réseau sanguin, le réseau des nervures des feuilles, des arbres...).

L'importance spatiale des têtes de bassin (en surface et en linéaire de cours d'eau) nécessite de prioriser des sous-bassins versants dans lesquels des actions concrètes verront le jour. Cette démarche s'effectue avec les étapes complémentaires de caractérisation et de hiérarchisation.

E Etape de caractérisation

Une fois la cartographie des têtes de bassin versant effectuée, l'étape de caractérisation débute. La caractérisation correspond à une description de l'état fonctionnel des têtes de bassin versant, généralement basée sur une analyse de critères qui renseignent sur l'état, les pressions et la sensibilité des têtes de bassin versant. **Cette étape est généralement réalisée quasi-exclusivement à l'aide des outils cartographiques SIG.** Son objectif est d'améliorer les connaissances de l'état et des pressions qui s'exercent en tête de bassin versant.

Au cours de cette étape, chaque tête de bassin versant sera caractérisée sans exception. Cette caractérisation doit être précise puisque la surface unitaire moyenne d'une tête de bassin versant est comprise entre 1 à 2 km² (cf. tableau 4).

Tableau 4 : Exemples de surface unitaire moyenne des têtes de bassin versant

Rapport (auteur, date)	Surface moyenne unitaire
Cirou 2016	BV du DON : 1,83 km ² BV de l'AFF : 0,99 km ²
Guégniard, 2018	BV de la Flume : 1,34 km ² BV de la Seiche : 1,61 km ²
LeBreton, 2019	BV de l'Ille et de l'Illet : 1,24 km ²

Afin de pouvoir mieux se situer dans les étapes à venir, les différentes étapes de la caractérisation et de la hiérarchisation sont résumées dans la figure 3 ci-dessous.

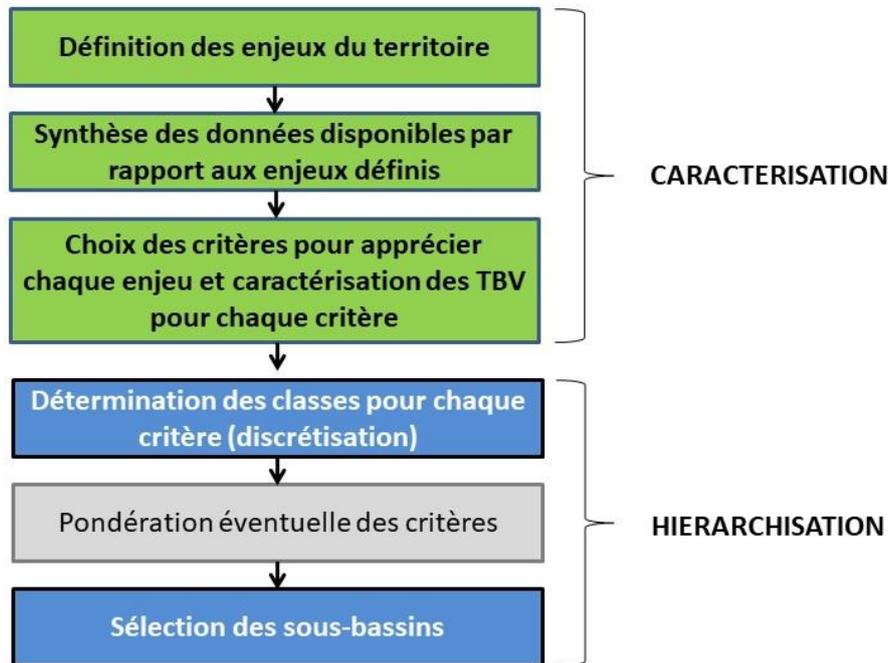


Figure 3 : Principales étapes de la caractérisation et de la hiérarchisation

✓ Définition des enjeux du territoire

Dès le début de l'étape de caractérisation, une réflexion doit être engagée sur le choix des enjeux. La principale question à se poser est la suivante : sur quels enjeux les têtes de bassin versant constituent un levier sur le territoire d'intervention (quantité d'eau, qualité d'eau, biodiversité ...) ?

Les enjeux doivent être définis à l'échelle du territoire étudié et validés par les élus.

Les enjeux les plus communément retrouvés dans les études sont les suivants :

- qualité d'eau,
- quantité d'eau,
- qualité des milieux (également désignée par « biodiversité »).

✓ Synthèse des données disponibles

Les territoires sur lesquels cette démarche est susceptible d'être mise en place sont très hétérogènes (ex : superficie du territoire d'intervention, état d'avancement dans l'acquisition de connaissances de terrain sur les têtes de bassin...). De plus, les données collectées peuvent présenter des limites, notamment sur leur homogénéité (exhaustivité, précision, standardisation...). D'une manière générale, les écosystèmes présents en aval des bassins versants sont mieux connus et renseignés que ceux de l'amont.

Dès le démarrage de cette étape, un choix doit être acté au sujet des données à mobiliser. Des données terrain de qualité sont-elles disponibles sur l'ensemble du territoire ? Si des données de terrain de qualité sont disponibles sur l'ensemble du territoire, ces dernières seront utilisées en complément de l'analyse SIG à prévoir.

✎ En tête de bassin versant, un certain nombre de données ne sont pas disponibles (ex : données sur les drainages, sur l'hydromorphologie du lit mineur...). Il est recommandé de lister l'ensemble de ces données utiles à l'étape de caractérisation, mais qui ne sont pas disponibles. Ces précisions permettront notamment de gagner du temps d'échanges lors des réunions.

✓ **Choix des critères utilisés pour apprécier chaque enjeu et caractérisation des têtes de bassin pour chaque critère**

Une fois l'inventaire des données disponibles réalisé, l'étape de choix des critères de caractérisation commence. Les critères de caractérisation se répartissent en deux grandes catégories :

- les **critères relatifs aux caractéristiques morphologiques et hydrographiques du sous-bassin étudié** (ex : superficie, pente, densité de cours d'eau...), également appelés dans certaines études « critères de sensibilité ».

✎ Ces critères sont essentiels pour bien appréhender la diversité structurelle des têtes de bassin versant mais peuvent être difficiles à intégrer dans la phase de hiérarchisation (notamment par rapport à l'élaboration de notation par critère).

- les **critères d'état et de pressions** (ex : densité de cours d'eau enterrés, taux d'imperméabilisation, densité de plans d'eau, densité de bocage...), définis à différentes échelles d'étude (tête de bassin, bande riveraine, lit mineur).

✎ Lors du choix de ces critères, il est primordial de vérifier l'absence de redondance entre ces derniers (exemple : la redondance entre le temps de concentration et l'indice de compacité).

Cette étape peut notamment s'appuyer sur les études les plus récentes, réalisées entre 2017 et 2019 (cf. tableau 1), qui ont-elles-mêmes bénéficié des retours d'expériences des études précédentes.

Dans ce cadre, Julien Cirou a mené un travail exploratoire en 2017 menant à regrouper les différents critères de caractérisation utilisés (ex : indices de morphologie générale de la TBV, critères de risques et enjeux : occupation du sol et dérivés, haies, plans d'eau, zones humides, espaces protégés et frayères, fragmentation-obstacles-enterrement).

De plus, un tableau de synthèse des différents critères de caractérisation sélectionnés depuis 2011 sur le territoire Bretagne, Pays de la Loire a été réalisé dans le cadre d'une étude portée par le FMA dans le Finistère en 2017 (FMA-CD29, Augier, 2018). Ce tableau vise à fournir des éléments techniques permettant de faire un choix entre les différents critères de caractérisation. Ce document provisoire, en cours de finalisation, est disponible sur demande auprès du FMA.

✎ Chacun des critères retenus dans le cadre de la caractérisation peut être rattaché à un enjeu (ex : qualité d'eau, quantité d'eau, biodiversité). Certains critères peuvent être utilisés dans 1 ou plusieurs enjeux.

Les critères sont ensuite caractérisés pour chaque tête de bassin versant par croisement de données.



✓ **Limites de la méthode de caractérisation**

En fonction des données utilisées (type, date de validité, ...), une phase de terrain est conseillée afin de bien préciser les limites de cette étape de caractérisation (exemple : non détection des drainages, impossibilité de caractériser les recalibrages de cours d'eau, ...). A ce stade, la phase terrain a surtout pour objectif d'illustrer le rendu de la caractérisation dans différents contextes (exemple : urbain, forestier, agricole, ...) et de préciser les limites de l'approche SIG. A ce jour, il n'existe pas de méthode de vérification terrain validée mais les études réalisées sur les têtes de bassin versant fournissent de nombreuses pistes sur les paramètres à étudier lors d'une phase de terrain.

F Etape de hiérarchisation

La hiérarchisation correspond au classement des têtes de bassin versant selon leur degré de dégradation ou de préservation. Au préalable, il apparaît essentiel de bien définir les objectifs de cette hiérarchisation. En effet, la logique peut différer selon la taille du territoire et du contexte de l'étude (SAGE, Contrat Territorial volet Milieux Aquatiques...). La finalité de la hiérarchisation est d'obtenir un lot de têtes de bassin où la mise en place d'actions est essentielle pour répondre aux enjeux du territoire.

✎ Cette démarche de hiérarchisation doit rester claire et simple à comprendre pour tous (élus, citoyens,...).

✓ Détermination de classes pour chaque critère (discrétisation)

Il est pertinent de construire une logique de discrétisation à l'échelle du territoire concerné par l'étude. Lorsque les seuils de la littérature scientifique sont disponibles, il est pertinent de les retenir pour construire la discrétisation. Dans le cas contraire, il convient de définir des seuils selon la distribution réelle des données à l'échelle du territoire étudié. Dans ce cas, une attention devra être portée par rapport à la taille du territoire puisqu'il existe notamment un risque de sur ou sous-évaluation de certaines pressions notamment dans le cas de territoire présentant des faibles superficies.

✓ Pondération éventuelle entre les critères

Certains territoires choisiront d'intégrer une pondération entre les critères selon les enjeux à caractériser. Au vu du nombre de critères retenus par enjeu, il convient d'être vigilant sur l'utilisation de la pondération qui peut être de nature à complexifier la démarche. Dans tous les cas, il est primordial de bien la justifier et de l'expliquer.

Il semble pertinent de retenir deux échelles emboîtées, complémentaires pour la hiérarchisation :

- **par masse d'eau** (enjeux DCE, enjeux des SAGE, spécificités des masses d'eau littorales) : pour caractériser les enjeux à grande échelle.

✎ Dans le cadre de la hiérarchisation, l'enjeu « biodiversité » peut conduire à retenir des masses d'eau en bon état écologique avec un objectif de préservation et de non dégradation de l'état écologique de ces masses d'eau.

- **par tête de bassin versant** (sur la base des résultats de la caractérisation par enjeux) : pour la définition des priorités d'action qui seront mises en œuvre par les différents partenaires (Syndicats de rivière, EPCI...).

✎ Il est possible, par exemple, de retenir dans un premier temps les masses d'eau prioritaires d'un SAGE donné et dans un second temps de sélectionner au sein de celles-ci les têtes de bassin versant prioritaires pour les différents enjeux (cf. figure 4).

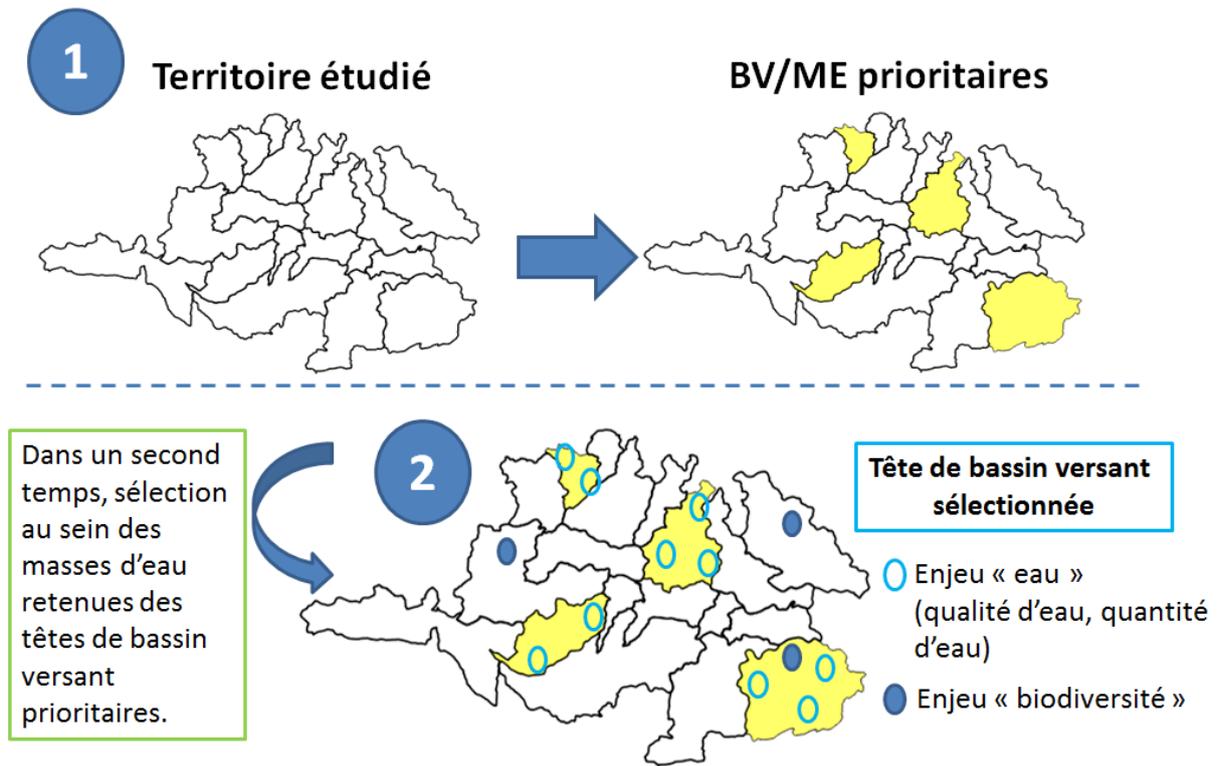


Figure 4 : Exemple fictif de hiérarchisation

Une fois la hiérarchisation finalisée, une cartographie des sous-bassins prioritaires (par rapport aux différents enjeux) doit être réalisée.

Suite à cette étape, il apparaît pertinent d'effectuer une sélection des têtes de bassin en fonction des contraintes techniques locales (ex : drainage, endiguement généralisé du cours d'eau...), de l'emprise foncière disponible et de l'acceptabilité potentielle des actions sur le territoire étudié.

Pour aider au choix des actions à mettre en œuvre sur les têtes de bassin sélectionnées, il est nécessaire de mener des diagnostics précis sur ces territoires afin de pouvoir définir les actions multi-compartiments à réaliser (cours d'eau, zone humide, bocage, mare, agricole, entretien des fossés...). Concernant l'étude du cours d'eau, de sa bande riveraine, des points de contacts avec le Réseau Hydraulique Annexe (RHA) et des obstacles à la continuité, une méthodologie a été développée par l'AFB et est accessible sur demande (Le Bihan, 2019). Celle-ci permet de prioriser les actions à mener en tête de bassin sur les 5 compartiments étudiés (le lit mineur, la bande riveraine, les obstacles à la continuité écologique, la présence de réseau hydraulique annexe et les rangs 0).

Le panel d'actions à mettre en œuvre sur les différents compartiments peut être varié : sensibilisation, animation territoriale, recommandations sur l'entretien des milieux, actions de préservation, actions de restauration active et/ou passive. Un document est en cours de rédaction par l'OFB sur les types d'action à mettre en œuvre en fonction des contextes suivants : urbain, rural, forestier, littoral.

AUTEURS DE CETTE NOTE :

- Office Français de la Biodiversité (Direction Bretagne) : Mikaël LE BIHAN
- Forum des Marais Atlantiques : Alix AUGIER, Anaëlle MAGUEUR
- EPTB Vilaine : Nathalie PÊCHEUX
- Syndicat Loire Aval (SYLOA) : Arnaud MEVEL
- Syndicat Mixte du SAGE Couesnon : Sylvie LE ROY
- Institution Interdépartementale du Bassin de la Sarthe : Vincent TOREAU
- Guingamp Paimpol Armor Argoat Agglomération : Emmanuel THERIN
- Lannion Trégor Communauté (anciennement Syndicat mixte des bassins versants du Jaudy-Guindy-Bizien) : Léna CORRE
- Etablissement public de la Sèvre Nantaise : Anthony COUDART, Sébastien RENOU, Antoine RIVIERE
- SMLS Sage Golfe du Morbihan et Ria d'Étel : Béatrice NIVOY



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALEXANDER R.B., BOYER E.W., SMITH R.A., SCHWARZ G.E. & MOORE R.B., 2007.** The role of headwater streams in downstream water quality. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, **43** (1), 41-59.
- AUGIER, 2018.** Étude de la prise en compte du SDAGE Loire-Bretagne sur les têtes de bassin versant en Finistère. Rapport réalisé dans le cadre d'un stage. Forum des Marais Atlantiques en partenariat avec Conseil départemental du Finistère. 68 pages, disponible sur http://www.zoneshumides29.fr/TBV/rapport_tbv29_012018.pdf
- BAUDOIN J.M., 2007.** Biodiversité et fonctionnement de cours d'eau forestiers de tête de bassin : Effet de l'acidification anthropique et d'une restauration. Thèse Discipline Ecologie, Spécialité Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes. Université Paul Verlaine de Metz. 221 pages.
- BENDA L., HASSAN M.-A., CHURCH M. & MAY C.-L., 2005.** Geomorphology of steepland headwaters : the transition from hillslopes to channels. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, **41** (4), 835-851.
- BOSSIS M., 2014.** Etude de l'hydromorphologie à l'échelle stationnelle des cours d'eau de tête de bassin versant armoricains en situation de référence. Rapport de stage de Master 2, Onema/Université de Rennes 1, 19 p. + annexes, disponible sur <https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/0000000015dd1e7c7ea10f58dfc5b99>
- BOUAS, 2016.** Etude de la biodiversité (Macro-invertébrés et ichtyofaune) des cours d'eau en tête de bassin versant. Rapport de stage de Master 2, Onema/Polytech Tours, 57 pages + annexes, disponible sur <http://atbvb.fr/documentation/etude-de-la-biodiversite-des-cours-d-eau-en-tete-de-bassin-versant>
- CAMAB, 2019a.** Méthode d'identification cartographique des têtes de bassin versant sur le département du Finistère. Rapport de 41 pages, disponible sur http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/CAMAB_methode_identification_TBV.pdf
- CAMAB, 2019b.** Les têtes de bassin versant en Finistère, des zones essentielles pour la gestion des milieux aquatiques et la biodiversité. Document d'information, 12 pages, disponible sur http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/CAMAB_tete_bassin_versant.pdf
- CIROU, 2017.** Elaboration d'une méthode de délimitation et de caractérisation des têtes de bassin versant de la Vilaine par approche cartographique – Application aux bassins versants de l'Aff et du Don. Rapport de stage. Institut d'Aménagement de la Vilaine / Agro Campus Ouest. 31 pages.
- COLIN, 2015.** Etude de l'hydromorphologie à l'échelle stationnelle des cours d'eau en tête de bassin versant, évaluation de l'impact des travaux de chenalisation. Rapport de stage de Master 2, Onema/université de Rennes 1, 31 pages + annexes, disponible sur oai.afbiodiversite.fr/cindocoai/download/722/1/2015_048.pdf_2212Ko
- COUDART A., 2018.** Localisation, caractérisation des têtes de bassin versant sur le territoire de la Sèvre Nantaise. L'open-source au service des chaînes et automatisations de traitements SIG. Rapport de stage. EPTB Sèvre Nantaise/Université de La Rochelle. 78 pages. Disponible sur : <https://www.sevre-nantaise.com/tetes-bv> .
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2009.** Stream corridor structure [en ligne], disponible sur <http://www.epa.gov/watertrain/stream/r11.html> .
- GOMI T., SIDLE R.C. & RICHARDSON J.S., 2002.** Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *Bioscience* **52** (10), 905-916.

JAN, 2012

JAN A., 2013. Etude du fonctionnement hydromorphologique de référence des cours d'eau en tête de bassin versant sur le Massif Armoricaïn. Rapport de stage M2. ONEMA Dir2/Université de Rennes 1. 30 pages. Disponible sur :

<https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/00000000015dd1b9ebc000e14c40e280>

GUEGNIARD L., 2018. Caractérisation, hiérarchisation et priorisation des têtes de bassin versant de la Vilaine. Application aux sous-bassins versants de la Seiche et de la Flume. Rapport de stage. Institut d'Aménagement de la Vilaine/Université de Pau et des Pays de l'Adour. 31 pages.

GUILLERME, 2015. Caractérisation de la pression « enterrement des cours d'eau » sur le territoire Bretagne - Pays de la Loire. Rapport de stage M2. ONEMA Dir2/Université de Rennes 1. 31 pages. Disponible sur :

<https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/caracterisation-de-la-pression-enterrement-des-cours-d-eau-sur-le-territoire-bretagne-pays-de-la-loi0> .

HENNER, R., 2013. Les têtes de bassin versant, des espaces à considérer pour une gestion durable et intégrée de la ressource en eau. Mémoire de Master de géographie Sociétés, Territoires, Aménagement, Environnement et Risques - Université de Caen. 128 pages. Disponible sur :

http://www.bassin-sarthe.org/assets/documents/pdf/RapportStageTdBV_R.Henner_09-2013_.pdf

LHERITIER, N., 2012. Les têtes de bassin : de la cartographie aux échelles mondiale et française à la caractérisation des ruisseaux limousins. Thèse de doctorat en géographie - Université de Limoges.

LE BIHAN M., 2009. L'enterrement des cours d'eau en tête de bassin en Moselle (57). Rapport de stage. ONEMA/Université Paul Verlaine Metz. 49 pages. Disponible sur :

http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/2009_072.pdf

LE BIHAN M. Version V2.3 au 10/03/2020. Méthodologie d'évaluation de l'hydromorphologie des cours d'eau en tête de bassin versant à l'échelle linéaire. Guide de l'Office Français de la Biodiversité, Direction Régionale Bretagne. 39 pages.

MATHIEU, 2010. Quels pré-requis pour la restauration des cours d'eau enterrés en tête de bassin ? Rapport de stage. ONEMA/Université de Rennes 1. 36 pages. Disponible sur :

oai.afbiodiversite.fr/cindocoai/download/PUBLI/79/1/2010_051.pdf_7815Ko

MACDONALD, L.H. & COE, D., 2007. Influence of headwater streams on downstream reaches in forested areas. *Forest Science* **53** (2), 148-168.

MEYER J.L. & WALLACE J.B., 2001. Lost Linkages and Lotic Ecology : Rediscovering Small Streams. *Ecology : Achievement and Challenge*, 295-317.

MEYER J.L., STRAYER D.L., WALLACE J.B., EGGERT S.L., HELFMAN G.S & LEONARD N.E., 2007. The contribution of headwaters streams to biodiversity in river networks. *Journal of the American water resources association (JAWRA)*, **43** (1), 86-103.

MEYER J.L. & WALLACE J.B., 2001. Lost Linkages and Lotic Ecology : Rediscovering Small Streams. *Ecology : Achievement and Challenge*, 295-317.

MONDESIR, 2017. Synthèse des connaissances et validation de protocoles pour l'hydromorphologie et la biologie des cours d'eau en tête de bassin versant (Rang de Strahler 1). Rapport de stage de Master 2, Agence Française pour la Biodiversité/Université de Rennes 1 Disponible sur <https://halieutique.agrocampus-ouest.fr/memoires/201720.pdf>

- NGUYEN VAN R., 2012.** Les altérations physiques en têtes de bassin versant sur les régions Bretagne-Pays de la Loire. A la recherche d' « aqua incognita ». Rapport de stage, ONEMA DIR2/ UNIVERSITE PARIS DIDEROT, 97 pages.
- PETERSON B.J., WOLLHEIM W.M., MULHOLLAND P.J., WEBSTER J.R., MEYER J.L., TANK J.L., MARTI E., BOWDEN W.B., VALETT H.M., HERSHEY A.E., MCDOWELL W.H., DODDS W.K., HAMILTON S.K., GREGORY S. & MORRALL D.D., 2001.** Control of nitrogen export from watersheds by headwater streams. *Science*, **292** (5514), 86-90.
- RIVAL M., 2018.** Caractérisation, hiérarchisation et priorisation des têtes de bassin versant du territoire du SAGE Golfe du Morbihan et Ria d'Étel – Rapport de stage Syndicat Mixte du Loc'h et du Sal / Université de Bretagne Sud
- SALPIN, B., 2016.** Elaboration d'une démarche concertée d'inventaire cartographique et de caractérisation des têtes de bassin versant du périmètre du SAGE estuaire de la Loire. S.I. : Université de Rennes 1.
- SCE, 2016.** Délimitation et caractérisation des têtes de bassin versant sur le périmètre du SAGE Sioule. EPTB Loire, SAGE SIOULE (03).
- SCHUMM S.A., 1956 (in Benda et al., 2005).** Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. New Jersey, *Bulletin of the Geological Society of America*, **67**, 597-646.
- SHREVE R.W., 1969 (in Benda et al., 2005).** Stream lengths and basin areas in topologically random channel networks. *Journal of Geology*, **77**, 397-414.
- SYLOA, 2019.** Préserver et restaurer les têtes de bassin versant du territoire du SAGE Estuaire de la Loire. Note explicative de la démarche d'inventaire, de caractérisation et de hiérarchisation des têtes de bassin versant réalisée dans le cadre de la révision du SAGE. 26 pages. Disponible sur : <https://www.sage-estuaire-loire.org/sage/sage-estuaire-de-la-loire/revision-du-sage/documents-valides/> (dans « note de synthèse thématique »).
- TIXIER G., DANGER M., FELTEN V., MAUNOURY-DANGER F., DEVIN S. & GUEROLD F., 2012.** Enjeux des têtes de bassins versants pour la préservation et la restauration du bon état des masses d'eau. Rapport d'étape, ONEMA / LIEC-Université de Lorraine, 28 pages.
- THERIN, E., VAROQUIER, S. & JACOB, F. 2015.** Évaluation des atteintes aux têtes de bassin versant Caractérisation & hiérarchisation. Rapport du Syndicat Mixte Environnemental Goëlo Argoat. 154 pages.

ANNEXE 1 : Synthèse des méthodes de cartographie des têtes de bassin versant

Rapport (auteur, date)	MNT (précision)	Logiciels	Formalisation de la méthode (oui/non)
CHOUCARD P., 2011 (Syndicat Mixte du Sage Couesnon)	BD Alti 50 m	Arcmap et ArcCatalog (ArcGIS) Rivex : http://www.rivex.co.uk/ : environ 50 euros ; a priori plus disponible en 2017 Hawth's tool : http://www.spatial ecology.com/htools/tool desc.php : gratuit QGIS et l'outil WPS « pts2watershed » de l'agrocampus : http://www.qgis.org/ : gratuit	Voir note méthodologie SIG pour la délimitation des têtes de bassin versant - version de Mars 2012
HENNER R., 2013 (IIBS : SAGE Huisne, Sarthe amont, Sarthe aval)	BD Alti 25m	ArcGIS et Spatial analyst	1. Création d'un réseau hydrographique théorique 2. Mise en place de l'ordination de Stralher 3. Calcul des pentes 4. Délimitation des têtes de bassin versant.
SALPIN B., 2015 pour SYLOA (SAGE estuaire de la Loire)	RGE Alti 5 m (source : IGN)	QGIS, et Grass GIS version 2.15 (Valmiera)	Oui. Procédure disponible sur demande au SYLOA
CORRE L., 2015 (Jaudy Guindy Bizien)	BD alti 25 m	Arc GIS 8.3 extensions spatial analyste, 3 D analyste, arc hydro tools	Non. Méthode réalisée en 2010
THERIN E., VAROQUIER S., JACOB F., 2015 (SMEGA)	RGE Alti 5 m (source : IGN)	QGIS 2.8.1 Grass 7.0 PostGis	Non
CIROU J., 2017 & GUEGNIARD L., 2018 (pour SAGE Vilaine)	RGE Alti 5 m (source : IGN)	Logiciel : ArcMap® 10.3.1 (licence standard). Modules : Spatial Analyst, 3D Analyst, ETGeoWizard et Arc Hydro Tools (sous ArcGis), module Strahler (sous QGIS 2.14.12) -> Arc Hydro Tools : important pour la délimitation (outils de modélisation : génération de bassins versants et de réseaux, calcul d'attributs hydrogéométriques, ...).	Oui (procédure disponible sur demande à l'EPTB, en cours)
AUGIER A., 2018 (FMA-CD 29) CAMAB	50 m avec le WPS d'Agrocampus Ouest	QGIS version Essen 2.14	Non
	5 m avec correction du MNT sous GRASS GIS	QGIS et GRASS GIS version Essen 2.14	Prévue en 2018
CAMAB, 2019a	RGE Alti 5 m (source : IGN)	QGIS 2.18, GRASS GIS 7.4.1, OpenJUMP 1.12 rev.5704 PLUS	Oui http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/CAMAB_methode_identification_TBv.pdf
RIVAL M. 2018 (SMLS, 56)	RGE Alti 5 m (source : IGN)	QGIS et GRASS GIS version Essen 2.14	(Méthode de SALPIN B. pour le SYLOA)
COUDARD A., 2018 (EPTB Sèvre Nantaise)	RGE Alti 5 m (source : IGN)	Logiciels (solutions open-source) : Script SQL / PLPGSQL PostGRE/PostGIS GRASS Interface graphique (lancement des calculs, logs) : PHP	Oui. Rapport de stage téléchargeable sur https://www.sevre-nantaise.com/tetes-by Mutualisation des développements, passage en open-source des moulinettes de calcul et de l'interface graphique

ANNEXE 2 : Analyse des méthodes de cartographie des têtes de bassin versant

Rapport (auteur, date)	Avantages	Limites	Observations
CHOUCARD P., 2011 (Syndicat Mixte du Sage Couesnon)		En 2017, QGIS permet de réaliser l'ensemble de ces géotraitements	Attention : le SAGE Couesnon a retenu le critère pente (étude de 2011)
HENNER R., 2013 (IIBS : SAGE Huisne, Sarthe amont, Sarthe aval)	A une petite échelle, le recours au MNT permet de s'affranchir du manque d'inventaire précis de cours d'eau	Le MNT ne peut délimiter le réseau hydrographique de manière précise. Il ne prend en compte les prédispositions hydrogéologiques et les modifications anthropiques. Un travail de redécoupage des TBV est nécessaire pour se rapprocher de la réalité (comparaison avec BD topo ou BD Carthage).	Délimitation en prenant en compte les cours d'eau de rang de Stralher 1 et 2 et pente supérieure à 1%
CORRE L., 2015 (Jaudy Guindy Bizien)	Délimitation fine des sous bassins versants jusqu'aux ordres 1. Outil performant.	Méthode qui dépend des données initiales : plus de précision si inventaire cours d'eau à jour et de « bonne qualité de numérisation » et d'un MNT plus précis. Logiciel et extensions payantes. Nécessité d'avoir de bonnes compétences en SIG.	Ancienne version de ArcGIs, sûrement que des logiciels plus récents seraient plus puissants.
THERIN E., VAROQUIER S., JACOB F., 2015 (SMEGA)	- Disponibilité des outils - Reproductibilité de la méthode	Méthodologie nécessitant une maîtrise des outils informatiques (GRASS et PostGis) Résultats variables en fonction de la précision du recensement des réseaux de cours d'eau (renvoi à la définition et à l'identification des cours d'eau) = nécessite une donnée homogène si délimitation réalisée sur un grand périmètre	- homogénéité des données de recensement des cours d'eau nécessaire sur le territoire retenu, plus le référentiel sera précis, plus les têtes de bassin seront nombreuses et petites
SALPIN B. 2015 pour SYLOA (SAGE estuaire de la Loire)	Logiciels libres pas de nécessité d'acquérir de logiciel dédié	1- Nécessite de disposer d'un référentiel hydrographique très précis et propre (topologie) pour que les traitements fonctionnent. 2- Du fait de la taille du territoire du SAGE (3500Km ²) nous avons dû délimiter les TBV en 2 fois car sinon le SIG ne pouvait pas réaliser le traitement (données trop volumineuses) 3- Cas particulier des petits cours d'eau côtiers et zones de marais qui a nécessité un nettoyage à posteriori des TBV délimitées. 4- Inventaire des TBV dépend de la qualité des inventaires cours d'eau (hétérogène selon les territoires)	- Critère de pente non retenu Réseau hydrographique utilisé : inventaires des cours d'eau validés par la CLE et repris par les DDT(M) pour les inventaires cours d'eau « police de l'eau »
CIROU J., 2017 (pour SAGE Vilaine)	Rapidité notamment grâce à l'automatisation d'une partie du processus, à l'aide des constructeurs de modèle ArcGis Reproductible sur un grand territoire	1- Du fait du seuil d'accumulation choisi (limité à la délimitation de zones de 10 ha min), quelques TBV n'ont pas pu être délimitées (pas de réseau de point bas associé). 2- Quelques TBV n'ont pas pu être délimitées par absence de cours d'eau identifié dans l'inventaire (alors qu'un réseau de point bas existait). Dans certains cas, cela peut correspondre à des cours d'eau enterrés ou non recensés 3- Méthode essentiellement basée sur les données d'altitude du MNT (de précision discutable) : il s'agit donc d'une délimitation de bassins topographiques et non hydrologiques.	- Critère de pente non retenu - Réseau hydrographique utilisé : inventaires des cours d'eau validés par la CLE
AUGIER A., 2018 (FMA-CD 29) CAMAB	Outil plus accessible en termes de technicité SIG car il n'y a pas besoin d'utiliser les outils de GRASS GIS	Outil basé sur un MNT de 50 m (moins précis que le 5 m). Nécessité de déplacer manuellement des exutoires pour délimiter certaines TBV. Malgré le déplacement des exutoires plus en amont sur le cours d'eau de TBV, parfois de par	Critère de pente non retenu. Référentiel hydrographique utilisé : Inventaire départemental des cours d'eau du Finistère (validé par arrêté préfectoral)

		leurs positions, il n'est pas toujours possible de délimiter certaines TBV. Aussi, certaines TBV contiguës sont mal subdivisées	
	MNT de 5 m est plus précis. Délimitation de toutes les TBV et pas de TBV contiguës mal subdivisées.	Moins accessible en termes de technicité SIG (outils GRASS GIS). L'étape de fusion des bassins versants unitaires (sous-bassins) pour délimiter les TBV peut apparaître fastidieuse. Parfois, il y a des anomalies d'écoulement qui apparaissent sur le réseau hydrographique théorique mais il existe une technique pour les corriger. Ces anomalies sont dues à la présence d'un obstacle (pont, route) qui a été mal intégré au MNT.	
CAMAB, 2019a	Automatisation de certaines étapes fastidieuses comme celle de la fusion des bassins versants unitaires et de correction des sens vectoriels d'écoulement	Approximation du tracé sur certaines TBV, pouvant être liée aux limites d'utilisation du MNT (réseaux de transport, zone littorale, ...) ou une boucle dans le réseau hydrographique (biefs, ...) ou à l'aménagement du cours d'eau (des pistes d'optimisation sont envisageables pour améliorer cette limite) + mêmes observations que les retours d'expérience précédents	Critère de pente non retenu. Référentiel hydrographique utilisé : Inventaire départemental des cours d'eau du Finistère (validé par arrêté préfectoral)
RIVAL M., 2018	Idem SALPIN B. 2015 pour SYLOA		
COUDART A., 2018 (EPTB Sèvre Nantaise)	Technologies gratuites et open-source (Postgis - Grass - GDAL). Automatisation des traitements (pas de correction « à la main » des couches géographiques) Gain de temps important Liste des traitements automatisés : - Correction des cours d'eau (sens d'écoulement, tronçons isolés, tracés parallèles, anastomoses), - Strahlerisation des cours d'eau - Délimitation têtes de BV - Génération d'indicateurs de caractérisation	Compétences en informatique nécessaires pour l'installation et le paramétrage des outils. Les outils ont été conçus et testés sur un environnement Linux/Debian.	Mutualisation des outils mise en œuvre depuis 2019 (hébergements, traitements automatiques, base de données) Principe : convention EPTB – structure de BV Intérêts : - Economie des étapes d'installation/configuration - Gain de temps (en moyenne 5 semaines pour délimiter, caractériser et hiérarchiser les têtes de bassin avec appui chargé d'étude missionné par la structure de BV) Action réalisée ou en cours sur : Syndicat du Bassin versant de Grand-Lieu, Syndicat Layon-Aubance- Louets, Syndicat Èvre Thou-St Denis-Robinets-Haie d'Allot, Syndicat mixte de la Vallée du Thouet / Sage Thouet, Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (IIBSN). Informations complémentaires sur la lettre du forum des marais : http://www.forum-zones-humides.org/iso_album/lettre-forum-40-janvier2020.pdf