



L'ESPACE HUMIDE DE RÉFÉRENCE : UN NOUVEAU RÉFÉRENTIEL EN APPUI À LA GESTION DES ZONES HUMIDES

Concept, méthode, résultats et utilisation

REMERCIEMENTS

L'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse remercie vivement les personnes qui ont contribué par leurs échanges à l'élaboration de ce document et les relecteurs pour leurs remarques constructives.

SUIVI DU PROJET :

François CHAMBAUD, Stéphane STROFFEK

REDACTION :

François CHAMBAUD, Pierre BOUSCARY.

CONTRIBUTEURS :

Suzanne CATTEAU, doctorante Cifre (Université Bordeaux Montaigne, UMR Passages 5319, ANRT, Tour du Valat, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse) pour son accompagnement des réflexions scientifiques et méthodologiques lors de la réalisation de plans de gestion stratégique des zones humides de plusieurs territoires (bassins-versants : l'Or, Lez-Mosson-Etangs Palavasiens, Tech, Asse, Verdon, Argens, Calavon ; bassin de Corse).

Guillaume GAYET (OFB – CNRS - MNHN) pour ses échanges lors de la construction de l'espace humide de référence dont la démarche contribue aux travaux nationaux de cartographie des milieux humides engagés par le Ministère de la transition écologique.

Groupe de travail des référents zones humides de l'agence de l'eau RMC : Achille ANDRE, Cécile ZYS, Nadine BOSC-BOSSUT, Sylvie ORSONNEAU, Lionel PERRIN, Martin PIGNON.

RELECTURE :

Jean-Louis SIMONNOT (Expert eau et biodiversité sénior) ;

Bernard CHASTAN, Yves SOUCHON (Membres du Conseil scientifique du Comité de bassin) ;

Delphine DANANCHER (Responsable scientifique du CEN Rhône-Alpes) ;

Yvan FALATAS (Coordination police, appui technique et juridique OFB AURA) ;

Diane SANTENS (Chargée de mission politique territoriale de l'eau DREAL de bassin) ;

Florence JAVION, Achille ANDRE, Stéphane STROFFEK (Agence de l'eau RMC).

VALIDATION :

Kristell ASTIER-COHU (Directrice du département de la connaissance et la planification de l'Agence de l'eau RMC) ;

Laurent ROY (Directeur général de l'Agence de l'eau RMC).

CITATION DU DOCUMENT :

CHAMBAUD F., BOUSCARY P. 2022. L'espace humide de référence : un nouveau référentiel en appui à la gestion des zones humides. Concept, méthode, résultats, utilisation. Collection Eau & Connaissance. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 63p + annexes.

PREAMBULE

Dans leur rapport parlementaire « Terres d'eau, terres d'avenir » remis en janvier 2019, la députée Frédérique TUFFNELL et le sénateur Jérôme BIGNON présentent les zones humides comme des territoires pionniers de la transition écologique. Dans son préambule, le rapport rappelle que les zones humides sont vitales pour la survie de l'humanité, que leur non-prise en compte dans l'aménagement du territoire conduit à nous priver des services qu'elles offrent dans la régulation des inondations, le stockage de l'eau, le transfert des sédiments et la qualité de l'eau, pour la diversification de l'agriculture, le passage à l'agro-écologie, la création d'emplois, le soutien à l'économie locale et de l'atout qu'elles constituent pour faire face à l'urgence climatique.

Les politiques publiques des bassins Rhône-Méditerranée et de Corse, avec les Schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux de ces deux bassins, préconisent désormais d'aborder les zones humides dans le cadre de plans de gestion stratégiques qui prennent en considération leurs fonctions, les pressions auxquelles elles sont soumises et les bénéfices qu'elles apportent à la société. Dans les territoires, les zones humides constituent effectivement des leviers pour la transition écologique.

Dans le bassin Rhône-Méditerranée et ses sous-bassins, il est donc apparu important de cartographier un espace humide de référence continu, au sein duquel se trouvent les zones humides mais également plus largement les espaces essentiels à la réalisation des fonctions de ces zones humides (hydrologiques, biogéochimiques, biologiques). Cet espace de connaissance est en effet utile dans la concertation locale pour identifier au sein d'un territoire et en particulier d'un bassin versant, les enjeux et les périmètres pertinents des plans de gestion stratégiques des zones humides auxquels sont associés les objectifs de gestion (préservation, restauration, réduction des pressions).

Ce guide technique décrit la méthode qui a été utilisée pour construire l'espace humide de référence (EHR) du bassin Rhône-Méditerranée et précise l'accès aux données et aux couches d'informations correspondantes.

Cette démarche novatrice s'appuie sur une modélisation de la structure physique des territoires, dont les spécificités des matériaux géologiques et des formes du relief sont déterminantes pour la présence de zones humides. La méthode, formalisée et transposable, repose sur l'exploitation géomatique de couches d'informations géographiques homogènes dans le bassin.

Ce nouveau référentiel du bassin constitue une aide pour évaluer les conséquences des activités humaines sur la circulation et le stockage de l'eau. Ces activités modifient en effet les fonctions des zones humides et peuvent altérer leur fonctionnement et les services rendus à la société. Cet outil produit des éléments géographiques essentiels pour accompagner les politiques d'aménagement du territoire (urbanisation, infrastructures d'équipement, gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations ...), pour éviter la dégradation des zones humides ou pour mettre en œuvre des mesures compensatoires lorsque les impacts d'un projet d'aménagement sur une zone humide ne peuvent pas être évités ou suffisamment réduits. L'espace humide de référence offre un support d'analyse et de partage des connaissances pour mieux prendre en compte les dimensions spatiale et fonctionnelle lors de la construction des stratégies en faveur des zones humides.

Cet outil est destiné aux techniciens des structures locales en charge de la politique de l'eau, aux agences d'urbanisme, aux gestionnaires des zones humides et aux services et établissements publics de l'Etat. Je vous invite à vous en emparer.

Le directeur général de l'agence de l'eau
Rhône Méditerranée Corse

Laurent Roy

SOMMAIRE

CHAPITRE 1. CONSTRUCTION DU REFERENTIEL DE BASSIN : L'ESPACE HUMIDE DE REFERENCE (EHR)	1
1. LES ELEMENTS DE CONTEXTE	3
1.1 Le Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux	3
1.2 La doctrine du bassin	3
1.3 Les outils produits pour accompagner le SDAGE	4
1.4 Les questions récurrentes sur l'espace humide de référence	5
2. LE REFERENTIEL EHR : PRINCIPES DE CONSTRUCTION UTILISES	9
2.1 Les rappels.....	9
2.2 La définition de l'espace humide de référence	11
2.3 les écorégions dans le bassin Rhône-Méditerranée.....	13
2.4 Les principes de construction de l'espace humide de référence du bassin	15
2.5 Les données utilisées pour le système d'information géographique	16
2.6 Les formes du relief.....	18
2.7 Les substrats géologiques	23
2.8 La vérification de la cohérence de l'EHR	27
3. LE REFERENTIEL EHR : RESULTATS ET PERSPECTIVES D'UTILISATION	27

CHAPITRE 2. EXEMPLES D'UTILISATION : L'ANALYSE DES PRESSIONS ET LA QUALIFICATION DES FONCTIONS.....	35
1. L'ANALYSE DES PRESSIONS DE L'ARTIFICIALISATION	37
1.1 Les bases de données de l'IGN	37
1.2 Les précautions d'utilisation	37
1.3. La méthode d'analyse	37
2. L'ANALYSE DES PRESSIONS AGRICOLES	39
2.1. Le registre parcellaire graphique	39
2.2 Les précautions d'utilisation	39
2.3 La méthode d'analyse	39
3. RESULTAT DANS LE BASSIN ET LES SOUS-BASSINS	40
3.1. Le Bassin Rhône-Méditerranée	41
3.2 Illustration dans quelques sous-bassins	41
3.3 La mise à disposition des données	45
4. La qualification des fonctions.....	46
4.1. Principe de la démarche	46
4.2 Application au bassin versant du Lez-Mosson-Etangs palavasiens	47
CONCLUSION.....	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES.....	
ANNEXES	

CHAPITRE 1.
CONSTRUCTION DU REFERENTIEL DE BASSIN :
L'ESPACE HUMIDE DE REFERENCE (EHR).

1. LES ELEMENTS DE CONTEXTE

1.1 LE SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX

La disposition 6B-01 du SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée invite à « mettre en œuvre des plans de gestion stratégique des zones humides dans les territoires pertinents » pour ensuite développer des actions opérationnelles ciblées pour préserver et restaurer les fonctions des zones humides.

Le plan de gestion stratégique des zones humides (PGSZH)¹ est un outil de planification qui contribue à la gestion qualitative et quantitative des eaux de surface et souterraine, à la gestion des inondations et, plus globalement, au bon fonctionnement de l'ensemble du cycle hydrologique des hydrosystèmes. Il incite les acteurs des territoires à penser globalement les zones humides pour agir et les « panser » localement. Le PGSZH s'applique à l'échelle d'un territoire pertinent au plan hydrographique, d'un bassin versant, ou à défaut d'une intercommunalité, cohérente avec l'échelle des politiques d'aménagement et d'urbanisme. Il caractérise les fonctions des zones humides sur le territoire (expansion des crues, préservation de la qualité des eaux, production de biodiversité) et les pressions auxquelles elles sont soumises (urbanisation, artificialisation) afin de définir les objectifs et mesures de préservation et de restauration nécessaires. Il planifie ainsi la politique de gestion des zones humides pour l'ensemble de son périmètre, politique dont la mise en œuvre s'appuie ensuite tant sur les outils contractuels que réglementaires.

Parmi les actions à mener en faveur des zones humides sur l'ensemble de son périmètre, les PGSZH identifient celles qui peuvent être réalisées au titre des mesures compensatoires dans le cadre de la mise en œuvre de la séquence « **éviter-réduire-compenser** », après analyse des solutions d'évitement et de réduction et des impacts résiduels d'un projet situé à l'intérieur ou en dehors de son périmètre.

1.2 LA DOCTRINE DU BASSIN

« La question des zones humides doit être intégrée et appropriée par les acteurs de l'aménagement du territoire pour espérer inverser la tendance à la consommation de zones humides observée depuis plus de 30 ans ». Tel est formulé en 2011 le constat du Préfet coordonnateur du bassin Rhône-Méditerranée. La doctrine de bassin du 23 avril 2012 mentionne que les inventaires de zones humides, bien que non exhaustifs, constituent une connaissance suffisante pour l'action et qu'il est urgent d'agir. La feuille de route issue de cette doctrine, toujours pleinement d'actualité, consiste à :

- définir des stratégies de gestion des zones humides à une échelle pertinente en s'appuyant sur une gouvernance reconnue (CLE des SAGE, comités de rivières, EPTB, structures porteuses de SCoT, départements ...)
- associer l'ensemble des acteurs et parties prenantes (élus, usagers socio-économiques, associations, collectivités, aménageurs ...) pour organiser la réflexion et planifier l'action dans la concertation ;
- caractériser l'état des fonctions (hydrologiques, biogéochimiques et biologiques)² des zones humides en raison des services qu'elles rendent à la collectivité ;
- recenser les pressions actuelles et en devenir qui portent atteinte au fonctionnement des zones humides ;
- définir les secteurs à enjeu (qualité des eaux, expansion des crues, séquestration du carbone, biodiversité ...) avec des objectifs de non-dégradation, de réduction de pression et de restauration ;
- disposer d'une vision géographique élargie pour une localisation judicieuse des mesures compensatoires et des stratégies foncières.

¹ https://rhone-mediterranee.eaufrance.fr/sites/sierm/files/content/migrate_documents/20130901_NOT-pgszh-Vdef.pdf

² RAPIN A., FONTANEL F., CHAMBAUD F. 2021. Fonctions hydrologiques, biogéochimiques et biologiques des zones humides. Eléments de connaissance. Collection "eau & connaissance". Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 198 p + annexes. https://www.eaurmc.fr/jcms/pro_102186/fr/les-fonctions-hydrologiques-biogeochimiques-et-biologiques-des-zones-humides.

1.3 LES OUTILS PRODUITS POUR ACCOMPAGNER LE SDAGE

La note du secrétariat technique du SDAGE de 2013 sur l'élaboration des plans de gestion stratégique des zones humides (PGSZH) propose des éléments de méthode pour mettre en œuvre la doctrine du bassin.

Elle préconise de s'appuyer non seulement sur les inventaires départementaux, mais aussi sur les caractéristiques physiques du territoire³. Elle recommande pour cela de mobiliser les outils disponibles dans le bassin dont le guide pour la reconnaissance des zones humides et ses écorégions⁴ et la boîte à outils des indicateurs Rhoméo pour évaluer l'état des fonctions et les pressions.

Les caractéristiques écologiques des écorégions du bassin Rhône-Méditerranée attestent que la présence de zones humides se fonde sur la géologie et les propriétés des roches, les pentes et les formes du relief. Ces éléments sont déterminants pour la circulation de l'eau et sa rétention permanente ou temporaire dans les sols.

Les inventaires constituent pour le bassin une connaissance riche et indispensable, mais insuffisante pour définir une stratégie de gestion fondée sur une évaluation robuste des fonctions des zones humides dans un territoire donné.

Ce constat a motivé l'agence de l'eau pour construire une couche d'information géographique, nommée « espace humide de référence » (EHR), qui se réfère aux modèles fonctionnels des écorégions et qui mobilise des bases de données homogènes dans le bassin (Bouscary 2020, Catteau 2017).

Le présent document, illustré de figures et d'exemples, décrit la méthode qui a été employée pour construire l'espace humide de référence (EHR). Il explique comment, à partir d'un SIG, l'EHR de chacune des écorégions a été localisé, quelles données numériques et géographiques ont été mobilisées, comment les modèles ont été paramétrés et comment les zones humides inventoriées ont été utilisées pour contrôler et valider sa pertinence.

Ce référentiel du bassin est mis à disposition des porteurs de projet et des bureaux d'études pour l'élaboration des plans de gestion stratégique des zones humides et à toutes autres fins utiles. Il apporte un cadre spatial pertinent pour :

- qualifier les fonctions (hydrologiques, biogéochimiques et biologiques) soutenues par l'espace humide de référence et les zones humides ;
- qualifier les pressions (urbanisation et artificialisation, pratiques agricoles intensives) susceptibles de porter atteinte au fonctionnement des zones humides du territoire dans le temps et l'espace ;
- comprendre les dynamiques des territoires pour identifier lors de la concertation les secteurs à enjeux en raison des services écosystémiques rendus à la société par les zones humides ;
- définir les objectifs de préservation, de réduction de pression et de restauration des zones humides pour mettre en œuvre des actions concertées utiles à l'atteinte ou au maintien de leur bon état écologique.

³ Territoire : portion de l'espace terrestre dépendant d'un État, d'une ville, d'une juridiction ; espace considéré comme un ensemble formant une unité cohérente, physique, administrative et humaine (dictionnaire Larousse). Le terme de territoire est polysémique, il est utilisé ici dans le sens physique.

⁴ <https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/ZH/20120601-RAP-GuideReconnaissanceZh-Vol1-MethodeEtCles.pdf>
<https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/ZH/20120601-RAP-GuideReconnaissanceZh-Vol2-DossierEcoRegions.pdf>

1.4 LES QUESTIONS RECURRENTES SUR L'ESPACE HUMIDE DE REFERENCE

Les présentations successives de l'espace humide de référence (EHR) au cours de son élaboration ont fait surgir un certain nombre de questions. Les réponses apportées permettent, avant même d'entrer dans une présentation complète de ce qu'est cet EHR, de comprendre de manière générale sur quels principes il a été élaboré, comment il se situe vis-à-vis des inventaires de zones humides et par rapport à d'autres outils déjà disponibles, et pourquoi le considérer en tant qu'élément d'appui à la gestion. Aussi, il est apparu utile de présenter ces questions et les réponses apportées dès le début du présent document, pour faciliter la compréhension plus détaillée des éléments exposés ensuite.

- **Qu'est-ce que l'espace humide de référence ?**

Dans une démarche globale, l'EHR apporte une connaissance nouvelle pour comprendre la place et le rôle des zones humides dans un territoire. Dans cet espace, il existe des interrelations entre les activités humaines et les circulations de l'eau.

Lors de la construction du référentiel et de la formalisation de l'espace humide de référence, les activités humaines (artificialisation, urbanisation, usages du sol) qui peuvent porter atteinte au fonctionnement des zones humides dans le temps et l'espace n'ont volontairement pas été prises en compte. Seules les caractéristiques physiques l'ont été.

- **Quelle est la plus-value de l'espace humide de référence ?**

Ce référentiel donne à voir l'espace occupé par les milieux humides. Il a été établi à partir de critères physiques naturels relativement stables dans le temps. Au sein de cet EHR, les gestionnaires peuvent analyser les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et biologiques ainsi que les impacts des pressions qui résultent des activités humaines sur la circulation et le stockage de l'eau par exemple. Les pressions interagissent plus ou moins fortement sur les fonctions des zones humides, notamment leur alimentation en eau. Certaines d'entre elles (urbanisation, infrastructures d'équipement) obèrent durablement le fonctionnement de l'EHR, du fait de la rupture de la continuité amont-aval ou de l'imperméabilisation des sols. La visualisation de cet espace alerte les acteurs sur la vulnérabilité de leur territoire.

Aussi, l'espace humide de référence trouve des applications dans :

- l'élaboration des plans de gestion stratégique pour accompagner la concertation des acteurs, définir les objectifs et planifier les actions de préservation, de réduction de pression et de restauration des zones humides ;
- la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations⁵ lors de la définition des espaces de bon fonctionnement des cours d'eau ou des zones d'expansion de crue dans les bassins versants ;

⁵ CEREMA. 2017. Guide de recommandations pour la prise en compte des fonctionnalités des milieux humides dans une approche intégrée de la prévention des inondations. Ministère de la transition écologique et solidaire, 189 p.

Extraits : « Les milieux humides n'auront pas les mêmes propriétés et fonctions selon leur localisation dans le bassin versant. Il est donc essentiel de situer les différents types de milieux humides dans le bassin versant pour évaluer les enjeux de leur préservation, ou d'autres types d'actions, dans une perspective de prévention des inondations[...] » « La localisation doit donc être analysée longitudinalement, de l'amont vers l'aval du bassin versant, en intégrant les interactions verticales entre le milieu, la nappe d'accompagnement et le cours d'eau [...]. La localisation du milieu humide doit donc être effectuée dans un cadre spatial tridimensionnel, en tenant compte des connexions hydrogéologiques avec les eaux souterraines douces ou salées. [...] La localisation du milieu humide doit s'inscrire dans un cadre temporel [...]. Il s'agit d'identifier les périodes d'interconnexions entre les milieux situés dans la plaine d'inondation [...]. La position transversale doit aussi renseigner la distance entre le milieu et l'axe des écoulements, en tenant compte de la mobilité, dans le temps, du cours d'eau ou du trait de côte. ». [...] Compte-tenu de l'emboîtement des échelles d'espace et de temps qui caractérisent le fonctionnement des hydrosystèmes, qu'ils soient fluviaux ou littoraux, il est indispensable de situer le milieu humide dans toutes les dimensions d'espace et de temps, à l'échelle du bassin

- l'élaboration de stratégies d'acquisitions foncières dans l'EHR, dont la superficie est plus importante que celle des périmètres des inventaires de zones humides, ce qui facilite les possibilités d'échanges en vue de leur gestion ou de renforcer la pertinence de la localisation de mesures compensatoires ;
- la planification de l'aménagement du territoire et de son urbanisation en appui aux analyses de la perte d'espace fonctionnel et de ses conséquences pour l'hydrosystème (augmentation de la susceptibilité au ruissellement, diminution des surfaces de transfert et d'infiltration ...).

En effet, la visualisation des pressions d'artificialisation dans l'EHR et leurs proportions renseignent sur les superficies perdues et les perturbations liées aux activités humaines. La comparaison de l'évolution de l'artificialisation dans et en dehors de l'EHR conduit à s'interroger sur les choix d'aménagement et leurs effets sur le fonctionnement des bassins versants, en particulier dans l'EHR où sont présents les milieux aquatiques et humides (Desfosse, 2021). Elle donne du sens à la politique visant la désimpermeabilisation des sols pour favoriser l'infiltration des eaux.

- **Quelles sont les données et la méthode utilisées pour définir l'EHR ?**

La méthode a utilisé des couches d'information géographique homogènes pour le bassin Rhône-Méditerranée (BD CHARM® 50, BD ALTI). La localisation de l'EHR s'est appuyée sur les facteurs physiques à l'origine de la présence de zones humides (propriétés physiques des substrats géologiques, pentes et formes du relief). Le travail a appliqué des protocoles géomatiques standardisés. L'échelle de construction a employé un raster (pixel) de 25 m de résolution. Son échelle d'utilisation est celle du 1/25 000, conformément à la note technique du SDAGE de 2013 relative aux PGSZH.

La méthode de modélisation qui a été développée pour construire ce référentiel comporte des incertitudes dont les limites sont maîtrisées, en contrôlant celles qui sont inhérentes aux données d'entrée (géologie, résolution du MNT, dates, méthodes et qualité des inventaires de zones humides, géométrie de l'information) et celles liées aux choix de paramétrage des outils géomatiques (pentes, lithologies).

Dans ce travail, les inventaires départementaux de zones humides ont été mobilisés comme des variables de contrôle pour chacune des écorégions. Ainsi, il a été vérifié qu'au moins 90 % des zones humides identifiées par les inventaires départementaux du bassin sont bien inclus dans le référentiel qui a été obtenu.

- **Quel est l'intérêt d'utiliser l'espace humide de référence par rapport aux inventaires de zones humides ?**

La méthode qui a permis la construction de l'EHR est cohérente avec les critères d'identification des zones humides définis dans l'arrêté ministériel du 24 juin 2008 modifié⁶.

Les inventaires départementaux de zones humides sont toutefois discontinus et non exhaustifs. Dans le bassin, ils représentent le plus souvent les zones humides remarquables par leur fonctionnement et leur biodiversité (végétation et habitats caractéristiques). En outre, les inventaires antérieurs à l'arrêté de 2008 se fondent généralement sur le seul critère de la végétation. Ainsi les zones humides « ordinaires » aux fonctions dégradées ne sont pas répertoriées, alors que leurs sols montrent une hydromorphie plus ou moins intense. Bien qu'importante, cette connaissance fournie par les inventaires n'est pas suffisante

versant et sur plusieurs années hydrologiques (analyses diachronique de photographies aériennes) afin de déterminer le rôle ou le fonctionnement des milieux humides vis-à-vis des inondations.»

⁶ Arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/jorf/text/000019151510/>.

pour analyser la continuité des processus écologiques, les fonctions⁷ (hydrologiques, biogéochimiques et biologiques) et le fonctionnement des zones humides dans leur contexte géographique.

L'EHR apporte des éléments d'analyse et de compréhension de la continuité et du fonctionnement hydrologique. Il est pertinent pour caractériser les effets de l'occupation du sol (urbanisation, artificialisation, pratiques agricoles intensives ...), qualifier les fonctions (hydrologiques, biogéochimiques, biologiques) et les services rendus par les milieux humides (bénéfices, pertes). Il permet de fournir des arguments de vigilance quant aux modifications du territoire (analyses diachroniques des dynamiques d'évolution de l'urbanisation et des pratiques agricoles⁸, modification de l'usage de l'occupation du sol : production de ruissellement, transfert et accumulation⁹) qui génèrent des modifications durables, voire irréversibles, du fonctionnement de l'hydrosystème.

Ce référentiel de bassin rend compte des continuités spatiales qui sont essentielles pour analyser les flux de circulation de l'eau. Il permet d'apprécier les solidarités latérales et amont-aval pour définir les objectifs de gestion, préalable nécessaire à la mise en œuvre d'actions concertées et ciblées. Les résultats obtenus offrent une interface appropriée pour discuter, avec les acteurs du territoire, des bénéfices de la préservation, de la restauration et de la gestion des zones humides (ressource en eau, prévention des inondations, séquestration du Carbone, production de biodiversité ...).

Tableau 1 : éléments de comparaison entre les caractéristiques des inventaires de zones humides et celles de l'espace humide de référence

	Inventaires	Espace humide de référence (AE RMC)
Question traitée	Où sont les zones humides ? Localiser les zones humides à un temps T	Localisation des biotopes humides (structure et fonctionnement) sans prise en compte des pressions humaines et de leur impact sur les zones humides
Références	L.211-1 du code de l'environnement AM du 24 juin 2008 modifié pour partie	Critères géologiques et morphologiques déterminants pour les sols hydromorphes relativement à la définition des zones humides (L211-1 du code de l'environnement)
Territoire	Départements, régions	Ecorégions du bassin Rhône-Méditerranée
Type de réalisation	Prestation à la demande de collectivités ou d'établissements publics	Projet de recherche, de développement et de connaissance de l'Agence de l'eau RMC
Critères prépondérants	Flore et habitats hygrophiles préférés à la pédologie et l'hydromorphie du sol	Substrats géologiques, modelés topographiques, sols
Données d'entrée principales	Pré inventaire, photo-interprétation, zones humides potentielles, flore, habitat, pédologie.	Base de données : <ul style="list-style-type: none"> • Ecorégions • Modèle numérique de terrain IGN à 25 m • BD CHARM 50 Harmonisée du BRGM • Inventaires départementaux
Données dérivées des données d'entrées		Formes du relief Raster d'accumulation de flux Seuils de pentes favorables à la rétention d'eau Substrats favorables à la rétention d'eau
Échelles de travail courantes	Parcellaire et cadastrale	Sous-bassin versant et écorégion au 1/25 000
Validation	Portés à connaissance de l'Etat	Agence de l'eau RMC
Statut prépondérant	Connaissance et réglementation	Connaissance, stratégie d'action territorialisée

⁷ <https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/selection-du-reseau-des/article/les-fonctions-hydrologiques>

⁸ http://rhomeo-bao.fr/?q=indicateurs_12, http://rhomeo-bao.fr/?q=indicateurs_13

⁹ Desfosse G. 2021 Analyse diachronique de l'évolution de l'occupation du sol dans le bassin versant de la Brague. Expérimentation d'une méthode de qualification de la production du ruissellement. Master 3 G GEORIS. Université de Reims Champagne-Ardenne. 65p.

- **Quelle est la différence avec l'espace de bon fonctionnement (EBF)¹⁰ ?**

L'EBF des cours d'eau et l'EBF des zones humides, définis dans le SDAGE, sont des objets concertés (délimitation comprise entre le besoin nécessaire et le besoin optimal au bon fonctionnement des composantes de l'hydrosystème¹¹). L'EBF peut tenir compte d'un niveau d'anthropisation sur lequel les instances du territoire ne souhaitent pas revenir, compte tenu des enjeux identifiés. Ce niveau d'anthropisation est un des éléments important de la concertation.

L'EHR traduit les caractéristiques physiques propres au territoire. Sa localisation est le résultat de la modélisation (substrats géologiques, seuils de pentes, formes du relief) et de grandeurs (modèle numérique de terrain).

Pour les cours d'eau, l'EBF est contenu pour tout ou partie dans l'EHR. L'EHR constitue un référentiel technique, utile à la définition ultérieure de périmètres de gestion, mais ce n'est pas un périmètre de gestion, contrairement à l'EBF.

Pour les zones humides, en dehors des plaines inondables, l'EHR est plus réduit que leurs EBF. En effet, il n'intègre pas la totalité de la zone d'alimentation en eau mais seulement l'aire qui retient l'eau en excès temporaire ou permanent dans les sols (microtopographie, nature des substrats géologiques, pentes).

- **Que signifie être dans l'espace humide de référence ?**

L'EHR ne constitue en aucun cas un nouveau zonage et n'a aucune portée réglementaire. Ce référentiel de bassin traduit l'espace continu qui est essentiel à la circulation et au stockage naturel de l'eau dans les milieux superficiels. Cette représentation nouvelle conduit à se questionner sur les usages et leurs compatibilités avec le fonctionnement de l'hydrosystème. Cette information géographique accompagne les acteurs du territoire pour améliorer la prise en compte des effets des aménagements sur la ressource en eau et sur les milieux naturels. L'EHR concourt à conforter la prise en compte des fonctions des zones humides en raison des services rendus naturellement par les milieux humides à la société (protection contre les crues, disponibilité de la ressource en eau en qualité et quantité, production de biodiversité et d'aménités ...). Dans le territoire, cette connaissance de l'EHR ouvre de nouvelles pistes de réflexion, en écho aux effets du changement climatique ou à l'érosion de la biodiversité.

- **Quelle est la signification à donner à l'espace humide de référence quand il couvre une grande partie d'un territoire ?**

Un EHR très étendu dans un territoire constitue une situation de fait, avec laquelle l'aménagement du territoire doit composer (urbanisation, adaptation des pratiques agricoles, vigilance en zones inondables ...). Les acteurs du territoire sont invités à en tenir compte et à ne pas ignorer cette réalité, notamment pour une gestion durable des hydrosystèmes et de leur bon état écologique.

- **Quel est le statut juridique de l'espace humide de référence ?**

Les inventaires de zones humides possèdent un statut juridique défini par le code de l'environnement et son article L211-1, par l'arrêté ministériel de délimitation de juin 2008 modifié et les porter à connaissance de l'Etat.

L'EHR a une nature très différente. C'est un référentiel du bassin qui constitue une donnée technique, sous la forme d'une couche d'information géographique. Il peut contenir des zonages ayant une portée réglementaire (inventaire de zones humides, arrêté préfectoral de protection de biotope, plan de prévention du risque d'inondation, réserves naturelles ...), mais cela ne lui confère pas pour autant de portée juridique propre.

¹⁰ https://www.eaurmc.fr/jcms/vmr_36092/fr/parution-delimiter-l-espace-de-bon-fonctionnement-des-cours-d-eau
https://reseau-eau.educagri.fr/files/GuideTechniqueDelimiterLEspaceDeBonFon_fichierRessource1_guide-ebf-zh.pdf

¹¹ Hydrosystème : n. m. (*hydrosystem*). Système écologique complexe qui associe des écosystèmes aquatiques et terrestres contigus. François Ramade. 2008, Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et la biodiversité.

2. LE REFERENTIEL EHR : PRINCIPES DE CONSTRUCTION UTILISES

2.1 LES RAPPELS

Les zones humides sont des infrastructures naturelles dont les caractéristiques sont définies dans l'article L.211-1 du code de l'environnement : « on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année »¹².

D'après les critères de référence donnés par les textes réglementaires, sont à considérer en tant que zones humides des espaces comme les plaines alluviales inondables (cultivées ou non), le pourtour des plans d'eau et des lagunes, les zones dépressionnaires sur plateau et plus seulement certains des milieux faisant partie de ces ensembles, comme les étangs, les mares, les bras morts (Figure 1).

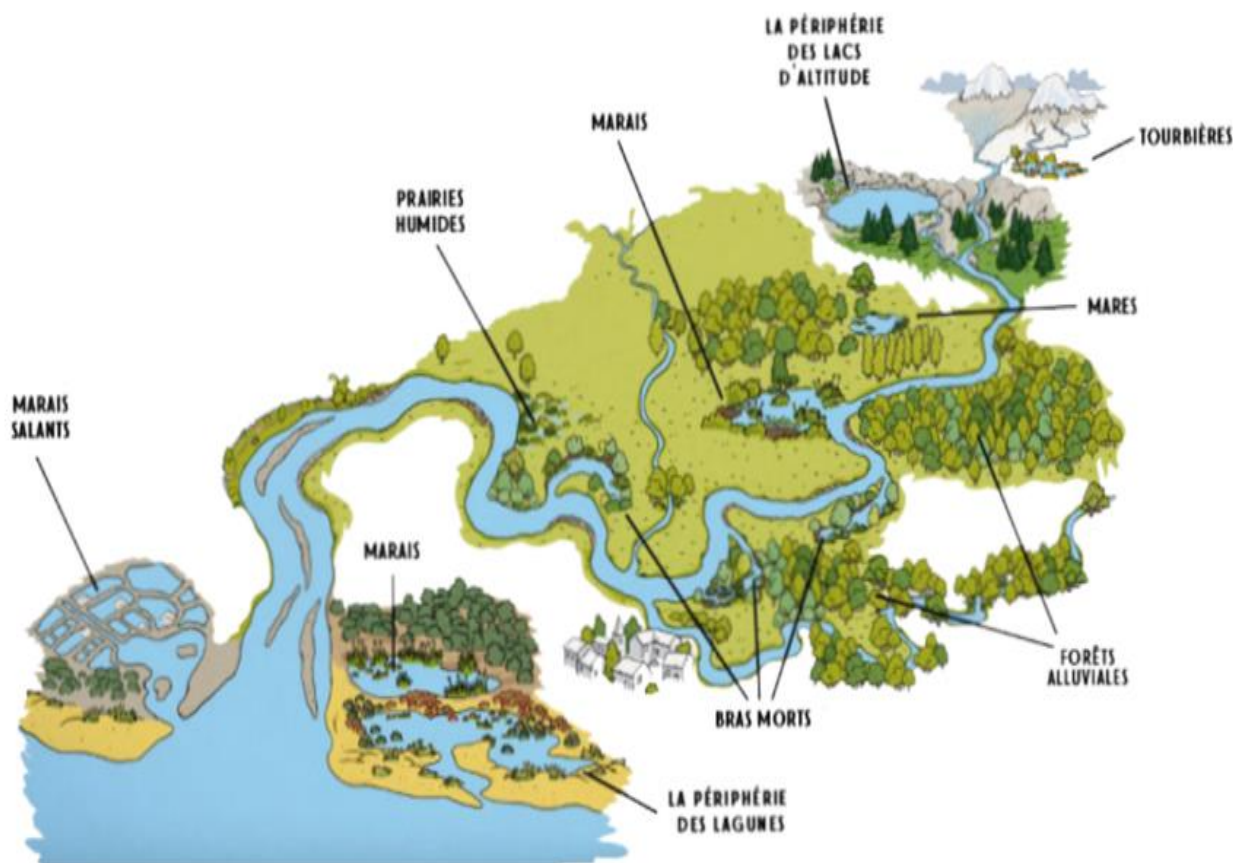


Figure 1 : schéma simplifié des grands types de zones humides rencontrés dans le bassin Rhône-Méditerranée (AE RMC 2021).

¹² Version en vigueur au 1 janvier 2021, modifié par la loi n°2020-105 du 10 février 2020 – Art. 69 (V).

C'est bien à l'échelle des grands ensembles naturels cités que les plans de gestion stratégique des zones humides sont à élaborer et que les fonctions des zones humides (Figure 2) sont à analyser.

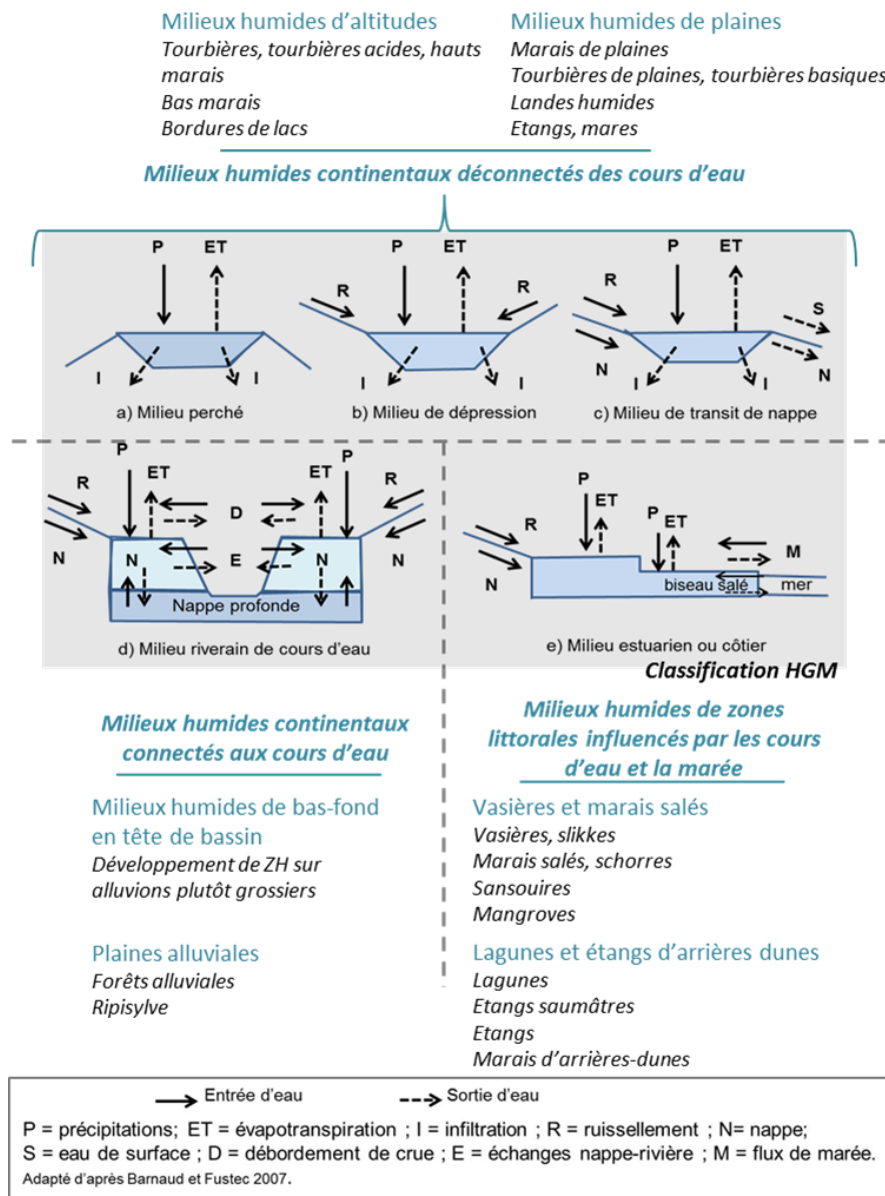


Figure 2 : classification des zones humides d'après des critères hydrogéomorphologiques et distinction de milieu continentaux connectés ou non aux cours d'eau (Modifiée d'après Barnaud et Fustec (2007) et Binson (1993))

Les milieux dits **perchés** (2 a) sont approvisionnés en eau uniquement par les précipitations et sont caractérisés par la présence d'une formation géologique sous-jacente peu perméable. Des sorties d'eau par débordement ou par infiltration vers une nappe sont possibles, tout comme par évapotranspiration. Les milieux de **dépression** (2 b) sont alimentés en eau par les précipitations et le ruissellement et les sorties se font par infiltration et évapotranspiration. Les milieux de **transit de nappes** (2c) se composent d'attributs topographiques semblables aux milieux dépressionnaires. Ils présentent cependant une forte interaction avec la nappe et une possibilité de perte d'eau par la surface et latéralement avec la pente. Lorsque la nappe et le cours d'eau sont directement connectés, les flux hydrologiques peuvent s'orienter dans toutes les directions spatiales, façonnant la création des **milieux riverains de cours d'eau** (2 d), où les couches géologiques sous-jacentes au cours d'eau sont perméables. Les **milieux estuariens ou côtiers** (2 e) possèdent des échanges hydriques similaires à ceux des cours d'eau, avec toutefois le cas échéant une contrainte journalière supplémentaire liée à la marée (Barnaud et Fustec 2007).

L'eau est considérée comme le moteur du fonctionnement d'une zone humide. De fait, sa présence, de manière temporaire ou non, est la condition nécessaire à l'établissement d'un sol hydromorphe. Le biotope établi pourra ensuite influencer sur les caractéristiques physico-chimiques, sur la circulation d'eau et donc l'hydrologie de la zone humide. L'ensemble de ces trois paramètres hydrologique, physico-chimique et écologique est bien sûr conditionné par le climat et les conditions hydrogéomorphologiques du bassin.

L'approche par les fonctions (Figure 3), le fonctionnement, les services et les usages des zones humides s'impose désormais devant l'évaluation de leur valeur (habitats, faune et flore remarquables).

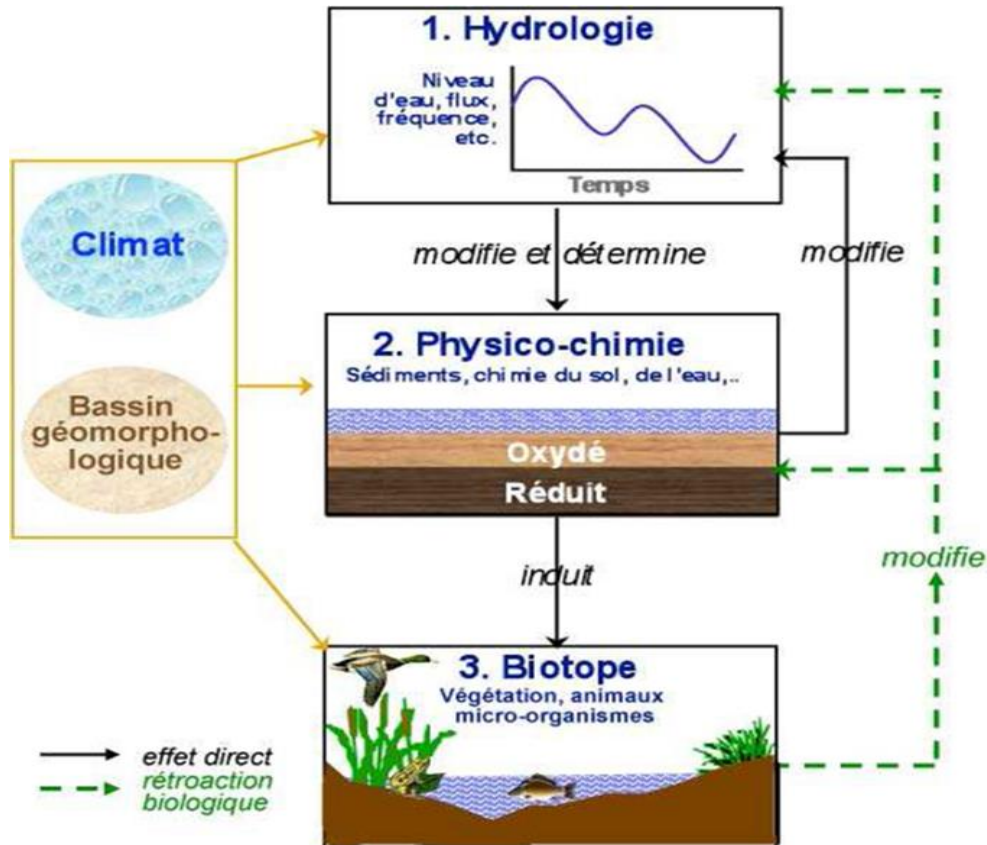


Figure 3 : fonctionnement d'une zone humide, adaptée de Barnaud (2013) d'après Mitsch et Gosselink (2015).

2.2 LA DEFINITION DE L'ESPACE HUMIDE DE REFERENCE

L'espace humide de référence (EHR) est un référentiel du bassin Rhône-Méditerranée. Il définit l'entité spatiale dans laquelle les facteurs écologiques physiques, continus et stables dans le temps, concourent à la circulation de l'eau, à sa rétention voire à l'engorgement des sols de manière temporaire ou permanente.

Ce référentiel témoigne des facteurs écologiques physiques (abiotiques) qui déterminent la présence de zones humides. L'EHR est spécifique à chacune des 62 écorégions du bassin Rhône-Méditerranée auxquelles il se réfère (cf. section 2.3 suivante). Si les zones humides existent dans un territoire donné, alors c'est pour l'essentiel à l'intérieur de l'EHR qu'elles se rencontrent. En effet, la proportion des inventaires de zones humides inclus dans l'EHR est supérieure ou égale à 90%. L'EHR apporte une connaissance nouvelle pour l'analyse du fonctionnement des zones humides dans un territoire donné, en complément des inventaires départementaux.

A titre d'illustration, les différences des méthodes utilisées et les critères d'appréciation pour les inventaires régionaux ou départementaux des zones humides expliquent des représentations spatiales hétérogènes et discontinues (Figure 4).

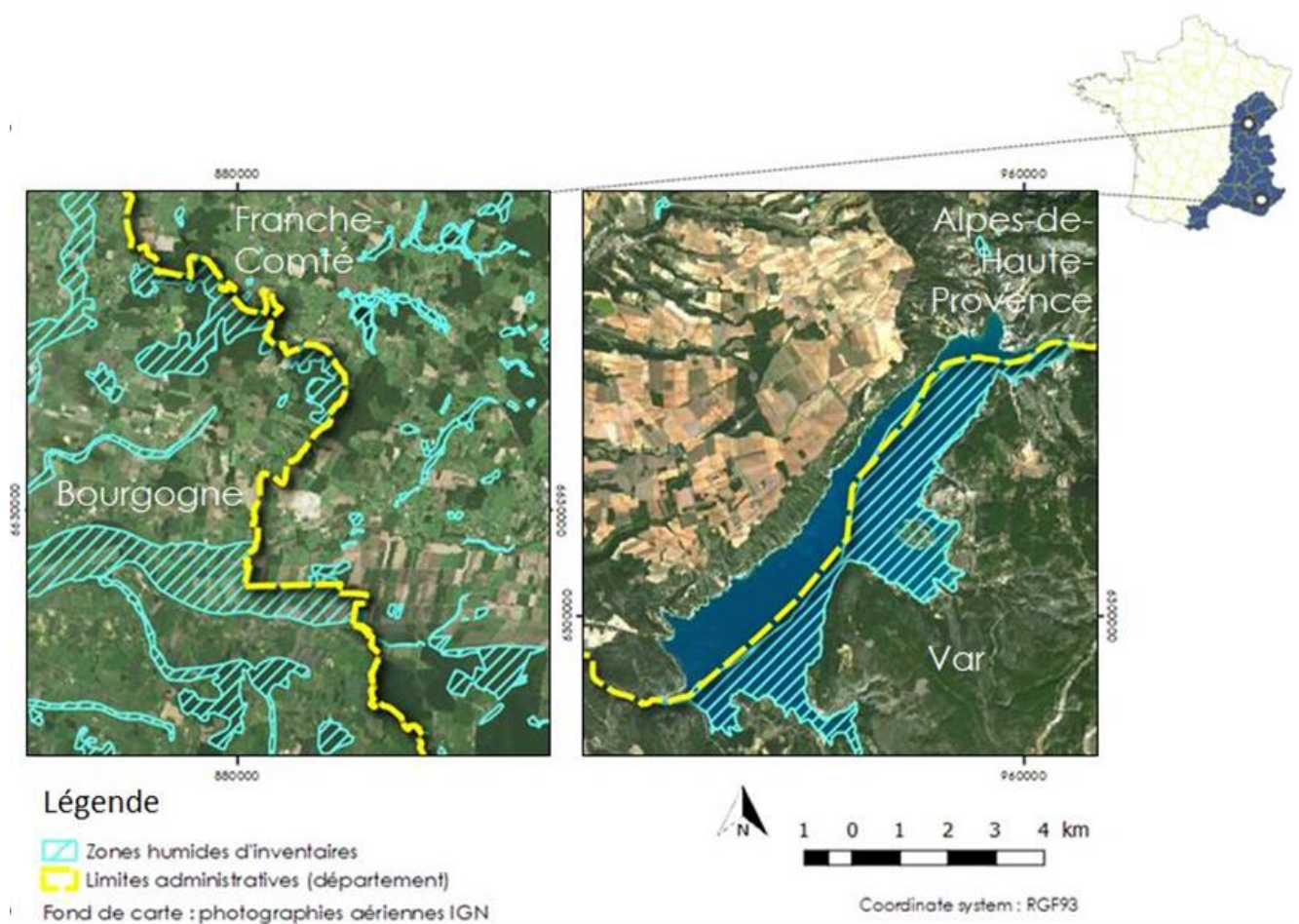


Figure 4 : hétérogénéités spatiales des inventaires départementaux (d'après Catteau, 2020).

A gauche dans la figure 4, les méthodes utilisées pour les inventaires sont différentes selon l'ancienne région administrative où ils ont été réalisés. En Bourgogne, les inventaires de zones humides utilisent le critère des sols hydromorphes en plus de la végétation. En Franche-Comté, les inventaires de zones humides sont construits sur le seul critère de la végétation. Ces choix de méthodes expliquent les discontinuités spatiales des inventaires avec un effet de limite administrative très marqué.

A droite dans la figure 4, des définitions de zones humides différentes selon les départements expliquent que le lac de Saint Croix est inclus dans les inventaires du département du Var (la définition RAMSAR intègre les masses d'eau) alors qu'il est hors de l'inventaire départemental pour les Alpes-de-Haute-Provence qui s'appuie sur la définition du code de l'environnement qui ne prend pas en compte les masses d'eau.

Dans le bassin Rhône-Méditerranée, ce constat de l'hétérogénéité des connaissances et des méthodes utilisées pour les inventaires est récurrent. Il légitime les travaux engagés par l'agence de l'eau pour construire l'espace humide de référence qui s'est appuyé sur des critères physiques factuels et sur des bases de données et des protocoles d'analyse homogènes pour l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée.

2.3 LES ECOREGIONS DANS LE BASSIN RHONE-MEDITERRANEE

Le guide pour la reconnaissance des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée, élaboré à la demande de l'agence de l'eau entre 2010 et 2012, est un outil typologique qui répond aux besoins d'identification des zones humides pour :

- apporter un appui technique en complément de l'utilisation des inventaires ;
- offrir une méthode homogène et didactique utilisable dans les différents compartiments géographiques du bassin ;
- opérer à différentes échelles (bassin, écorégions, sous-bassins, site local).

Le guide se fonde sur une caractérisation globale du bassin, qui discrimine 62 écorégions (cf. annexe I) homogènes dans leurs dimensions spatiales et structurales (Figures 5 et 6), à partir des étages de végétation et de l'altitude, des caractéristiques des formations géologiques, du relief et de ses formes.

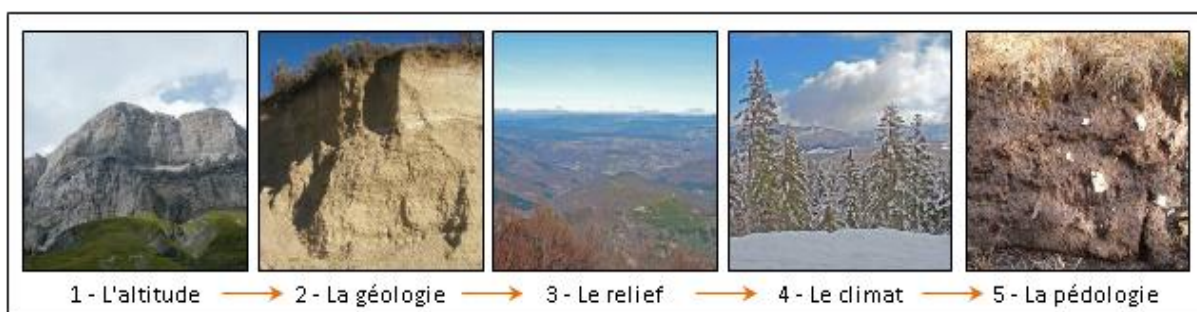


Figure 5 : critères physiques de définition des écorégions du bassin Rhône-Méditerranée (Chambaud, Lucas, Oberti, 2012).



Figure 6 : forme du relief des milieux montagnards dans le bassin Rhône-Méditerranée (Chambaud, Lucas, Oberti, 2012).

Une écorégion correspond à une portion de territoire, dotée de caractéristiques globales distinctes qui les différencient des autres écorégions (Ivol-Rigaut, 1998). Les écorégions constituent des entités homogènes, du point de vue de leurs déterminants physiques qui contrôlent l'organisation et le fonctionnement des écosystèmes humides. Une écorégion se différencie d'une hydro-écorégion par le seul fait qu'elle n'intègre pas la notion de masse d'eau de la directive cadre sur l'eau (DCE). Les zones humides ne sont pas des masses d'eau mais des infrastructures naturelles dont la contribution à l'atteinte du bon état des masses d'eau est reconnue.

La distribution géographique des écorégions par entités administratives (régions, départements) et leurs caractéristiques surfaciques sont présentées dans le tableau en annexe II.

La fiche descriptive de l'écorégion présente sa localisation dans le bassin, les facteurs physiques caractéristiques (altitude, géologie et lithologie, géomorphologie, facteurs climatiques), les grands types de sols hydromorphes et la probabilité de rencontrer des zones humides dans l'écorégion (cf. annexe III). La fiche modélise la distribution des zones humides de taille variable sur le terrain selon des situations

propices à leur présence. L'identification et la caractérisation des zones humides se fondent sur un modèle fonctionnel et prédictif, vérifié sur le terrain, considérant divers facteurs discriminants (Figure 7).

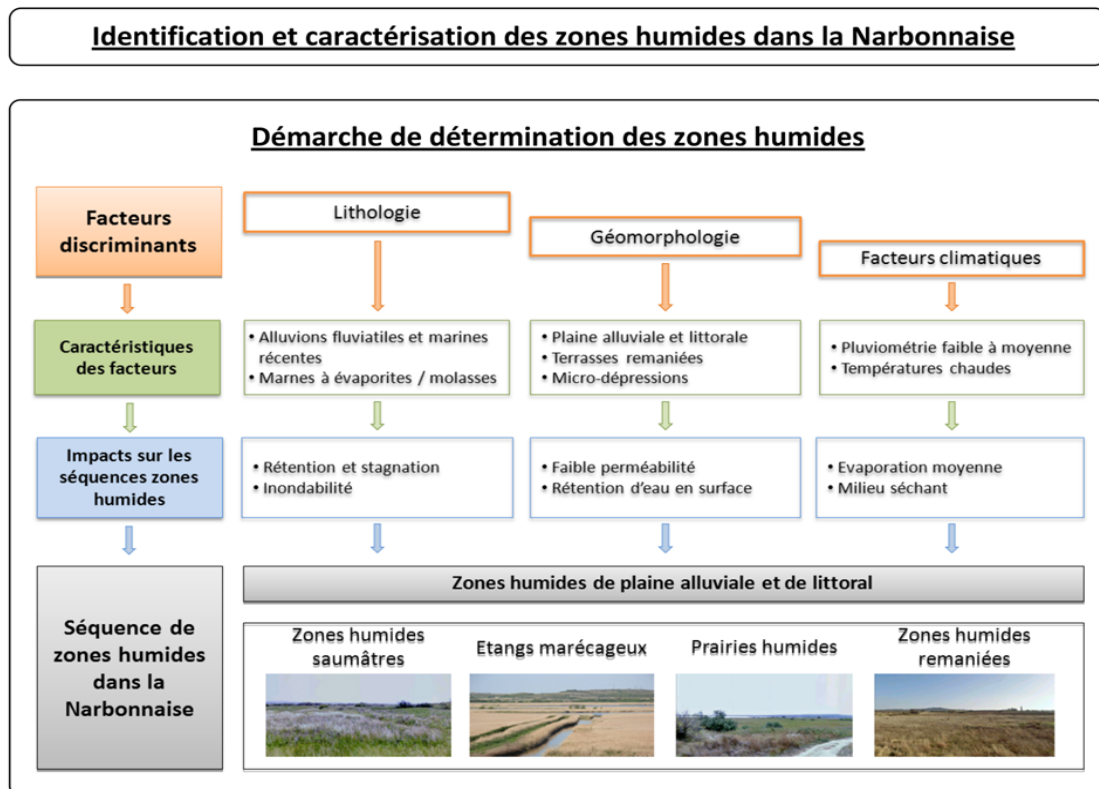


Figure 7 : exemple d'identification et de caractérisation des facteurs discriminants de l'écorégion 7 « la Narbonnaise » (Chambaud, Lucas, Oberti, 2012).

L'analyse des observations est restituée pour chaque type de sol et de grands ensembles de formations végétales caractéristiques des zones humides. La synthèse des différentes informations collectées conduit à la réalisation de clés de diagnostic pour :

- identifier les écorégions à partir des étages de végétation (altitude) et de la géologie ;
- localiser les zones humides à partir des roches (lithologie) ;
- identifier et diagnostiquer un sol hydromorphe ;
- identifier et diagnostiquer une zone humide avec la végétation.

La conception des outils du guide autorise des changements d'échelles en fonction des objets observés dans l'espace :

- **Approche globale.** Les 62 écorégions du bassin constituent des entités homogènes à l'échelle du bassin : la recherche de zones humides est possible, en fonction des propriétés des grandes formations géologiques (sédimentaires, métamorphiques, volcaniques, détritiques, alluviales ...) vis-à-vis de l'eau (ruissellement, infiltration, engorgement superficiel, circulation karstique, aquifère alluvial, plancher imperméable ...).
- **Localisation des grands ensembles de zones humide.** Pour chaque écorégion, la hiérarchisation des facteurs abiotiques (nature et propriétés des substrats géologiques, forme du relief et modelés topographiques, facteurs climatiques locaux) permet de formaliser des modèles fonctionnels, validés sur le terrain, qui identifient des espaces dans lesquels la probabilité de rencontrer des zones humides est hautement significative.
- **Caractérisation et identification des zones humide.** L'utilisation de clés de diagnostic sur le terrain mobilise les critères du sol ou de la végétation pour permettre aux praticiens d'identifier les zones humides voire de procéder à leur délimitation réglementaire.

2.4 LES PRINCIPES DE CONSTRUCTION DE L'ESPACE HUMIDE DE REFERENCE DU BASSIN

Le référentiel « EHR » a été construit par l'agence de l'eau pour l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée. Il n'est donc pas à redélimiter dans les territoires pour la réalisation de plans de gestion stratégique des zones humides ou pour d'autres utilisations. Il s'agit d'une donnée dont les territoires peuvent se saisir pour élaborer leurs plans de gestion ou les actualiser.

Avec un Système d'information géographique (SIG)¹³, l'objectif a consisté à repérer les configurations rencontrées dans les différentes écorégions (modèles fonctionnels validés sur le terrain) et de les modéliser à partir de bases de données homogènes pour le bassin Rhône-Méditerranée (Figure 8). Des vérifications et des contrôles ont été réalisés avec les inventaires départementaux des zones humides ou des prospections de terrains ciblées, pour valider les seuils des paramètres du modèle.

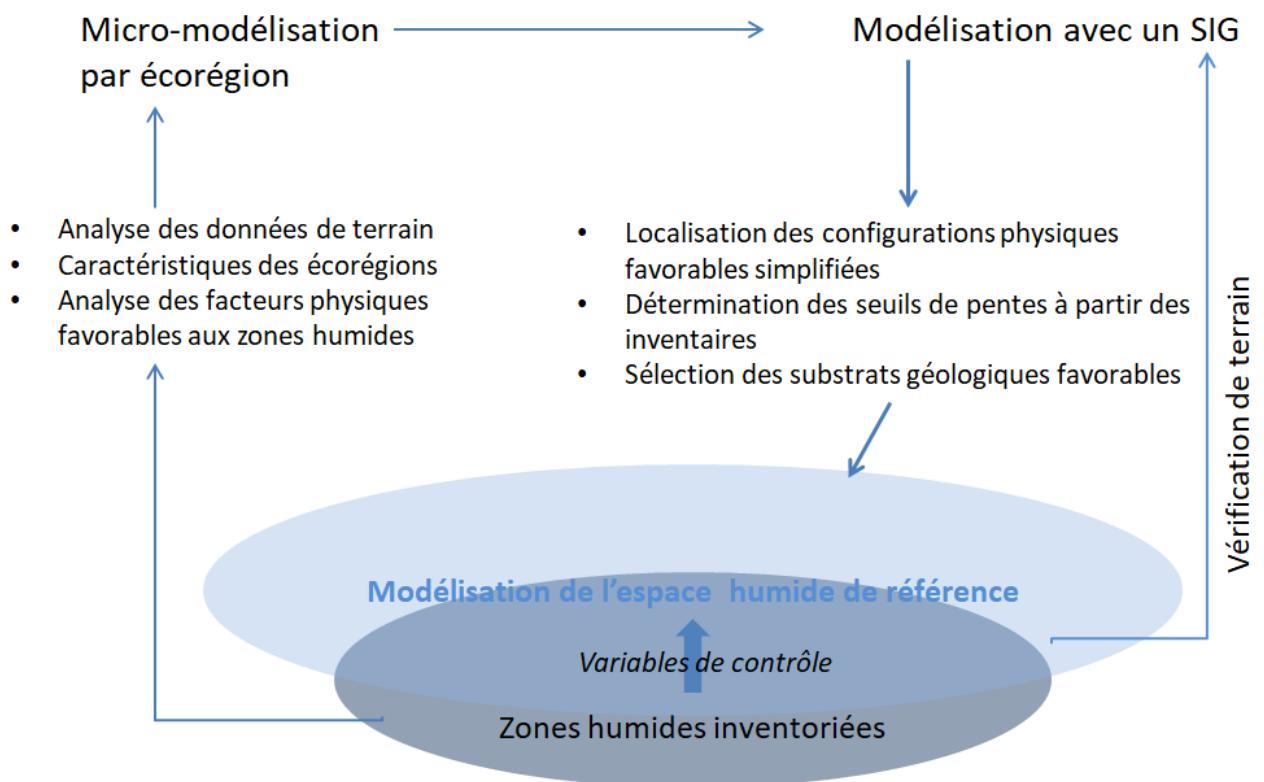


Figure 8: schéma de principe pour la reconnaissance des zones humides à partir d'une modélisation des critères du guide avec un SIG et la modélisation d'un espace humide de référence (modifiée d'après Catteau 2017).

¹³ Un système d'information géographique (SIG) est un outil informatique utilisé pour organiser (logigramme) et présenter des données alphanumériques (bases de données homogènes) référencées dans un espace géographique à deux voire trois dimensions. Son usage concerne la réalisation d'analyses spatiales et leur représentation sous forme de cartes et de plan.

2.5 LES DONNEES UTILISEES POUR LE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

2.5.1 La description du projet de SIG

Le logigramme ci-dessous (Figure 9) présente l'organisation du système d'information géographique utilisée pour construire l'espace humide de référence. Il détaille les outils utilisés et les choix opérés.

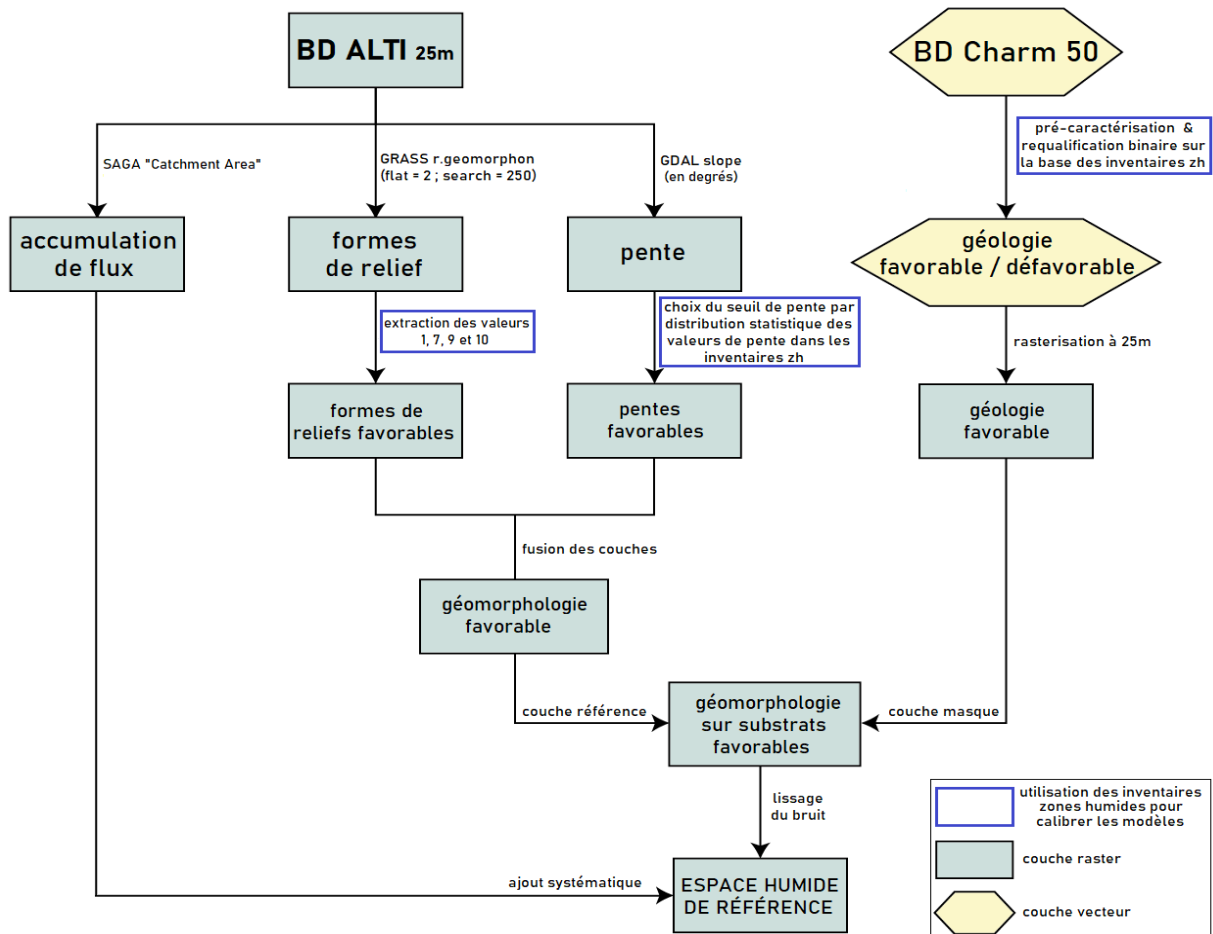


Figure 9 : logigramme du SIG pour la localisation de l'espace humide de référence (Bouscary 2020 modifié).

Trois sources de données sont utilisées, dont les deux premières sont homogènes à l'échelle du bassin :

- le modèle numérique de terrain (MNT) à 25 m (au format raster) pour modéliser les accumulations de flux d'eau (vallons, thalwegs), les formes du relief et les pentes. Ces deux derniers critères ont servi à modéliser la géomorphologie et les formes favorables à l'expression des critères pédologiques caractéristiques à la présence de zones humides ;
- la BD CHARM 50 Harmonisée (format vecteur), utilisée pour sélectionner les formations peu perméables ou imperméables qui concourent à la rétention de l'eau dans les substrats superficiels ;
- les bases de données des inventaires départementaux qui couvrent l'ensemble du bassin à des dates comprises en 1998 et 2019. Cette temporalité explique l'hétérogénéité des méthodes utilisées pour la réalisation des inventaires (contexte réglementaire changeant entre 1992, 2008, 2009 et aujourd'hui, critères de la végétation préférés à ceux recourant au sol). Les inventaires constituent une donnée opérationnelle indispensable pour paramétrer les seuils de pente des modèles ou lever des incertitudes concernant certains substrats géologiques. Ils sont également utilisés pour contrôler les résultats et vérifier leur proportion prise en compte par le modèle et la robustesse de ce dernier.

Le protocole géomatique s'organise autour de deux bases de données : le modèle numérique de terrain (MNT) de l'IGN et la BD Charm 50 harmonisée du BRGM. Du MNT sont dérivées les accumulations de flux, les formes du relief et les pentes. Les formes du relief et des pentes favorables à la rétention de l'eau dans les sols sont spécifiques à chacune des écorégions. Ici, les inventaires ont été utilisés pour paramétrer les seuils de pentes et vérifier leur distribution spatiale. Pour la géologie, ont été retenus les substrats dont les propriétés imperméables ou peu perméables favorisent la rétention d'eau. La distribution géographique des inventaires départementaux a, là aussi, aidé à la validation.

L'obtention de l'espace humide de référence résulte de l'inclusion géographique des formes du relief et des substrats géologiques qui sont favorables à la rétention de l'eau, à laquelle sont ajoutés les résultats de l'accumulation de flux. Pour cette dernière étape, des contrôles de cohérence spatiale ont été réalisés pour vérifier la continuité entre les limites des écorégions et des départements.

2.5.2 Le modèle numérique de terrain (MNT)

Le MNT de l'IGN est l'outil de modélisation altimétrique de la surface terrestre. En France, l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), producteur de la donnée, livre divers produits traduisant une information topographique à des résolutions spatiales différentes (Bouscary 2020) :

- le référentiel à grande échelle (RGE) ALTi, d'une résolution de 1 à 5 m, qui décrit l'altitude au sol,
- la BD ALTi qui est une version sous-échantillonnée du RGE à une résolution initiale de 25 m (IGN 2017, Bouscary 2020).

Pour caler la méthode et estimer l'incidence de la résolution spatiale du MNT (Figure 10), des tests ont permis de comparer les résultats obtenus (Bouscary 2020, Catteau 2017). Deux rasters aux résolutions respectives de 5 m et de 25 m ont été appliqués avec le même protocole géomatique à un espace identique.

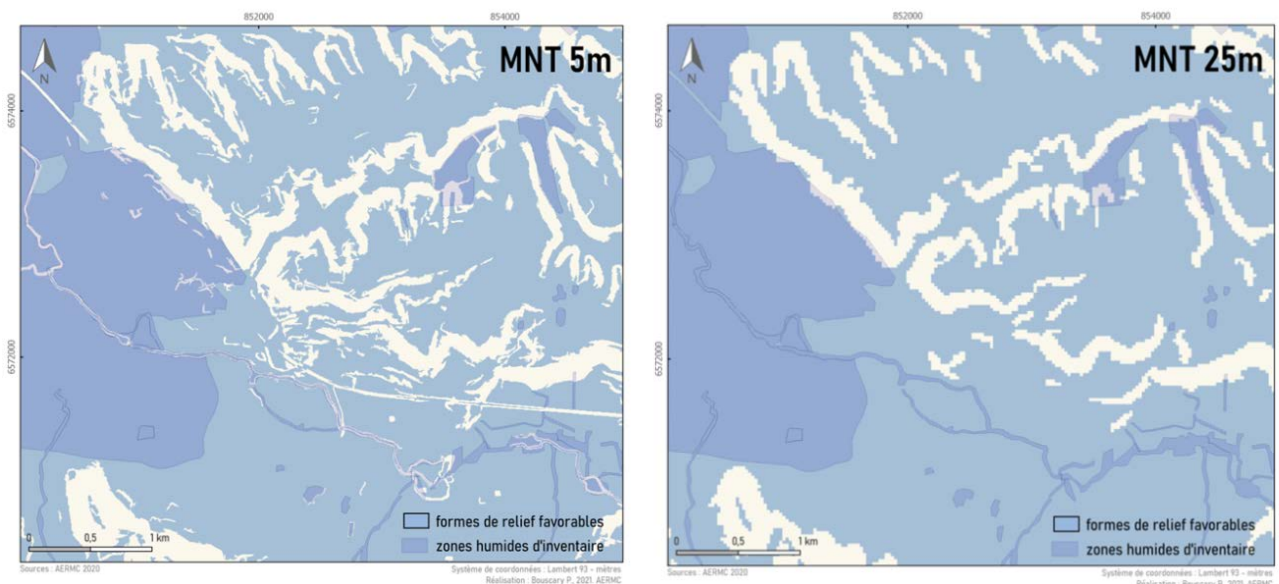


Figure 10 : comparaison des résultats obtenus avec des résolutions du MNT à 5 et 25 m (Bouscary 2020)

La précision est un paramètre qui fait souvent débat, entre l'échelle locale et celle du bassin, lorsque l'on travaille dans les territoires. La résolution du MNT doit répondre aux besoins des représentations : que veut-on montrer et pour quels objectifs ? Dans l'exemple de la caractérisation des formes du relief (Figure 10), le MNT à 5 m restitue de nombreux détails (lits mineurs des cours d'eau, talus associés aux axes routiers et ferroviaires ...) mais accompagnés d'une certaine confusion (artéfacts), alors que la résolution à 25 m propose plus de sens, sans produire du bruit de fond. Cette résolution à 25 m a été privilégiée pour les traitements géomatiques.

2.6 LES FORMES DU RELIEF

Les grandes formes du relief dans le paysage et leurs déclinaisons sont présentées dans la figure 11. La pente et la forme constituent des variables importantes à analyser car elles ont des conséquences sur l'infiltration, le transit et l'accumulation de l'eau dans les sols. Les formes du relief (géomorphologie) sont régies par les caractéristiques physiques des matériaux géologiques (cf. figure 6 ci-avant). Ces formes sont constituées de surfaces plus ou moins planes (plaines, glacis, plateaux), de versants (droits, convexes, concaves, emboîtés pour les séquences marno-calcaires par exemple), de thalwegs (étroits, larges, à fond plat) et d'interfluves. Les thalwegs étroits et les plateaux sont les formes les plus difficiles à reconnaître avec les outils géomatiques, elles demandent des procédures spécifiques utilisant des outils de reconnaissance adaptés (Catteau 2017, Bouscary 2020).

GRANDES FORMES		DÉCLINAISONS DE FORMES			
SURFACES (et surfaces structurales)	accumulation	plaine		plateau	
	érosion	glacis			
VERSANTS		versant de Richter		versants emboîtés	
		versant convexe / versant concave		falaise	
TALWEGS		étroit		large	
				fond plat	
INTERFLUVES	sommets et lignes de crête	arrondi		irrégulier	
		aiguisé			

Figure 11: illustration des grandes entités géomorphologiques des paysages (Portal, 2010).

2.6.1 La courbure et le degré d'inclinaison

La topographie constitue un facteur essentiel aux mouvements de l'eau (Mérot et al. 2006). Mazagol et al. (2008) soulignent que, à pente égale, la rétention de l'eau varie avec la texture du sol, sa perméabilité et la rugosité de la végétation qu'il porte. Les seuils de pente préconisés dans la littérature pour définir les terrains propices aux zones humides sont très variables. Pour ne pas avoir à déterminer un seuil fixe, certains proposent un gradient allant de favorable à défavorable. Toutefois, cela engendre dans les résultats des partitions de l'espace selon le degré de probabilité de présence des zones humides (Jarleton 2009 ; Jones et al. 2009 ; Pierre 2002 ; Zro et al. 2014) (Catteau 2017).

Pour certaines écorégions, les modèles précisent que les pentes peuvent être favorables à la présence de zones humides en raison de leur configuration spatiale (Figure 12), du substrat superficiel (marnes, argiles, molasse, moraines, altérites, alluvions récentes, colluvions ...) et de circulations souterraines ou superficielles de l'eau. Le caractère humide de certains versants peut s'expliquer par des particularités géologiques (affleurement marneux sur versant, circulation de subsurface) ou climatiques (secteurs d'altitude soumis à des précipitations fréquentes, un enneigement prolongé et une hygrométrie importante). Ce critère de « pente favorable » ne s'avère toutefois pas suffisamment précis. Pour paramétrer le modèle, le seuil de pente a été choisi en fonction des déterminants abiotiques de l'écorégion en s'aidant des données des inventaires.




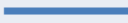


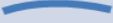


Pentes Formes	faible (0 – 2°)	douce (2 – 4°)	trop élevée (>4°)
Concave			
Régulière			
Convexe			

Figure 12: formes des versants selon la pente et la courbure du terrain (Catteau, 2017).

Il est impératif de ne pas accorder de valeur absolue à ce seuil et pour cela de fixer des critères de pente probants pour les zones humides au regard des connaissances fournies par les inventaires (Bouscary 2020). A titre d'exemple pour distinguer les pentes douces (tableau 2) pouvant accueillir des zones humides dans le bassin versant de la Veyle, il a été retenu un seuil de 2° comme limite maximale puisque cette valeur permet de recouvrir 95% des inventaires des zones humides (Catteau 2017). Pour le bassin versant de la Tille (Catteau 2017), une pente maximale de 4° permet d'obtenir 95 % des inventaires. Ce seuil tient compte de spécificités locales, notamment la présence de marais tuffeux de pente situés au contact des marnes à huîtres sous le calcaire oolithique.

Tableau 2 : distribution cumulée des surfaces d'inventaires de zones humides présentes selon différents seuils de pente pour les sous-bassins de la Veyle et de la Tille (Catteau 2017).

Pente	Veyle	Tille	Chine (Niu et al. 2009)
< 1°	69%	68%	80%
< 2°	95%	89%	-
< 3°	98%	92%	94%
< 4°	99%	95%	-
< 5°	100%	96%	98%
< 6°	100%	97%	-
< 7°	100%	98%	-
< 8°	100%	98%	-

Marais tuffeux de pente développé sur des marnes dans la vallée du Brévon en Côte d'Or (cliché F. Chambaud).



Les inventaires départementaux de zones humides ont servi à la calibration du modèle pour tenir compte de la connaissance du terrain (Figure 13). Le tableau en annexe IV montre que selon les écorégions, leur nature géologique et leur relief, les seuils de pente retenus pour la modélisation et pour contenir 90% au moins des inventaires, varient entre 2° et 22° (Bouscary 2020).

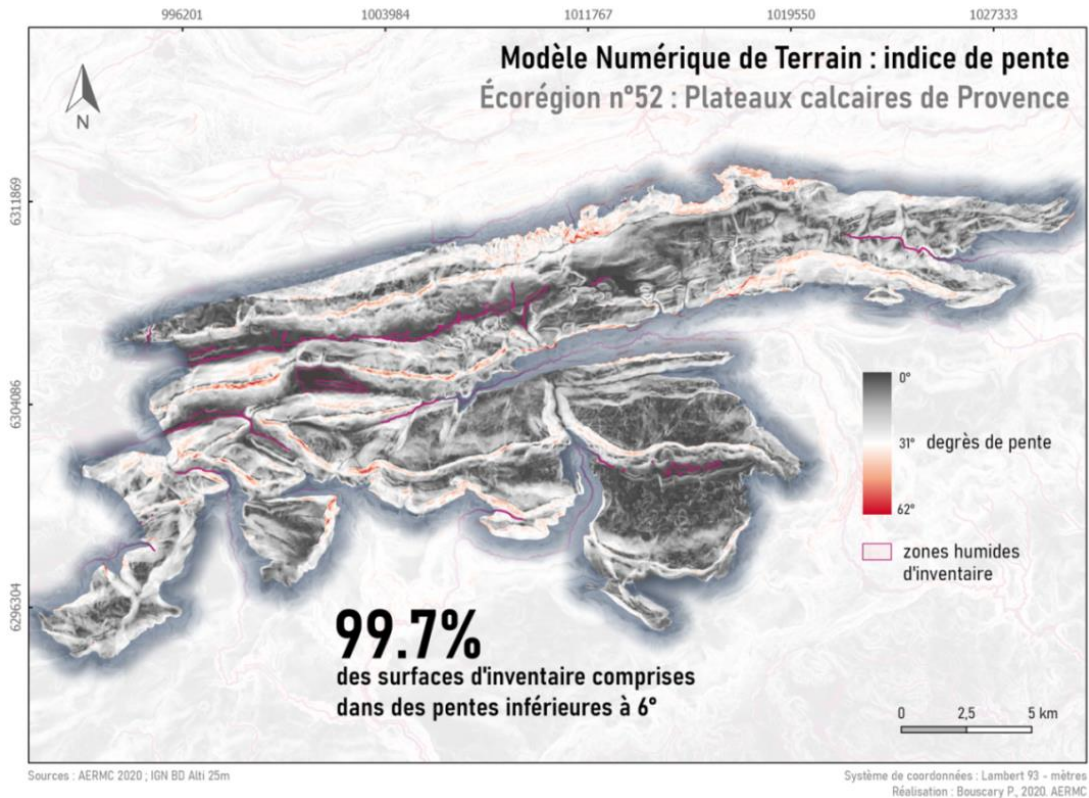


Figure 13: distribution et ajustement des seuils de pente en fonction de la localisation des inventaires (Bouscary 2020).

2.6.2 La caractérisation des formes du relief

Les formes du relief qui composent la surface de la terre présentent des caractéristiques répétitives (Semeniuk & Semeniuk, 2011), ce qui facilite leur modélisation dans une démarche de SIG (Bouscary 2020). A partir de l'analyse de quatre algorithmes de classification de formes de relief, Kramm et al. (2017) confèrent à l'outil "Geomorphon" un excellent détail ainsi qu'une meilleure précision, fiabilité et robustesse. Développé par Jasiewicz et Stepinski (2013), Geomorphon est un algorithme (disponible dans le domaine public) de reconnaissance de terrain, qui classe les dix formes de relief les plus courantes à partir d'un MNT et selon l'altitude des cellules (par rapport à un pixel initial) dans huit directions de l'espace (Catteau 2017).

L'algorithme calcule le rapport entre l'angle au zénith et l'angle au nadir dans un rayon défini par l'utilisateur (lookup distance) (Figure 14).

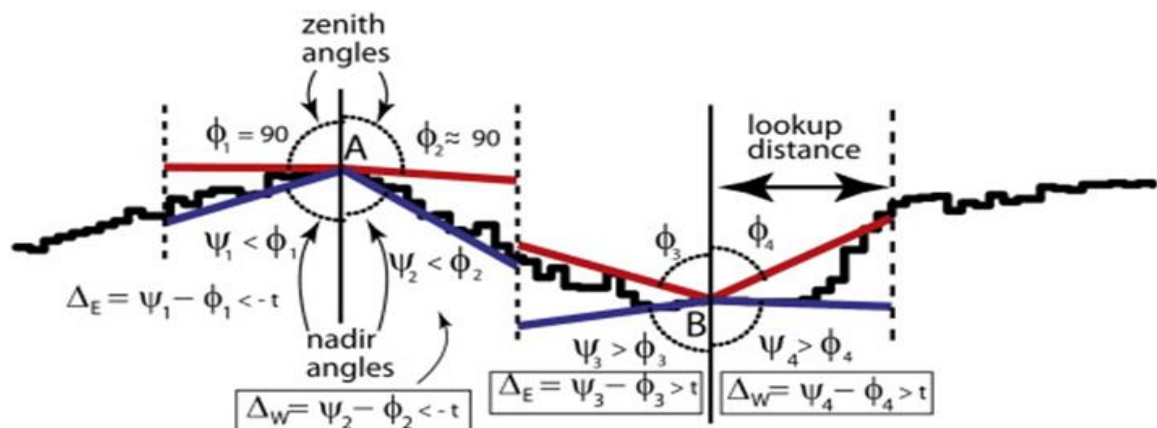


Figure 14: angles du zénith et angles du nadir au sein de rayons de recherche (Jasiewicz & Stepinski 2013).

Le rapport entre les angles du zénith et du nadir est calculé pour chaque pixel du MNT et dans huit directions. Il conduit à considérer uniquement les voisins visibles les plus lointains compris dans le rayon de recherche (lookup distance/search distance) (Figure 15). Un faible rayon de recherche permet d'identifier les formes du relief de dimension restreinte et locale, alors qu'une valeur élevée favorise la distinction de formes du relief structurantes du paysage (Jasiewicz & Stepinski 2013). Conformément aux travaux de Bouscary (2020), le rayon a été fixé à 250 pixels car une valeur inférieure discrimine moins les formes structurantes de l'écorégion. En outre, le seuil qui permet de distinguer les secteurs plats a été fixé arbitrairement à 2° (Catteau 2017) pour s'affranchir des artefacts générés dans les fonds de vallée (microtopographie, courbes de niveau).

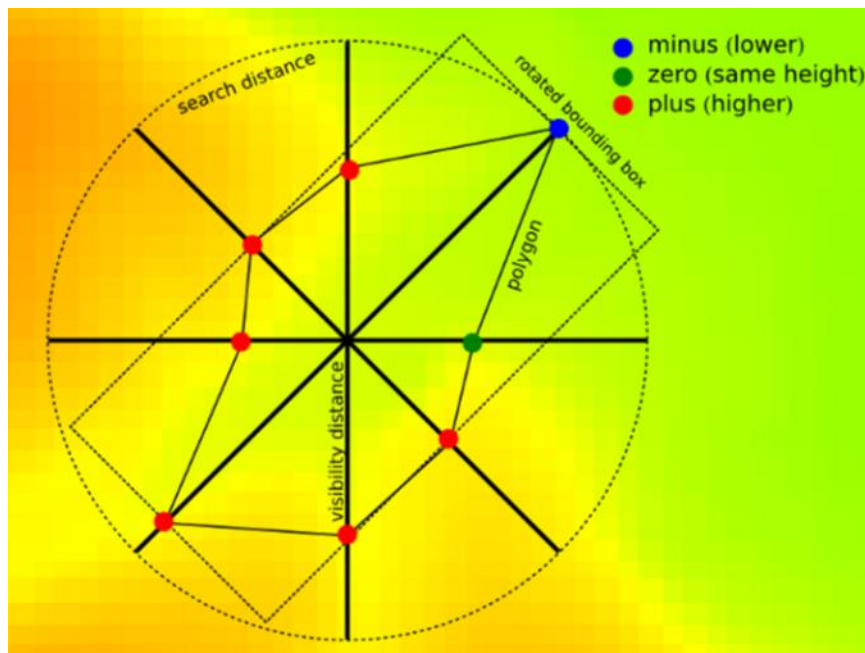


Figure 15: localisation des points visibles les plus lointains et de leur altitude (plus faible, identique, plus haute) pour les 8 axes autour de la cellule centrale (Catteau 2017, d'après le manuel de GRASS GIS (GRASS Development Team, 2017)).

L'extension r.Geomorphon de GRASS GIS (Figures 16 et 17) permet d'analyser les formes du relief. Cette méthode, basée sur les travaux de Jasiewicz et Stepinski (2013) s'affranchit des artefacts et des petites variations locales qu'engendre l'étude des voisins immédiats (Wood, 1996) pour révéler les formes structurantes du relief du territoire (Jasiewicz & Stepinski 2013, Catteau 2017).

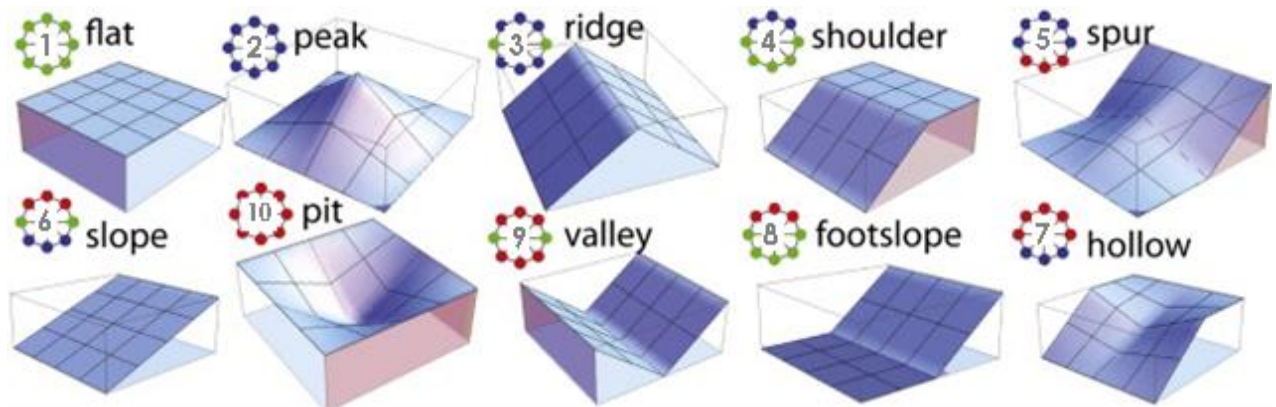


Figure 16: Formes élémentaires du relief : plan (1), sommet (2), crête (3), haut de versant (4), éperon (5), pente (6), dépression (10), vallée (9), bas de versant (8), creux sur versant (7) (d'après Jasiewicz & Stepinski 2013).

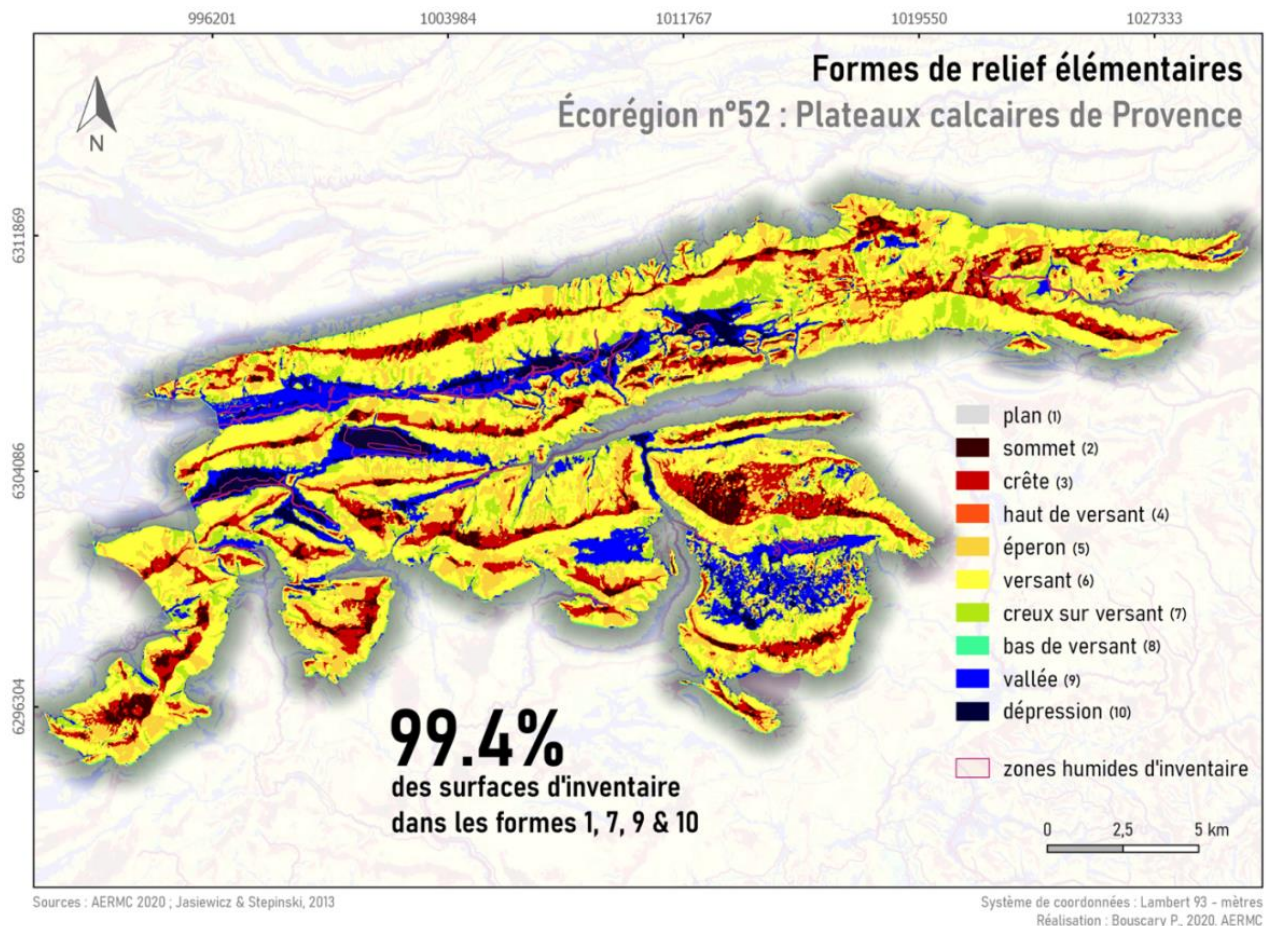


Figure 17: exemple de localisation des formes élémentaires du relief dans lesquelles sont inclus les inventaires de zones humides (Bouscary 2020).

2.6.3 Les secteurs d'accumulation de flux

La reconnaissance des thalwegs et des fonds de vallons est particulière et difficile. Dans le cas présent, un raster d'accumulation de flux a été utilisé. Cet outil distingue les petites vallées et les thalwegs qui sont omis par Geomorphon en raison de son paramétrage, d'une part, et par les données géologiques de la BD CHARM 50 harmonisée dont la généralisation occulte ponctuellement ces structures, d'autre part.

Le raster d'accumulation de flux indique, pour chaque maille, la surface drainée depuis l'amont. Plusieurs méthodes existent pour les logiciels SAGA (Conrad et al. 2015) et GRASS GIS (GRASS Development Team 2017). Celle retenue est disponible dans le logiciel SAGA GIS et se nomme Catchment Area (Parallel) ou Catchment Area (Top-down) dans les nouvelles versions. Il s'avère indispensable de corriger le MNT au préalable, à l'aide du module r.fill.dir de GRASS GIS, pour permettre la continuité des écoulements de l'amont vers l'aval et le calcul de l'aire drainée. Ce raster d'accumulation de flux distingue les surfaces en aval qui correspondent aux axes d'écoulement d'une part et à l'aire drainée en amont d'autre part. Pour cela, il faut définir un seuil dont la résolution est appropriée aux objectifs de la méthode et des modèles des écorégions (Catteau 2017).

L'effet de la résolution du seuil retenu sur les résultats obtenus lors des tests est sans équivoque (Figure 18). Celui de 50 000 m² est très structurant et donne du sens, sans surcharge d'information, contrairement aux autres seuils dont la richesse de l'information nuit à la qualité et à la simplicité du modèle.

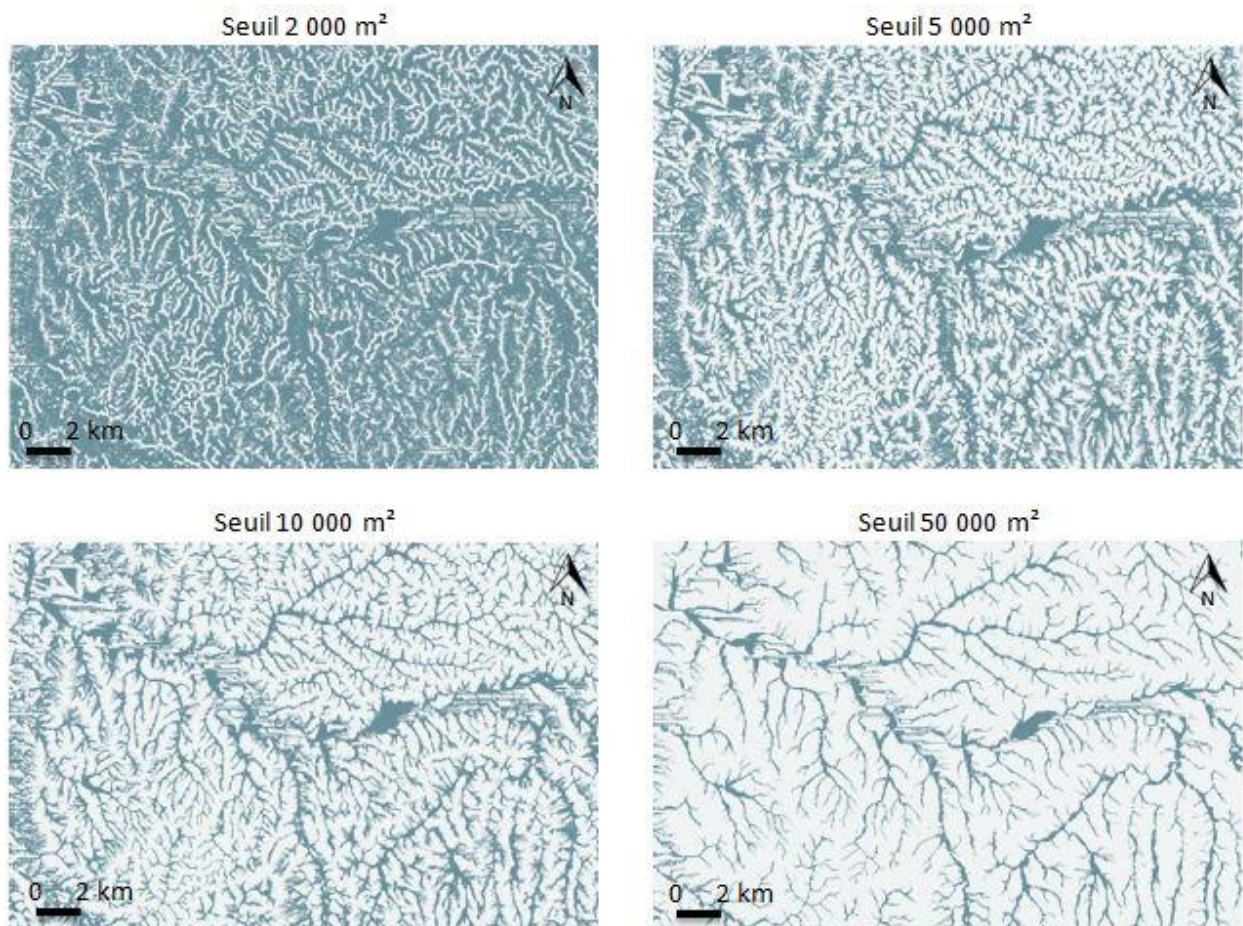


Figure 18: tests réalisés pour définir le paramétrage du seuil du raster d'accumulation de flux (Catteau 2017).

2.7 LES SUBSTRATS GEOLOGIQUES

2.7.1 La nature et la perméabilité des substrats géologiques

Les différents substrats géologiques rencontrés dans le bassin Rhône-Méditerranée peuvent être classés en 3 grandes catégories : les roches cristallines, les roches sédimentaires et les alluvions diverses. Les roches cristallines regroupent celles aux origines magmatiques et métamorphiques.

Les roches magmatiques correspondent aux roches issues de la solidification du magma (Foucault, Raoult 1988). Ces roches sont dites endogènes¹⁴ car leur processus de formation a eu lieu, en partie, sous la croûte terrestre dans des conditions de température et de pression différentes de celles de la surface. Elles présentent toutes une bonne résistance à l'érosion et une forte imperméabilité à l'eau. Ces roches magmatiques peuvent se scinder en deux sous-groupes en raison de leur composition et leur processus de formation :

- les roches riches en silice (granite) regroupant les roches magmatiques et plutoniques ;
- les roches pauvres en silice regroupant les roches basaltiques.

Les roches métamorphiques, également endogènes, se différencient des roches magmatiques par leur processus de formation. Elles sont produites sans fusion du magma et concernent des roches déjà existantes qui sont recristallisées dans des conditions de température et de pressions spécifiques

¹⁴ Les roches endogènes se sont formées dans les profondeurs de la Terre, donc à des pressions et des températures supérieures à celles rencontrées à la surface de l'écorce terrestre. Les roches endogènes sont donc d'origine magmatique (plutonique ou volcanique) ou métamorphique (recristallisation de roches existantes suite à des changements de pression et de température).

(FOUCAULT A., RAOULT J-P., 1988). Concernant leur imperméabilité à l'eau, elles présentent les mêmes caractéristiques que les autres roches endogènes et sont souvent associées à celles-ci. Les roches cristallines sont présentes en divers endroits du bassin (Alpes, Pyrénées, Cévennes, Massif Central, Vosges). Dans les Alpes françaises, elles sont issues de mouvements tectoniques et d'épisodes volcaniques, liés à la surrection des Alpes due aux collisions entre les plaques continentale et africaine. Les Vosges cristallines sont liées à l'orogénèse hercynienne puis alpine.

Les roches exogènes regroupent toutes celles dont les processus de formations se sont produits à la surface de la Terre (Foucault, Raoult 1988). Les roches sédimentaires font partie de ce groupe et sont liées à la dégradation d'éléments naturels ou à des phénomènes de précipitations.

Les roches carbonatées perméables sont composées de calcaire formé lors des longues périodes géologiques de transgressions et régressions marines (Jurassique, Crétacé). La présence de mers tropicales peu profondes a favorisé la formation de ce type de roche par l'accumulation puis la dégradation d'organismes à coquilles et de récifs coralliens. Certaines roches carbonatées se sont mises en place dans des zones plus profondes, notamment dans l'ancien paléo-océan Téthys à l'origine des massifs calcaires alpins tels que le Vercors. Les épisodes d'exondation et de submersion ont permis la sédimentation de ces roches. Les mouvements tectoniques à l'origine des différents massifs français (surrections hercynienne puis alpine) les ont ensuite surélevées pour former les massifs calcaires actuels (Jura, Vercors, Provence...). Ces roches fracturées (système karstique) sont très perméables.

Les marnes résultent de l'association de calcaire et d'argile à des proportions variables. Dans les anciens systèmes océaniques et maritimes tropicaux, la précipitation d'éléments argileux dans les calcaires en formation est à l'origine de marnes peu perméables. L'importance de la précipitation conduit à la formation de calcaires argileux (> 65 % de calcaire) ou d'argiles calcareuses (> 65 % d'argile).

Les roches détritiques et les conglomérats sont issus de l'érosion des différents reliefs (gel, précipitations, ruissellement). Les différents périodes glaciaires du Quaternaire ont participé à l'érosion et à la fracturation des matériaux géologiques en place. Ces roches détritiques peu perméables peuvent être carbonatées (grès, sable) ou non (loess, flyschs, argilite).

Les alluvions ainsi que tous les autres sédiments (argiles et sables, limons, dépôts glaciaires, colluvions ...) appartiennent au groupe des roches endogènes. Ces matériaux proviennent de roches en place qui ont été érodées par l'eau et par les glaciers quaternaires (Foucault, Raoult 1988). Ils ont ensuite été transportés et déposés lors de phénomènes hydro-climatiques (fonte des glaces, inondations) pour former des milieux plus ou moins perméables (plaines alluviales avec aquifère libre ou captif, nappe perchée) voire peu perméables (lacs glaciaires, tourbières).

2.7.2 La sélection des substrats géologiques

Les substrats géologiques constituent un facteur déterminant pour isoler les éléments qui présentent une faible perméabilité, propriété importante pour la rétention temporaire ou permanente d'eau dans les sols. Pour chaque écorégion, le guide indique les formations géologiques qui, concourent à une forte probabilité de présence de zones humides.

L'expertise de la base de données CHARM 50 harmonisée (BRGM) a été essentielle pour la caractérisation des roches, des formations d'altération et des alluvions favorables à la rétention d'eau. Ce travail supposait de sélectionner, pour chacune des écorégions, les objets géologiques qui supportent des sols hydromorphes et d'éliminer les lithologies perméables défavorables (Chambaud, Lucas, Oberti 2012b).

Pour chacune des écorégions, la sélection des formations géologiques imperméables ou de faible perméabilité a été effectuée en utilisant les descriptions de la BD Charm 50 et les notices géologiques des cartes au 1/50 000 (Bouscary 2020). Pour cette analyse, les formations géologiques sont caractérisées avec trois valeurs distinctes (Figure 19) :

- « 0 » lorsque la formation géologique n'est pas favorable à la rétention de l'eau (substrats perméables : calcaires fracturés, colluvions sur pente forte, hautes terrasses graveleuses ...).

- « 1 » lorsque la formation géologique est propice à la rétention de l'eau (substrats peu perméables, imperméables ou gorgés d'eau : marnes, argiles, alluvions récentes, arène d'altération, molasse, moraine, tourbe ...);
- « 2 » lorsque les descriptions fournies par la BD CHARM ne sont pas suffisantes pour apprécier a priori le caractère favorable ou défavorable des formations géologiques à la rétention de l'eau (Rhétien : calcaires, dolomies, cargneules, marnes vert réséda ou Cénomaniens-Turonien : calcaires, calcaires marneux, marnes).

DESCRIPTION BD Charm 50	LITHOLOGIE	TYPLOGIE ZH
Keuper : argiles rouges, gypse, dolomies, cargneules	argile	1
Portlandien : faciès tithonique, calcaires sublithographiques	calcaire sublithographique	0
Hauterivien-Aptien inférieur (?) : calcaires gris glauconieux	calcaire glauconieux	0
Portlandien : faciès tithonique, calcaires sublithographiques	calcaire sublithographique	0
Keuper : argiles rouges, gypse, dolomies, cargneules	argile	1
Eboulis : Cône actifs	graviers	0
Quaternaire : alluvions fluviatiles récentes (sables, limons, graviers, galets)	sable	1
Cénomaniens supérieurs : marnes grises	marne (33%<CO3<66%)	1
Quaternaire : alluvions fluviatiles récentes (sables, limons, graviers, galets)	sable	1
Oxfordien et Kimméridgien : calcaires sublithographiques	calcaire sublithographique	0
Portlandien -Berriasien : calcaires marmoréens	calcaire	0
Néocomien : marno-calcaire indifférencié	calcaire marneux	2
Cénomaniens inférieurs : grès et sables, calcaires gréseux, marnes sableuses	grès	2
Rhétien : calcaires, dolomies, cargneules, marnes vert réséda	calcaire	2
Berriasien : calcaires lités ou calcaires argileux , calcaires sublithographiques, conglomérats	calcaire	2
Cénomaniens-Turonien : calcaires, calcaires marneux, marnes	marne (33%<CO3<66%)	2
Oxfordien et Kimméridgien : calcaires sublithographiques	calcaire sublithographique	0
Gargasien-Cénomaniens : marnes bleues grés-glauconieuses	marne glauconieuse	1
Dogger à Oxfordien moyen : calcaires et marnes	calcaire	2
Priabonien : calcaires argileux et marnes	calcaire argileux (80%<CO3<90%)	2
Cénomaniens-Turonien : calcaires, calcaires marneux, marnes	marne (33%<CO3<66%)	2
Berriasien : calcaires lités ou calcaires argileux , calcaires sublithographiques, conglomérats	calcaire	2
Keuper : argiles rouges, gypse, dolomies, cargneules	argile	1
Quaternaire : alluvions fluviatiles récentes (sables, limons, graviers, galets)	sable	1

Figure 19: exemple de caractérisation des substrats géologiques de la BD CHARM 50 dans le département des Alpes maritimes (Bouscary 2020).

Pour les substrats géologiques (propriétés des roches) avec une incertitude (critère 2), il a fallu lever celle-ci (Figure 20) en recourant aux notices des différentes feuilles géologiques au 1/50 000 et en utilisant les inventaires de zones humides comme des variables de situation et de contrôle (Bouscary 2020), voire en réalisant des sondages pédologiques sur le terrain (Catteau 2017).

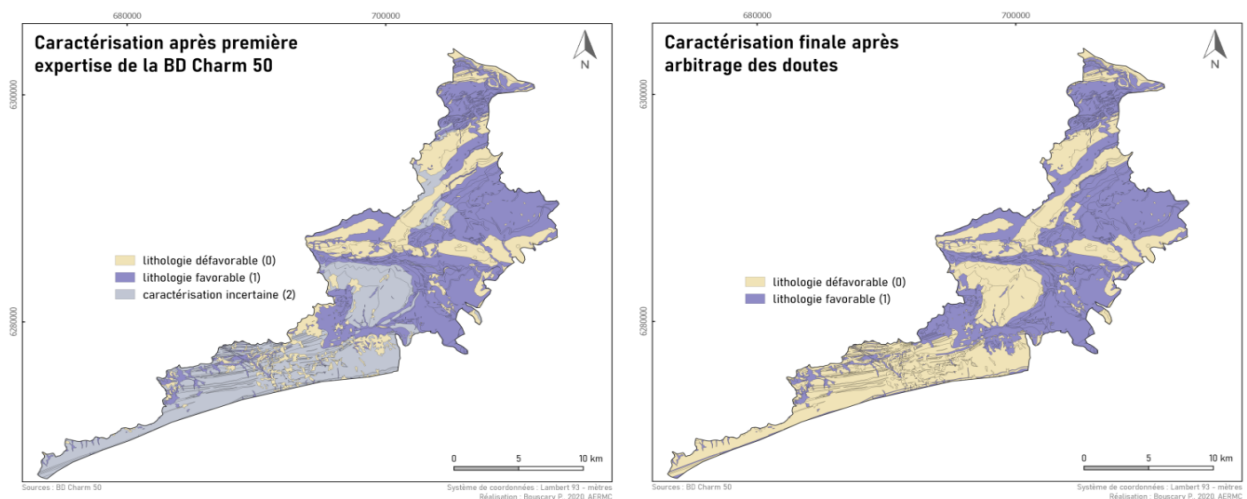


Figure 20: construction de la base de référence des substrats géologiques avec l'arbitrage des incertitudes (Bouscary 2020).

Les substrats géologiques de la BD CHARM retenus par l'analyse comme favorables à la rétention de l'eau dans les sols ont permis de vérifier comment les inventaires de zones humides se distribuent au sein de ceux-ci (Figure 21). Cette construction a aidé à finaliser la modélisation pour une écorégion donnée. Les résultats obtenus et la proportion des inventaires départementaux incluse dans les objets géologiques retenus ont été jugés satisfaisants (Bouscary 2020).

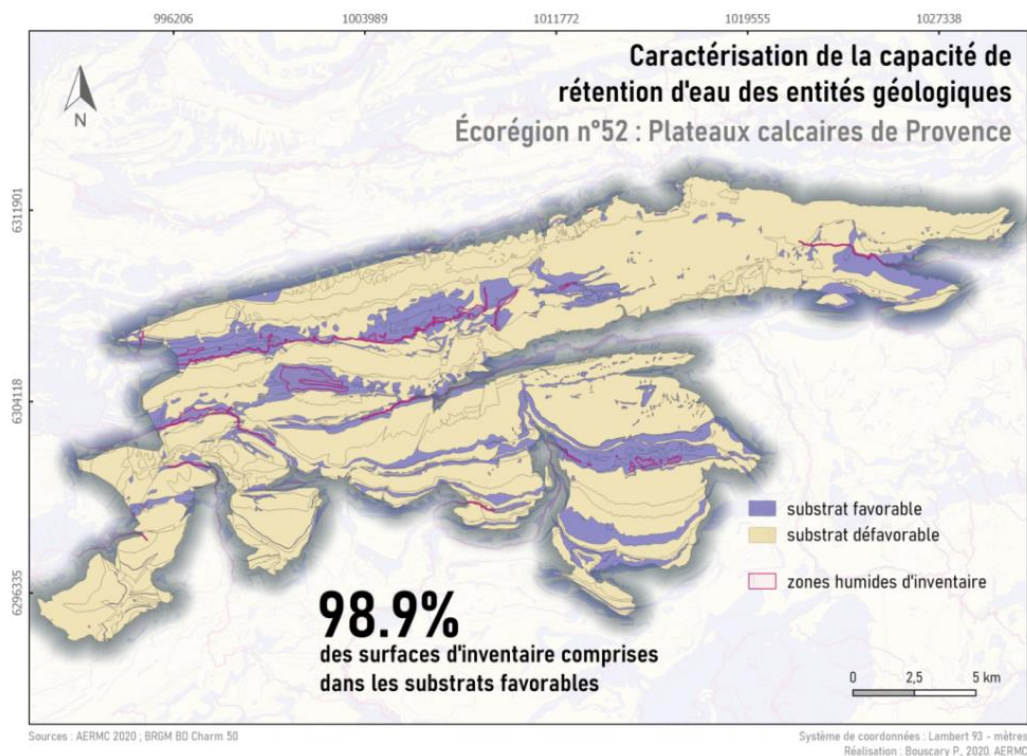


Figure 21 : sélection des objets substrats géologiques favorables à la rétention de l'eau, contrôlée et validée avec la distribution des inventaires de zones humides (Bouscary 2020).

Pour une écorégion donnée, l'EHR résulte de la sélection des formations géologiques et des critères de pentes définis comme favorables à la rétention de l'eau dans les sols de manière temporaire ou permanente (Figure 22).

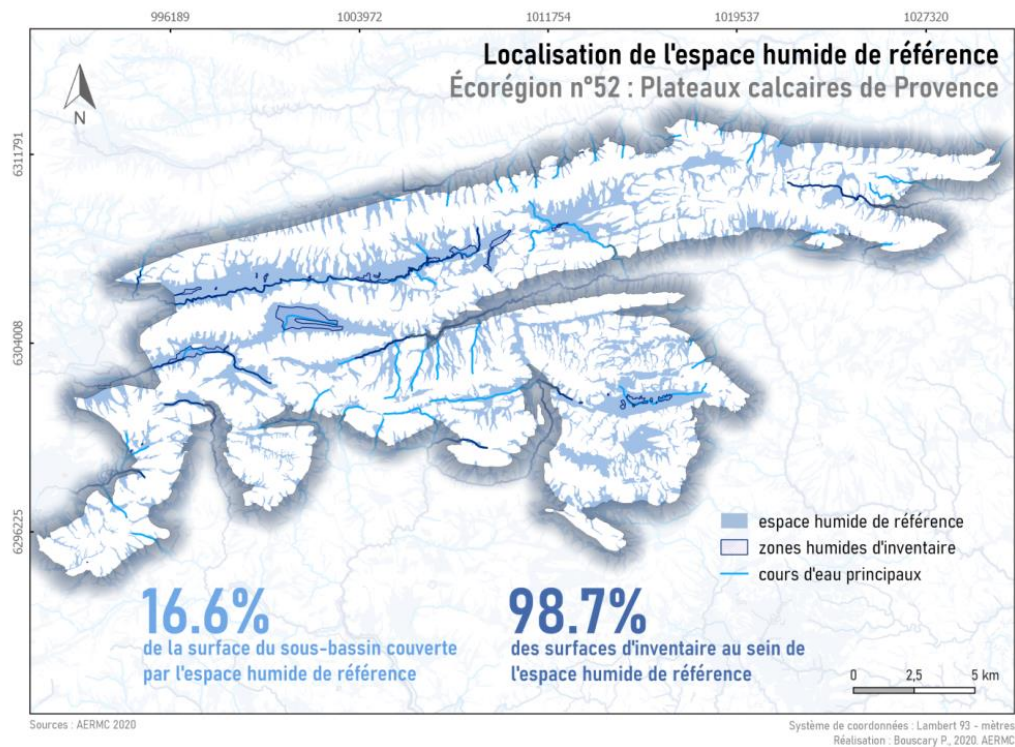


Figure 22: exemple de modélisation de l'espace humide de référence pour un sous-bassin versant (Bouscary 2020).

2.8 LA VERIFICATION DE LA COHERENCE DE L'EHR

Des contrôles de la cohérence spatiale de l'EHR ont été réalisés entre les limites des différentes écorégions. La figure 23 montre que l'EHR n'est pas affecté par les limites des écorégions. (57 Bordure dignoise, 60 Valensole ; 61 Plaine alluviale méditerranéenne). Cette vérification atteste que la modélisation a bien pris en considération les spécificités physiques de chacune des écorégions, ce qui conforte les choix réalisés dans le paramétrage des modèles.

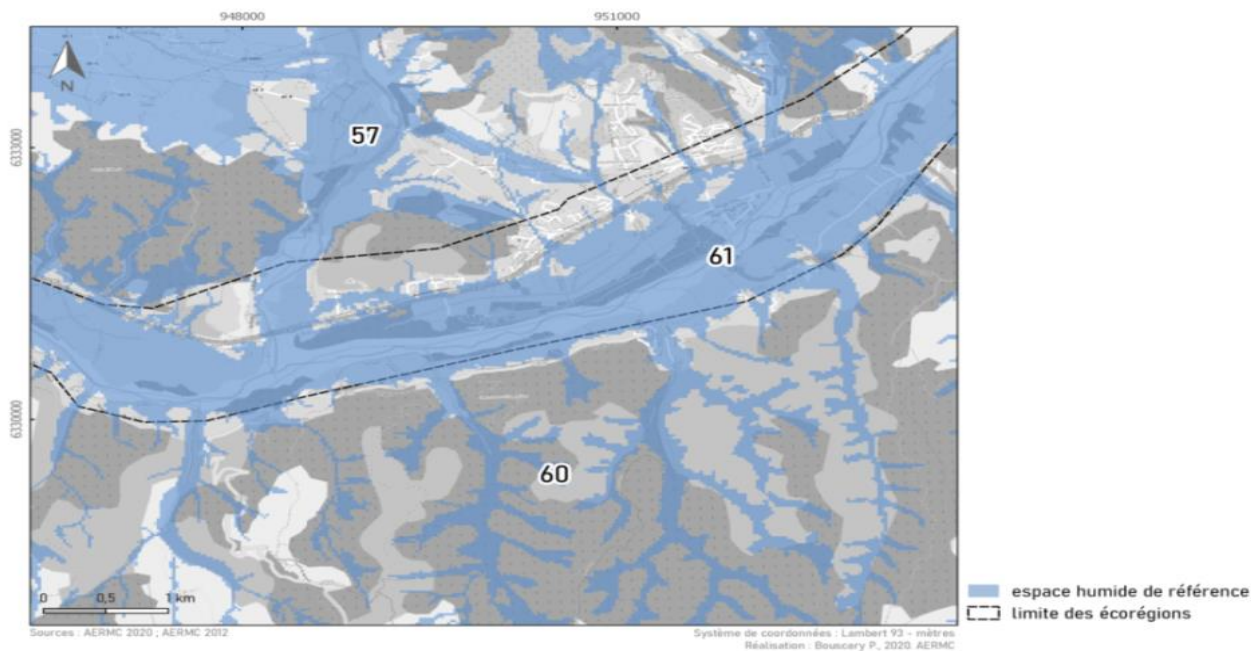


Figure 23: cohérence des continuités spatiales entre les espaces humides de référence de trois écorégions différentes (Bouscary 2020).



Ceillac, prairies de pente et prairies humides de fond de vallon de l'écorégion n°38 surmontées des versants alpins de l'écorégion n°49 (cliché F. Chambaud)

3. LE REFERENTIEL EHR : RESULTATS ET PERSPECTIVES D'UTILISATION

3.1 Le Référentiel obtenu pour le bassin Rhône-Méditerranée

La figure 24 présente l'EHR du bassin Rhône-Méditerranée. Le résultat obtenu montre que l'EHR couvre 41% de la superficie du bassin Rhône-Méditerranée alors que la somme des inventaires départementaux de zones humides représente environ 10% de la superficie du bassin (Bouscary 2021).

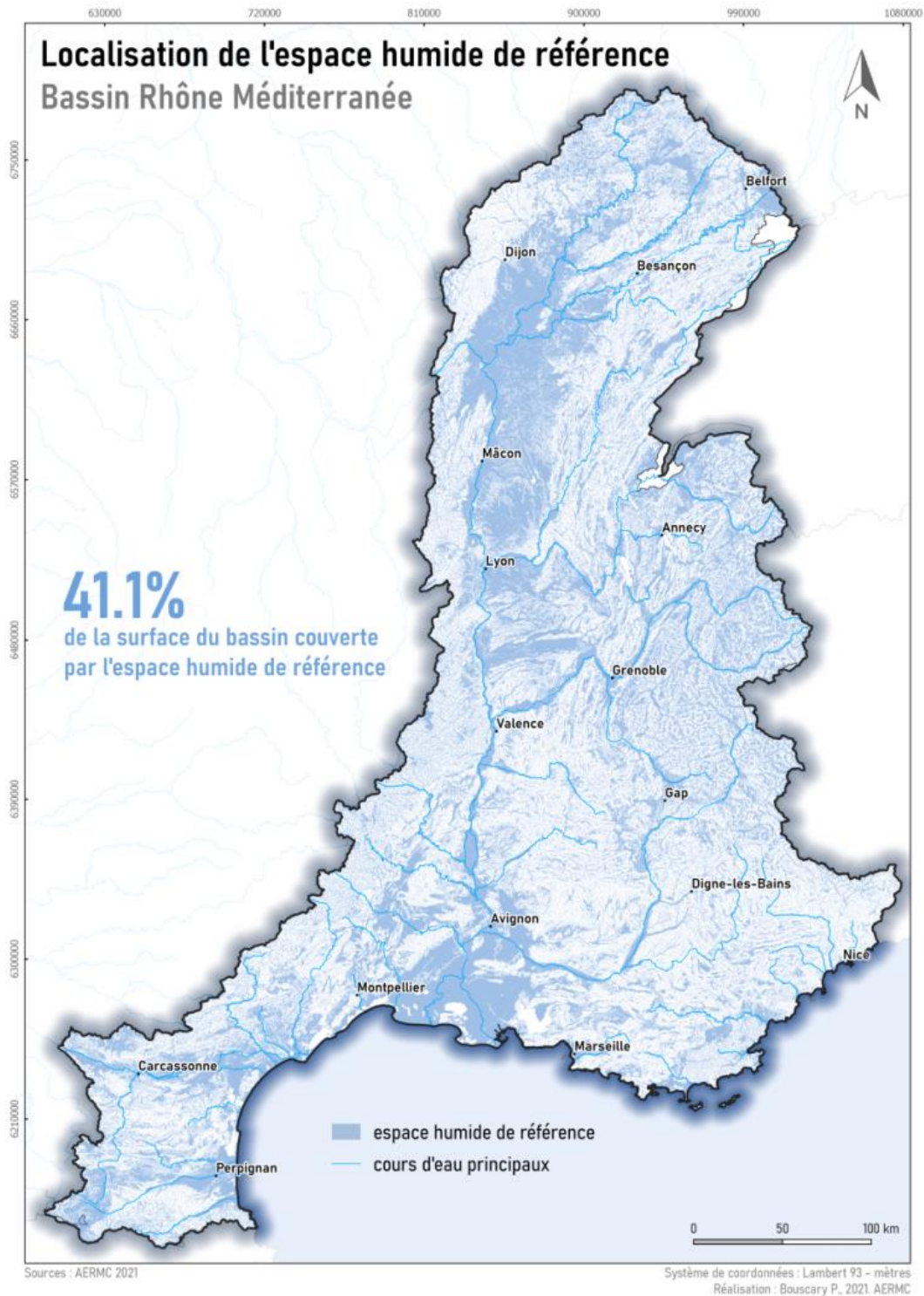


Figure 24: localisation de l'espace humide de référence du bassin Rhône-Méditerranée.

L'EHR défini sur les bases exposées précédemment rend bien compte des principales caractéristiques géographiques et structurales du bassin Rhône-Méditerranée.

Du nord au sud sont reconnus sur la carte :

- la dépression péri-vosgienne au nord-ouest de Belfort et la région du Sundgau au sud-est, qui se poursuit dans le bassin rhénan à l'est ;
- la vallée du Drugeon avec son complexe tourbeux du second plateau jurassien et à l'ouest sur le premier plateau jurassien la vallée de l'Angillon et les marais d'Andelot en Montagne ;
- la vallée de la Saône, la basse vallée du Doubs et la Bresse entre Dijon et Mâcon (fossé bressan), enchâssées entre le relief du Revermont à l'est et de la Côte viticole bourguignonne à l'ouest ;
- l'auréole de la Dombes entre Mâcon et Lyon ;
- le bassin de Lyon et des confluent Ain-Rhône et Saône-Rhône ;
- le plateau humide de Chambaran et de la forêt de Bonnevaux entre Lyon et Valence ;
- la basse vallée du Rhône au nord d'Avignon et la Camargue au sud ;
- la bordure nord et est du massif des Maures et de l'Estérel ;
- la bordure Est des Cévennes au nord de Montpellier
- la basse et la haute vallée de l'Aude ;
- le cône alluvial de Perpignan.

Pour les autres secteurs du bassin Rhône-Méditerranée, l'espace humide de référence est moins développé spatialement : il est adossé aux vallées alluviales (Ognon, Arve, Isère, Drôme, Durance ...) ou plus disséminé en fonction des formes du relief (massif alpin : replat, cuvette ...) dont les matériaux géologiques et l'altitude favorisent la rétention de l'eau dans les sols.

La figure 25 illustre la dimension structurante de l'axe Saône-Rhône dans le bassin Rhône-Méditerranée avec le fossé bressan au nord et le sillon rhodanien au sud. Dans des âges reculés (Bonvalot 2010), avant son remplissage, le fossé bressan constituait vraisemblablement la plus grande zone humide du bassin, plus étendue que la Camargue. L'EHR souligne bien ce constat.

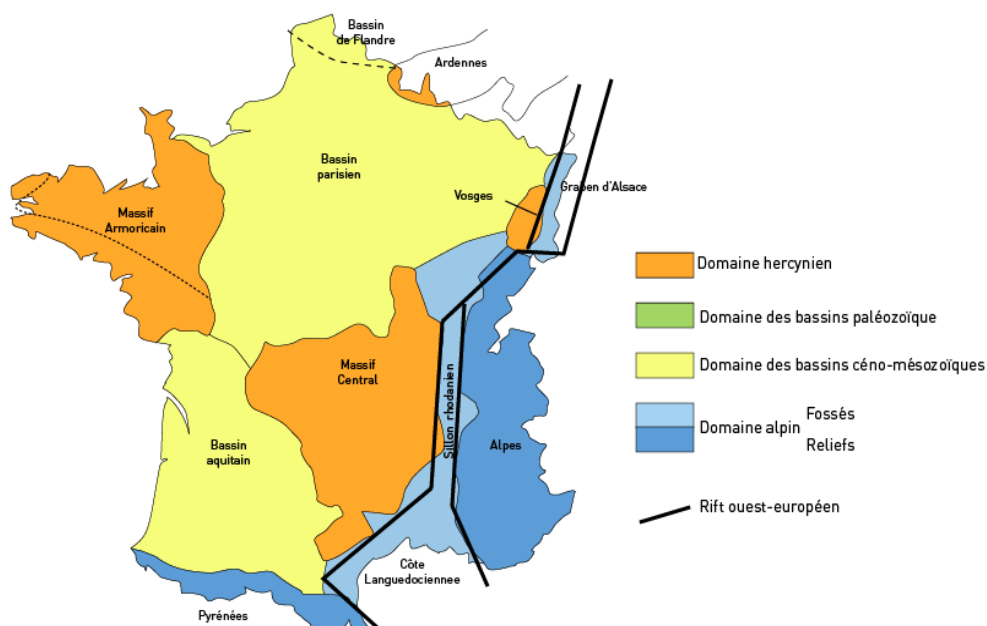


Figure 25: le rift ouest européen et les grands domaines géologiques de France (https://fr.wikipedia.org/wiki/Rift_ouest-européen).

Ce graben intracontinental (Bonvalot 2010), qui constitue la partie sud du rift ouest-européen qui traverse l'Europe occidentale, relie la mer du Nord à la mer Méditerranée, résulte d'un vaste effondrement tectonique, comblé par des apports de matériaux d'origine fluvio-lacustre¹⁵.

La figure 26 montre la répartition des grands morphotypes constitutifs de l'EHR du bassin Rhône-Méditerranée

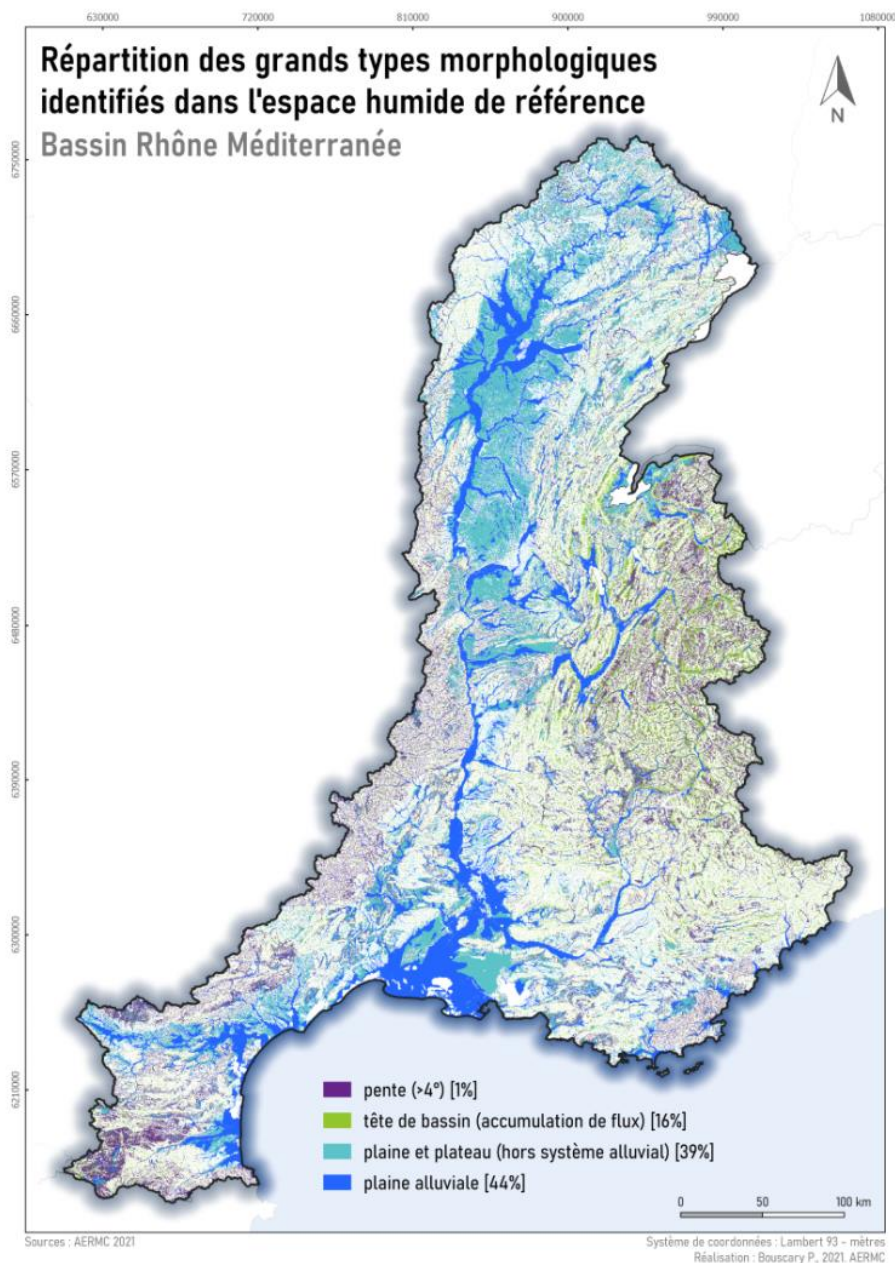


Figure 26 : répartition des principaux morphotypes dans l'espace humide de référence

¹⁵ Le remplissage plio-pléistocène du Fossé bressan dans la région de Bourg-en-Bresse commence par le Complexe des Marnes de Bresse, d'âge pliocène, correspondant à des dépôts fins caractéristiques d'une basse plaine marécageuse. Il se poursuit par des épanchements de cailloutis à caractères fluviaux qui ont pu être regroupés par des arguments cartographiques, géométriques et d'âge, au sein du Complexe de couverture bressan pléistocène inférieur. Cet ensemble est recouvert par le Complexe des moraines externes, attribué au Riss "ancien", en avant duquel se développe un système fluvioglaciaire relayé par un système lacustre. Le Complexe de Saint-Cosme Riss "récent" apparaît emboîté dans toutes les unités précédentes. Le cortège de minéraux lourds de la fraction sableuse de tous les matériaux est de type alpin sauf pour quelques cailloutis du Complexe de couverture où une influence locale a été mise en évidence (J. Bonvalot, 2010). Le remplissage plio-pléistocène du fossé bressan dans la région de Bourg en Bresse).

Quatre principaux morphotypes sont reconnus :

- les plaines alluviales (44%), qui collectent, stockent et acheminent les eaux vers la Méditerranée¹⁶ ;
- les plaines et plateaux (39%) hors système alluvial, qui stockent les eaux et diffèrent leur transfert vers le réseau hydrographique superficiel ou souterrain ;
- les formations de tête de bassin-versant (16%), constituées des vallons et thalwegs du chevelu hydrographique aux écoulements continus ou intermittents ;
- les formations de pente (1%) qui traduisent l'alimentation en eau des zones humides par le sous-sol.

3.2 Les données mises à disposition

Les données sont mises à disposition sur le site de l'agence de l'eau (<https://rhone-mediterranee.eaufrance.fr/>) dans la rubrique téléchargement. Elles se composent :

- d'une fiche d'information sur la localisation de l'EHR, qui présente le référentiel, ce à quoi il sert et comment il est construit ;
- d'une fiche métadonnées de l'EHR qui présente les données source, les traitements réalisés, les couches d'information dérivées et les points de vigilance et le logigramme simplifié de l'analyse du SIG ;
- d'une couche d'information géographique QGIS et d'une image de l'EHR au format TIF.

3.3 Les perspectives d'utilisation du référentiel

3.3.1 Accompagner la mise en œuvre du SDAGE

Le référentiel EHR apporte des éléments importants de contextualisation et de connaissance, sur la circulation de l'eau et le fonctionnement des zones humides. Il constitue un outil utile pour contribuer à l'application des orientations fondamentales (OF) du SDAGE 2022-2027, notamment les suivantes.

➤ **OF0 « s'adapter aux effets du changement climatique »**

Cette OF invite aux actions de réduction des causes de vulnérabilité aux effets du changement climatique et de développement des capacités à y faire face (résilience). Il s'agit de privilégier les approches préventives devant les approches « curatives anticipées » : l'objectif est de ménager les milieux aquatiques pour éviter que la situation ne se dégrade plutôt que de prendre des mesures curatives lourdes avant même que la situation ne le justifie.

- Agir plus vite et plus fort face au changement climatique (OF0-01) :
Anticiper le changement climatique consiste à identifier les actions à engager maintenant pour réduire la vulnérabilité des territoires aux effets futurs attendus. Les mesures à prendre pour s'adapter sont connues et précisées par le plan de bassin d'adaptation au changement climatique, adopté en 2014¹⁷ : organiser le partage de la ressource par une gouvernance adaptée, déployer en priorité les actions d'économies d'eau pour diminuer les besoins de prélèvements dans une ressource qui va se raréfier, dans les secteurs les plus contraints envisager si nécessaire la mobilisation de nouvelles ressources (stockage, transfert), limiter les pratiques et aménagements qui accélèrent l'assèchement des sols, désimpermeabiliser les sols, restaurer les zones humides, décroïsonner les rivières ...

¹⁶ Les plaines alluviales constituent un morphotype particulièrement soumis aux aménagements et à la concentration des activités humaines. Elles représentent aussi des modèles de zones humides très vulnérables aux effets du changement climatique. La réduction par deux ou trois des débits à l'horizon de 2050 pourrait s'accompagner d'un abaissement des nappes alluviales d'accompagnement et concomitamment d'une perte de fonctionnement des zones humides (atterrissement).

¹⁷ Une révision du plan de bassin d'adaptation au changement climatique sera engagée en 2022.

L'EHR intègre des zones humides aux fonctionnements différents (vallée, plateaux, tête de bassin versant, pentes) qui sont inégalement vulnérables. Par exemple, les zones humides alluviales dépendantes du régime hydrologique des cours d'eau et du niveau des nappes d'accompagnement sont plus vulnérables au changement climatique que des zones humides implantées sur des planchers argileux ou marneux, alimentées par les précipitations, le ruissellement ou des échanges karstiques. Connaître le fonctionnement des zones humides permet d'envisager des scénarios d'évolution dans un avenir proche pour définir des priorités d'actions.

- Développer la prospective pour anticiper le changement climatique (OF0-02) :

Pour cela, des démarches de prospective à long terme doivent être développées, en particulier dans le cadre de la révision ou de l'élaboration des SAGE, des PTGE, dans les domaines de l'urbanisme (SCoT par exemple), de l'aménagement et du développement des territoires (SRADDET par exemple), de l'agriculture, de l'énergie et du tourisme.

L'EHR peut contribuer efficacement à ces démarches prospectives en invitant à analyser son devenir selon les scénarios envisagés à long terme.

- Eclairer la décision sur le recours aux aménagements nouveaux et infrastructures pour s'adapter au changement climatique (OF0-03) :

Le changement climatique génère des incertitudes qu'il est difficile de lever lorsqu'il s'agit de dimensionner de nouveaux aménagements ou ouvrages envisagés pour faire face aux phénomènes attendus.

L'identification de l'EHR permet de nourrir les réflexions préalablement aux décisions d'aménagement et de création de nouvelles infrastructures pour qu'elles ne remettent pas en question le fonctionnement hydrologique des zones humides.

- Affiner la connaissance pour réduire les marges d'incertitude et proposer des mesures d'adaptation efficace (OF0-04) :

L'EHR permet de prendre du recul pour analyser les interactions de l'aménagement du territoire avec l'hydrosystème et de procéder à des choix durables.

➤ **OF1 « privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité ».**

L'EHR apporte des éléments pertinents pour asseoir les principes présentés dans les dispositions et contribuer à leur application.

- Impliquer tous les acteurs concernés dans la mise en œuvre des principes qui sous-tendent une politique de prévention (OF1-01) :

L'EHR offre un nouvel espace de réflexion aux acteurs concernés pour anticiper les risques d'altération du fonctionnement des zones humides.

- Développer les analyses prospectives dans les documents de planification (OF1-02) :

L'EHR peut contribuer à ces analyses en simulant l'évolution possible de l'urbanisation et ses conséquences sur le cycle hydrologique des zones humides.

- Orienter fortement les financements publics dans le domaine de l'eau vers les politiques de prévention (OF1-03) :

L'EHR peut aider à cibler les actions de préservation des zones humides permettant de conforter leur fonctionnement et la résilience écologique des territoires.

➤ **OF2 « concrétiser la mise en œuvre du principe de non-dégradation des milieux aquatiques »**

Cette OF invite à s'appuyer sur les SAGE et les contrats de milieu (OF2-02 et 03) pour mettre en œuvre l'objectif de non-dégradation des milieux aquatiques et à accompagner les maîtres d'ouvrage pour qu'ils anticipent en amont des procédures réglementaires les enjeux environnementaux à prendre en compte.

Le croisement de l'EHR avec les pressions existantes peut aider à cela en alertant en amont sur les risques de dégradation du fonctionnement des zones humides (atlas diachroniques des pressions dans les sous-bassins).

➤ **OF6A « agir sur la morphologie et le déclioisonnement pour préserver et restaurer les milieux aquatiques ».**

L'EHR peut appuyer l'identification des espaces de bon fonctionnement (6A-01 et 02) et aider à cibler les actions de restauration des processus écologiques des milieux aquatiques et humides (6A-04) ;

➤ **OF6B « préserver, restaurer et gérer les zones humides ».**

L'EHR accompagne les réflexions conduites dans les plans de gestion stratégique des zones humides (6B-01), pour mobiliser les outils fonciers dans un espace plus large que celui des zones humides inventoriées (6B-02) ou mieux réfléchir quand cela est nécessaire à la localisation pertinente des mesures compensatoires (équivalence fonctionnelle, proximité géographique, 2 pour 1 ...) conformément à la disposition 6B-03, pour informer et sensibiliser les acteurs (6B-04).

➤ **OF8 « augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques ».**

L'EHR traduit au plan fonctionnel la circulation de l'eau et les relations d'interdépendances (solidarité amont-aval et latérale). Il offre des opportunités d'échanges et d'arguments dans le cadre de la mise en œuvre intégrée de la gestion des milieux aquatiques et humides et de la prévention des inondations (cf. guide CEREMA 2017). Il peut venir également en appui de la mise en œuvre du Plan de gestion du risque d'inondation 2022-2027.

3.3.2 Utiliser l'espace humide de référence

L'agence de l'eau invite à mobiliser cette couche d'information géographique de l'EHR pour l'élaboration des plans de gestion stratégique, au même titre que l'utilisation des inventaires départementaux de zones humides.

L'EHR peut être utilisé pour analyser les pressions exercées par les activités humaines (analyses diachroniques de l'urbanisation par exemple) et évaluer leurs conséquences sur le fonctionnement de l'hydrosystème. Il peut ainsi aider au diagnostic puis à la définition des objectifs et des mesures de préservation, de gestion et de restauration des zones humides et de leurs fonctions à l'échelle d'un bassin-versant ou d'une intercommunalité. Il importe que le concept d'EHR, son mode de détermination, sa portée et l'usage qui en est proposé soient pleinement partagés en amont avec l'ensemble des acteurs du territoire, dans le cadre de la démarche de concertation mise en place pour établir le plan de gestion stratégique des zones humides.

Plus globalement, les informations et données relatives à l'EHR du bassin sont mises à disposition des bureaux d'études, des structures de bassins versants, des services de l'Etat et ses établissements publics pour accompagner la mise en œuvre du SDAGE et alimenter les réflexions pour la gestion et l'aménagement du territoire (GEMAPI, SCoT, PLUi ...).

NB : pour le bassin de Corse un travail similaire a été réalisé, sous l'égide de l'Office de l'environnement de Corse accompagné techniquement par l'agence de l'eau. L'EHR du bassin de Corse est en cours de finalisation, il a fait l'objet de présentation des résultats de sa construction lors de différents comités techniques et de groupes de travail en septembre et décembre 2021. Une validation est prévue au cours du premier semestre 2022.

CHAPITRE 2.

**EXEMPLES D'UTILISATION : L'ANALYSE DES
PRESSIONS ET LA QUALIFICATION DES
FONCTIONS.**

L'espace humide de référence est un nouveau référentiel du bassin Rhône-Méditerranée. En tant que tel, il peut être utilisé pour servir une grande diversité d'objectifs. Dans ce chapitre 2, des exemples d'utilisation sont présentés :

- une illustration de l'évolution de l'artificialisation de l'EHR par les tâches urbaines et les infrastructures d'équipement d'une part et des pressions agricoles intensives d'autre part en utilisant les indicateurs de la boîte à outils Rhoméo (indicateur, protocole, analyse et interprétation) :
- une illustration de la qualification des fonctions (hydrologiques, biogéochimiques et biologiques) relatives aux usages du sol dans l'EHR.

1. L'ANALYSE DES PRESSIONS D'ARTIFICIALISATION

Cet exercice consiste en une caractérisation de la tâche urbaine et des structures linéaires d'infrastructures d'équipement dans le bassin versant et au sein de l'EHR en appliquant le protocole défini dans la boîte à outils Rhoméo (<http://rhomeo-bao.fr/>) pour son indicateur I12 « pression de l'artificialisation ».

1.1 LES BASES DE DONNEES DE L'IGN

La BD Topo de l'IGN est utilisée pour modéliser la pression d'artificialisation (donnée précise, actualisée et homogène sur l'ensemble du territoire). L'actualisation des bases de données (BD Topo V2 – BD Topo V3) concerne des évolutions de structure, de thèmes et de classes (IGN, 2019). Afin d'éviter les incohérences, une vigilance doit ainsi être portée dans l'expertise multi-dates de ces bases de données (Bouscary 2020). Ces indicateurs fournissent des informations pertinentes qui précisent les évolutions appliquées à l'espace humide de référence, au bassin Rhône-Méditerranée ou à ses sous-bassins.

1.2 LES PRECAUTIONS D'UTILISATION

La BD Topo de l'IGN est livrée dans son format de mise à disposition à l'échelle du département. Le nombre d'objets très important rend les calculs longs. Des traitements préalables sont nécessaires pour les départements compris en partie seulement dans le bassin.

1.3. LA METHODE D'ANALYSE

Les pressions d'urbanisation et d'artificialisation sont par essence non ou très peu réversibles, elles occultent donc durablement les fonctions et le fonctionnement de l'hydrosystème. L'indicateur est construit sur l'évolution de la surface artificialisée par les routes et le bâti, dans le périmètre de l'espace humide de référence et à l'échelle du sous-bassin dans lequel il s'inscrit. Les deux valeurs obtenues sont mises en perspective avec le processus d'artificialisation à différentes échelles de temps.

Le protocole autorise des analyses diachroniques de l'évolution de l'espace artificialisé, au regard de l'EHR et du sous-bassin étudié. L'indicateur peut également être décliné à l'ensemble de l'EHR et être comparé avec la pression d'artificialisation dans le bassin Rhône-Méditerranée. Pour le calcul de l'indicateur, la pression d'artificialisation est modélisée à partir de la BD Topo de l'IGN. Trois dates ont été retenues compte tenu des données disponibles (2008, 2014 et 2020) afin de comparer les évolutions dans le temps et l'espace. Des zones tampons (50 m pour le bâti, variable suivant le type de route), créées à partir des objets, sont fusionnées pour construire la tâche artificialisée. Sa proportion est calculée pour trois dates de la BD Topo à l'échelle de l'espace humide de référence d'une part et celle du sous-bassin étudié d'autre part.

La figure 27 illustre les résultats obtenus pour les 193 sous-bassins du bassin Rhône-Méditerranée. Elle présente la distribution des différentes classes de pression d'artificialisation entre 2008 et 2020, dans les sous-bassins et dans leur EHR.

A partir de ces résultats, un atlas a été construit pour apporter des éléments de connaissance sur l'évolution de l'urbanisation au sein de chaque sous-bassin. Une fiche thématique renseigne sur les caractéristiques physiques du sous-bassin (superficie, écorégion qui le compose, superficie de l'espace humide de référence et proportion dans le bassin versant ...) et des métriques qui concernent l'urbanisation à différentes dates (surface et proportion)¹⁸.

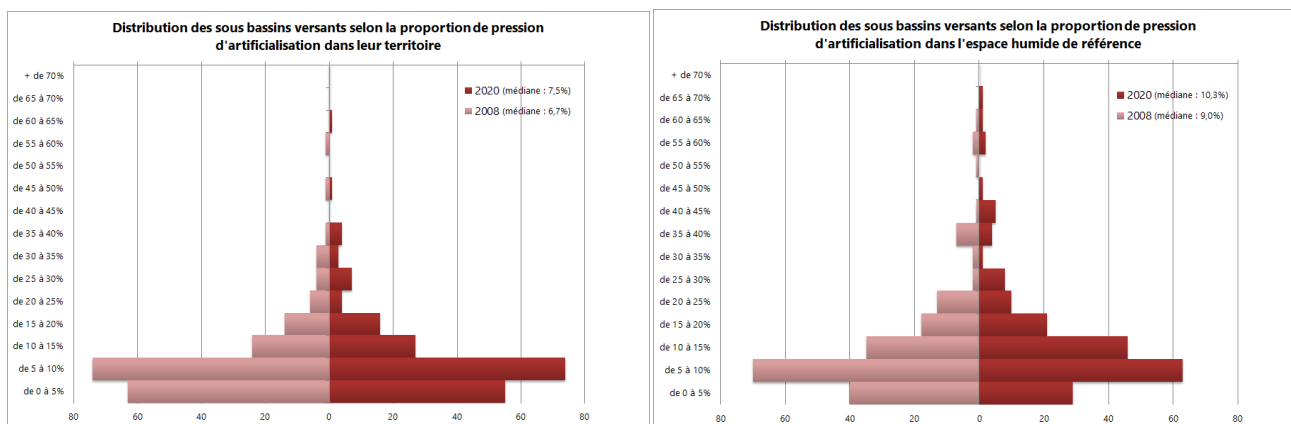


Figure 27 : distribution des classes de pression d'artificialisation dans les différents sous-bassins (à gauche) et leur espace humide de référence (à droite). En abscisse l'effectif des sous-bassins versants, en ordonnée les classes de pressions (Bouscary 2021).

Quel que soit l'espace considéré, l'évolution dans le temps est assez identique avec une progression sensible de la médiane d'environ un point. En revanche, l'amplitude verticale de la pyramide est plus conséquente dans l'EHR que dans les sous-bassins. Cela signifie que, dans certains sous-bassins, les proportions (> 10%) de superficies artificialisées et leur évolution entre 2008 et 2020 sont plus importantes au sein de l'EHR que dans le sous-bassin. Les configurations spatiales plutôt planes sont en effet favorables à l'urbanisation.

Cela conduit à s'interroger sur le seuil d'artificialisation de l'espace de référence à partir duquel les répercussions peuvent être estimées comme préoccupantes vis-à-vis de la circulation de l'eau (ruissellement, infiltration, stockage ...). La figure 27 à droite montre qu'en 2020, la distribution > 15% représente moins de 50 sous-bassins. Ceux-ci pourraient faire l'objet d'une attention particulière pour l'analyse de leur vulnérabilité et les réflexions à initier pour limiter les perturbations de la circulation de l'eau au sein du sous-bassin et les risques associés (production du ruissellement, inondations, protection des personnes et des biens, aménagement du territoire ...).

¹⁸ Analyse de l'évolution des pressions d'urbanisation et des pratiques agricoles impactantes à l'échelle de l'ex région Rhône-Alpes. Rapport technique. 2020. CEN RA et CEN 73.

2. L'ANALYSE DES PRESSIONS AGRICOLES

Ce travail consiste en une caractérisation des pressions liées aux pratiques agricoles intensives en appliquant le protocole défini dans la boîte à outils Rhoméo (<http://rhomeo-bao.fr/>) pour son indicateur I13 « pression des pratiques agricoles ». Elle est approchée par l'évaluation de la proportion de superficie dans laquelle les pratiques agricoles portent atteintes aux zones humides (retournement du sol, intensification) dans l'espace humide de référence et dans le territoire étudié (bassin, sous-bassin).

2.1. LE REGISTRE PARCELLAIRE GRAPHIQUE

Sont utilisées les données annuelles déclaratives des îlots cultureux, consignées dans le registre parcellaire graphique (RPG). Ce dispositif et ses informations spatialisées sont administrés par l'Agence de Services et de Paiement (ASP). Ils sont utilisés pour la gestion des aides européennes (Politique Agricole Commune) qui sont attribuées à la surface (<http://rhomeo-bao.fr/>).

L'analyse réalisée pour l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée et ses sous-bassins mobilise le RPG à trois dates différentes (2008, 2014 et 2020). Les deux premières versions décrivent les données agricoles d'utilisation du sol à l'îlot parcellaire. Depuis 2016, le RPG décrit l'usage agricole du sol à la parcelle et non plus à l'îlot parcellaire.

2.2 LES PRECAUTIONS D'UTILISATION

Les données déclaratives du RPG ne sont pas exhaustives dans un territoire donné. En effet, les parcelles agricoles des exploitants pluriactifs ou des exploitants spécialisés non affiliés aux aides à la surface de la politique agricole commune ne sont pas déclarées, donc non-prises en considération par l'indicateur. Cela constitue localement une limite à l'exhaustivité de l'indicateur. Les réunions de travail avec les acteurs et la concertation permettent dans ce cas de compléter les connaissances et préciser les impacts.

Sur les 28 postes de cultures répertoriés dans les différentes versions utilisées du RPG, tous sont utilisés sauf les postes 17 (landes et estive), 18 (prairies permanente) et 19 (prairies temporaires (http://rhomeo-bao.fr/sites/all/themes/corporateclean/pdf/I13_ZH_Boite-outils.pdf)). Par ailleurs, le protocole ne propose pas de typologie de pression selon le type de culture. L'arboriculture ou la viticulture sont mises sur le même plan qu'une culture annuelle. De même, les différentes pratiques culturales d'un îlot à l'autre, et notamment les pratiques économes en intrants moins impactantes sur les milieux aquatiques et humides, ne sont pas identifiées. Ainsi, aucune distinction n'est possible sur l'intensité de la pratique agricole, une culture intensive exerçant pourtant davantage de pression qu'une culture extensive (Bouscary 2020).

Par ailleurs, afin de disposer d'une continuité dans l'analyse des données multi-dates, une dégradation de l'information à l'îlot parcellaire a dû être effectuée pour le millésime 2019.

2.3 LA METHODE D'ANALYSE

L'exercice consiste à évaluer l'évolution des surfaces cultivées au sein de l'EHR et des sous-bassins au détriment des surfaces de prairies, dont le maintien et l'exploitation extensive sont favorables à la préservation des zones humides. Tous les postes du RPG sont ainsi pris en compte, sauf les prairies et les estives (codes 17, 18 et 19). Le protocole consiste à croiser les enveloppes géographiques de l'EHR et du sous-bassin avec les données spatialisées des îlots cultureux extraites du RPG.

La figure 28 illustre les résultats obtenus pour les 193 sous-bassins du bassin Rhône-Méditerranée. La distribution des différentes classes de pression est comparée entre 2010 et 2019, dans les sous-bassins et dans leur EHR.

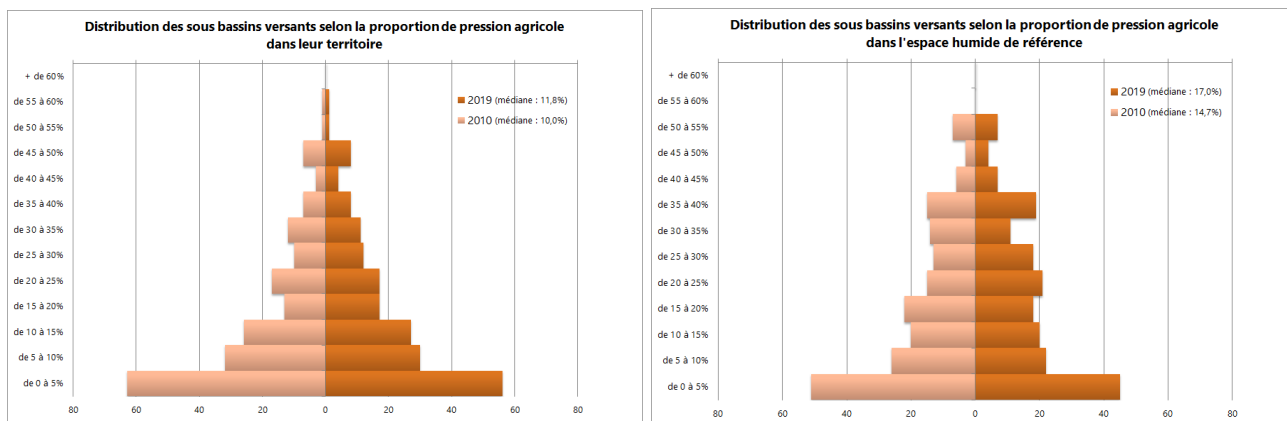


Figure 28 : distribution des classes de pression des pratiques agricoles dans les différents sous-bassins et leur espace humide de référence, en abscisse l'effectif des sous-bassins versants, en ordonnée les classes de pressions (Bouscary 2021).

L'évolution dans le temps et l'espace des pressions agricoles liées à la mise en culture et leur distribution sont assez différentes entre les sous-bassins et l'EHR. C'est dans ce dernier qu'elles sont les plus importantes, ce qui corrobore des configurations spatiales propices à la mise en culture (secteurs plats ou peu pentus, vallées). L'évolution entre 2010 et 2019 est marquée par une augmentation de 3,7 points de la médiane dans les EHR alors que parallèlement elle n'évolue que de 1,8 dans les sous-bassins. Cela traduit le fait que la pression agricole liée au retournement des prairies se concentre de plus en plus dans l'EHR.



Vallée du Buëch en amont du barrage de Saint Sauveur, culture annuelle et arboriculture en bordure du cours d'eau (cliché F. Chambaud).

3. RESULTAT DANS LE BASSIN ET LES SOUS-BASSINS

3.1. LE BASSIN RHONE-MEDITERRANEE

La figure 29 restitue les calculs des deux indicateurs de pression dans l'espace humide de référence et pour l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée (années 2008-2010, 2014-2016 et 2019-2020). La pression d'artificialisation passe de 7% à 8% dans le bassin alors que parallèlement, pour la même période elle progresse de 9,6% à 10,9% dans l'espace humide de référence.

En 2020, ces 10,9% de l'espace humide de référence artificialisé, convertis par l'urbanisation et les infrastructures linéaires, sont difficilement réversibles. Ce chiffre permet de disposer d'une première estimation réaliste et factuelle des superficies fonctionnelles perdues dans le bassin Rhône-Méditerranée. Cette perte durable de superficies fonctionnelles, essentielles pour les circulations d'eau est susceptible d'induire des déséquilibres dans le fonctionnement de l'hydrosystème (ruissellement, infiltration, stockage ...).

En 2020, 19,5% de la superficie de l'espace humide de référence est soumise à une pression agricole par la mise en cultures au détriment des prairies. Cette pression agricole modifie la végétation mais n'implique pas nécessairement la disparition de l'ensemble des fonctions associées aux zones humides. Par exemple des sols argilo-limoneux ou argileux avec la présence d'une nappe perchée (Rédoxisols) sont engorgés durant les périodes de fortes précipitations, que leur couverture soit en prairie, en culture ou en forêt. Il en est de même des champs d'expansion des crues.

Si l'on considère les pressions cumulées liées à l'artificialisation et à l'agriculture (Figure 29) : dans l'EHR elles sont en augmentation (27,8% en 2008, 29,2% en 2014 et 30,4% en 2020) et nettement supérieures à ce que l'on constate dans la totalité du bassin Rhône-Méditerranée (19,4% en 2008, 20,5% en 2014 et 21,4% en 2020). Ces chiffres constituent une moyenne pour le bassin : localement ces pressions sont plus faibles ou plus fortes, selon le contexte géographique du sous-bassin considéré.

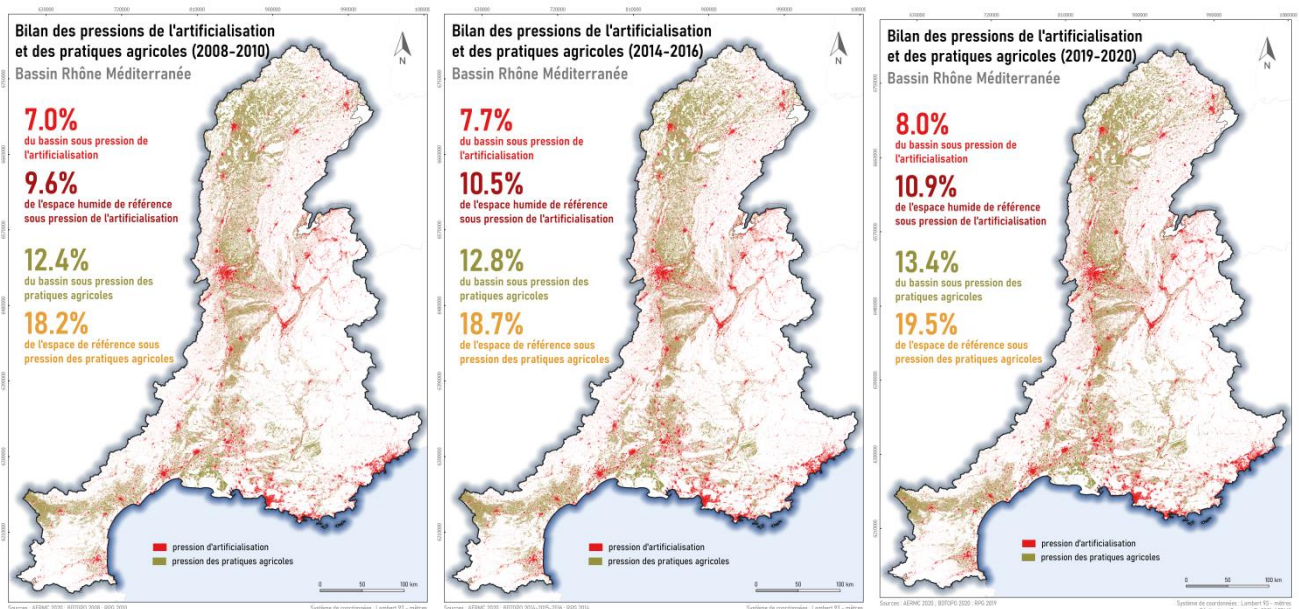


Figure 29 : bilan des pressions d'artificialisation et agricoles intensives dans le bassin Rhône-Méditerranée et son EHR à trois dates (Bouscary 2020).

Ces pressions cumulées dans l'EHR entraînent une altération des fonctions des zones humides plus ou moins importante (pratiques agricoles intensives) voire la disparition des fonctions (imperméabilisation et urbanisation).

3.2 ILLUSTRATION DANS QUELQUES SOUS-BASSINS

3.2.1 La Brague et les fleuves côtiers

Sur la façade méditerranéenne, dans les Alpes-Maritimes, le sous-bassin de la Brague et des petits fleuves côtiers associés se caractérise par une urbanisation importante (Antibes, Cannes) dans et en dehors de l'espace humide de référence. L'agriculture, abordée avec le référentiel parcellaire graphique, est quasiment absente dans ce sous-bassin (Figure 30). En 2020, ce sont plus des deux tiers de l'espace humide de référence qui ont été consommés par l'artificialisation.

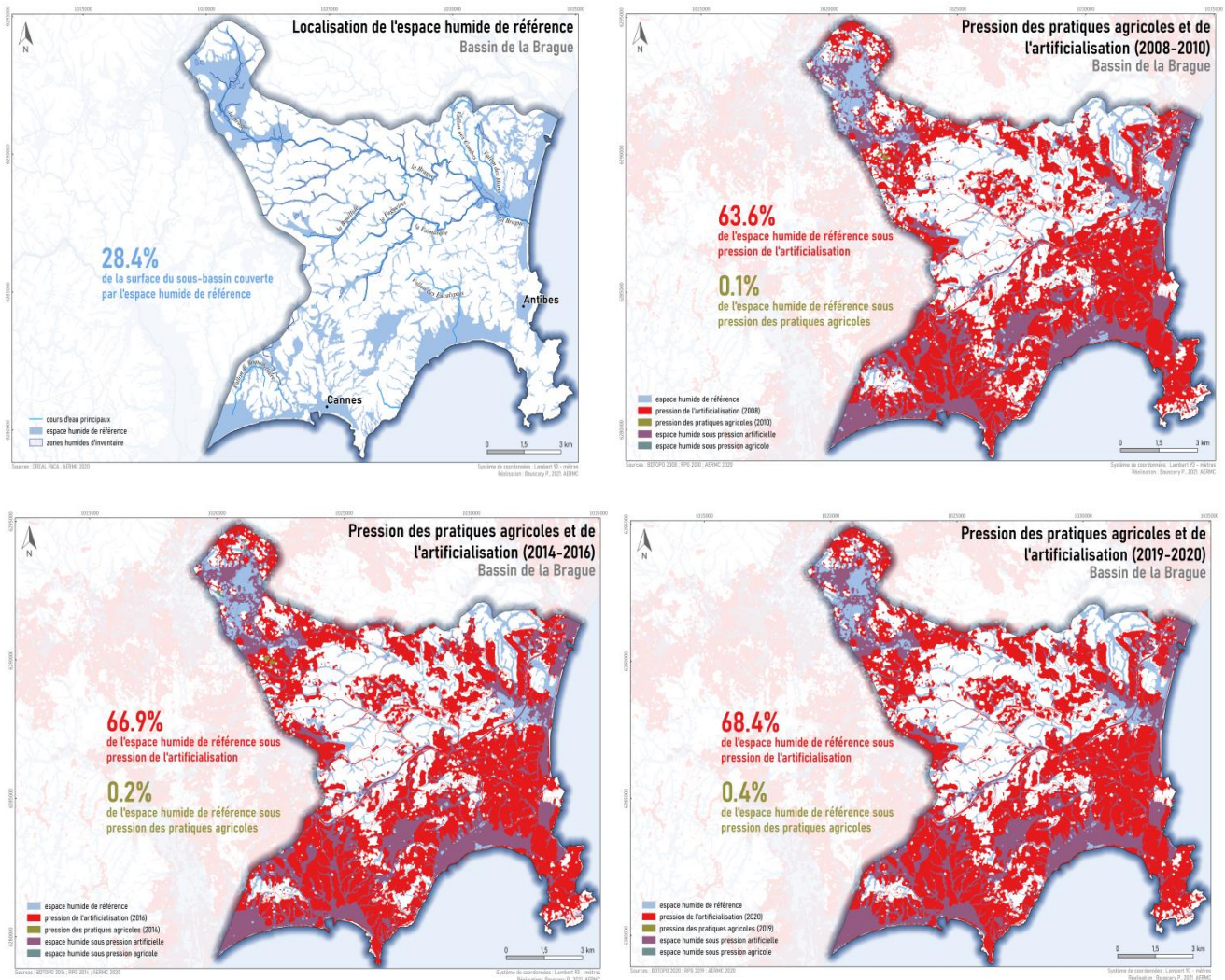


Figure 30 : analyse diachronique des pressions d'artificialisation et agricoles dans le bassin versant de la Brague (Bouscary 2021).

Entre 2008 et 2020, la tache urbaine s'est densifiée. Il paraît ainsi essentiel de s'intéresser aux surfaces résiduelles de l'EHR qui ne sont pas urbanisées pour les préserver (en bleu clair sur les cartes). Elles constituent des surfaces dans lesquelles l'eau peut s'infiltrer, circuler ou se stocker durant les épisodes pluvieux (ruissellement plus ou moins intense) et lors des crues. Ailleurs, l'espace humide de référence a été consommé et disparaît sous les constructions ou les aménagements (imperméabilisation en violet sur les cartes). On voit à travers cet exemple comment l'EHR peut utilement accompagner les réflexions, en application du SDAGE, pour la prise en compte par les politiques d'urbanisation des enjeux de l'eau, des zones humides, du risque d'inondation et de la maîtrise foncière.

Un récent travail de master 2 met en évidence la corrélation entre l'évolution de l'occupation du sol (urbanisation entre 1960 et 2018) et la production de ruissellement (Figures 31 et 32) dans le sous-bassin de la Brague et son EHR.

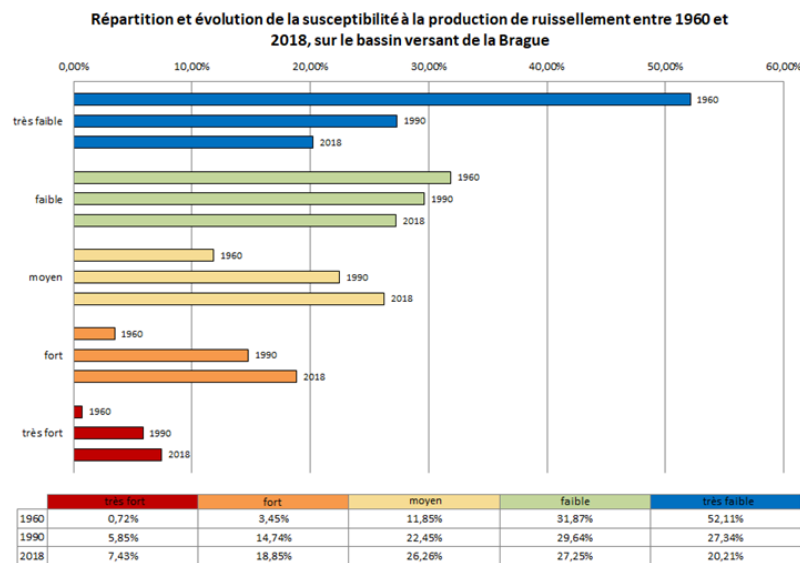


Figure 31 : susceptibilité de la production du ruissellement entre 1960 et 2018 dans le bassin de la Brague et des fleuves côtiers (Desfosse 2021).

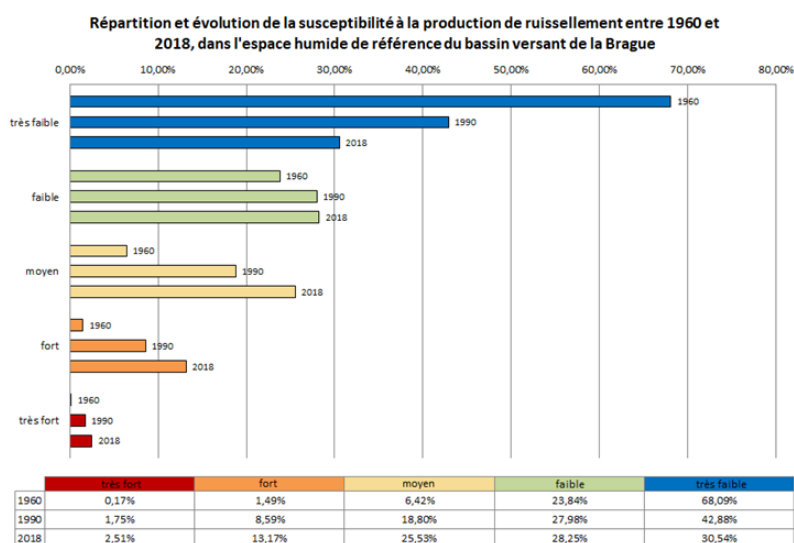


Figure 32 : susceptibilité de la production du ruissellement entre 1960 et 2018 dans l'espace humide de référence du bassin de la Brague et des fleuves côtiers (Desfosse 2021).

Ce travail montre que l'évolution de l'urbanisation dans le sous-bassin de la Brague et son EHR se traduit par :

- la production de ruissellement induite par l'imperméabilisation du sol qui augmente inégalement au fil du temps dans le sous-bassin et l'EHR. Entre 1960 et 2018, l'aléa très fort est multiplié par 10 dans le bassin et par 15 dans l'EHR, l'aléa fort par 9 dans le bassin et 10 dans l'EHR. Dans le même temps, l'aléa très faible voit sa superficie baisser de 43% dans le bassin et de 45% dans l'EHR ;
- la perte de surface favorable au transfert, à l'accumulation et à l'infiltration de l'eau dans l'EHR concomitante à la consommation de celui-ci par l'urbanisation.

En conclusion, cette augmentation de la production du ruissellement, couplée à la disparition de superficies en capacité de l'absorber, génère des dysfonctionnements hydrologiques du territoire qui l'expose possiblement à un accroissement du risque d'inondation (Desfosse 2021). La crue dévastatrice

du 4 octobre 2015 illustre l'impact potentiel de ces dysfonctionnements qui se sont soldés par la mort de 7 personnes et des dégâts matériels très importants.

3.2.2 Le Durgeon

Le sous-bassin du Durgeon, affluent en rive gauche de la Saône, arbore une physionomie rurale (Figure 33). L'urbanisation se concentre autour de Vesoul, préfecture de la Haute-Saône. Entre 2008 et 2020, l'artificialisation passe de 9,7% à 10,8% dans l'EHR. On constate une augmentation de la tache urbaine, y compris dans les petits bourgs des communes rurales.

La pression agricole liée à la mise en cultures évolue dans l'EHR de 14,7% à 16,3%. Les cultures annuelles avec le retournement des sols progressent. L'augmentation paraît récente, cela peut être lié aux incertitudes de la politique agricole commune, à l'optimisation du système fourrager pour les productions animales (lait, viande) avec la réalisation d'ensilage de maïs à haute valeur énergétique, ou à une spécialisation des exploitations en productions végétales (céréales, oléagineux, protéagineux).

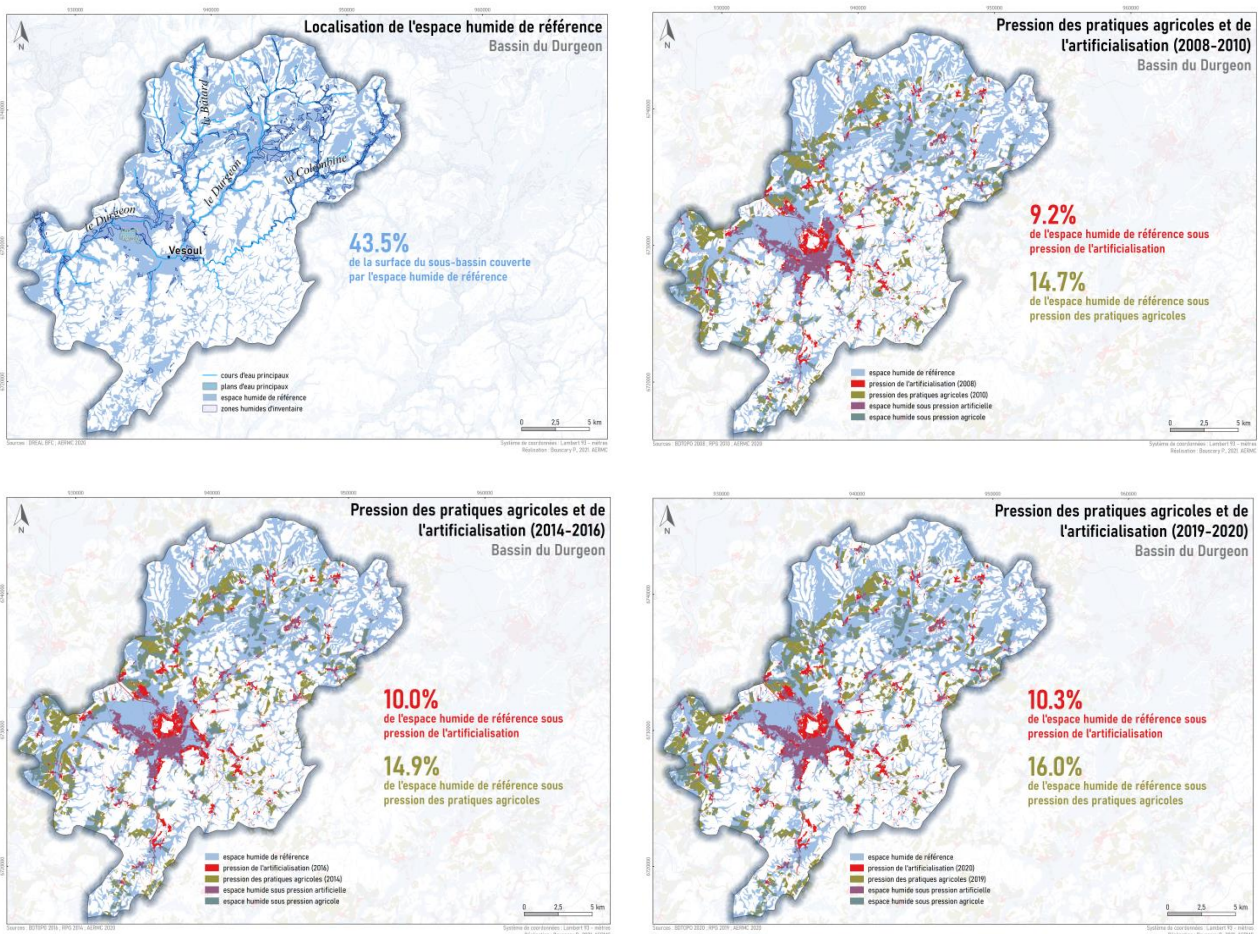


Figure 33 : analyse diachronique des pressions d'artificialisation et agricoles dans le bassin versant du Durgeon (Bouscary 2021).

3.3 LA MISE A DISPOSITION DES DONNEES

Pour les 193 sous-bassins, les couches d'information produites par l'agence de l'eau sur les pressions d'artificialisation et agricoles (Bouscary 2021) sont mises à disposition des structures de bassins versants, des gestionnaires de zones humides et des milieux aquatiques, des collectivités en charge de l'urbanisme, des services de l'Etat et ses établissements publics et de tout autre acteur intéressé pour, notamment :

- la réalisation de plans de gestion stratégique des zones humides, la qualification des pressions préalablement à la définition des secteurs à enjeu, à la concertation et à la validation des objectifs et mesures à y mettre en œuvre (préservation, réduction de pression et restauration) ;
- l'accompagnement des réflexions de planification de l'urbanisation, de la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations.

Les métadonnées qui accompagnent les couches d'information géographique fixent le cadre de la démarche et leur bonne utilisation.

A partir des résultats obtenus, un atlas a été construit pour apporter des éléments de connaissance sur l'évolution de l'urbanisation et de l'agriculture au sein des 193 sous-bassins du bassin Rhône-Méditerranée.

L'ensemble de ces informations sont téléchargeables sur le site d'information du bassin Rhône-Méditerranée : <https://rhone-mediterranee.eaufrance.fr/>.

NB : la bonne appropriation de l'outil exige de bien respecter les échelles qui lui sont associées :

- l'échelle de construction de l'EHR est celle du modèle numérique de terrain utilisé à une résolution de 25 m. Elle a constitué un bon compromis pour une construction robuste de l'espace humide de référence dans le bassin Rhône-Méditerranée et ses 193 sous-bassins ;
- l'échelle d'utilisation opérationnelle du 1/25 000 voulue par la note technique du SDAGE sur les plans de gestion stratégique. Cette échelle est compatible avec une démarche territoriale (bassins versants et sous-bassins), avec les grands ensembles structurants du paysage (formes du relief, couverture du sol, tâches urbaines, infrastructures d'équipement) et leurs relations fonctionnelles.

4. LA QUALIFICATION DES FONCTIONS

4.1. PRINCIPE DE LA DEMARCHE

Une fonction d'une zone humide désigne « l'activité propre d'un élément ou d'un organe dans un ensemble dont il fait partie » (Fustec et Lefeuvre, 2000) ou des « activités ou actions qui ont lieu naturellement dans les zones humides, résultantes d'interactions entre les processus et la structure de l'écosystème » (Maltby et al. 1996). Lorsqu'elles sont en bon état, les zones humides remplissent trois fonctions majeures : hydrologique, biogéochimique et biologique, elles-mêmes déclinables en plusieurs sous-fonctions (Barnaud et Fustec 2007 ; Bouzillé 2014). Ces fonctions sont à l'origine de services rendus¹⁹, à la société, tels que l'écroulement des crues, le stockage du carbone ou la dénitrification (Fustec et Lefeuvre, 2000). Elles peuvent être altérées par les activités qui s'exercent dans et autour des zones humides.

Les analyses qui concernent les différentes démarches appliquées dans le bassin Rhône-Méditerranée pour qualifier les fonctions des zones humides sont présentées en annexe V. L'annexe VI présente une fiche de synthèse pour accompagner les acteurs lors de la réalisation de plans de gestion stratégique des zones humides (d'après Catteau 2018).

La qualification des fonctions²⁰ peut s'appliquer à l'EHR (vision systémique, globale et continue) ou aux périmètres des inventaires de zones humides (vision locale et discontinue).

Dans les différentes figures ci-après, l'analyse concerne l'espace humide de référence, duquel sont déduites les surfaces imperméabilisées et urbanisées (en noir sur les cartes) où l'ensemble des fonctions des zones humides est remis en cause. La tache noire sur les cartes constitue donc déjà un premier indicateur de l'atteinte à ces fonctions par l'imperméabilisation et l'urbanisation. Pour la partie restante de l'EHR, l'intitulé « fonction remplie » signifie qu'on considère que la fonction existe ou, inversement, qu'elle n'existe pas (« fonction non-remplie »). Cette qualification (Catteau 2017) s'appuie sur l'analyse géomatique des différents critères : les occupations du sol (agricole, forestière, pastorale, friches, à partir du RPG) et leurs propriétés, les pentes, la forme du relief, les conditions de ruissellement ou d'infiltration (IDPR).

Cette qualification des fonctions constitue une première appréciation de leur réalisation (ou pas) en tenant compte des critères précités. Ces critères ne sont pas nécessairement exhaustifs, notamment pour ce qui concerne l'usage agricole du sol qui est caractérisé à partir du seul RPG. C'est pourquoi, à ce stade, l'appréciation de la réalisation des fonctions est restée volontairement qualitative (oui ou non) plutôt que quantitative (niveau de réalisation de la fonction). Ces cartes sont donc à considérer comme une première base de travail : le niveau de réalisation des fonctions ou sous-fonctions devra être précisé dans le cadre de l'élaboration des plans de gestion stratégique des zones humides ou d'autres démarches d'aménagement des territoires, au sein des groupes de concertation pour partager et valoriser la connaissance issue des différents acteurs concernés.

Le choix a été fait d'une qualification des sous-fonctions (Gayet et al. 2016)²¹ qui composent chaque fonction, pour mettre en évidence les spécificités locales des compartiments du territoire (forme du relief, pente, types d'occupation du sol) propices à leur réalisation. En effet, une analyse globale de la fonction masque les caractéristiques locales à contribuer à une sous-fonction (par exemple présence importante

¹⁹ Guide argumentaire en faveur des zones humides à destination des décideurs (2021) :

https://www.sauvonsleau.fr/jcms/e_25045/parution-et-si-les-zones-humides-etaient-un-atout-pour-votre-territoire-#_YJTxsjozYdU

²⁰ Pour plus d'information sur les fonctions des zones humides, se référer au document « Les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et biologiques des zones humides »²⁰ élaboré par l'agence de l'eau (2021).

https://www.eaurmc.fr/jcms/pro_102185/fr/fonctions-hydrologiques-biogeochimiques-et-biologiques-des-zones-humides

²¹ Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. <http://zones-humides.org/guide-de-la-m%C3%A9thode-nationale-d%C3%A9valuation-des-fonctions-des-zones-humides>

des cuvettes ou plans d'eau pour la désynchronisation des pics de crues ou l'expansion des crues, la rétention des sédiments, la dénitrification ...). En outre, pour chaque sous-fonction, il est fait état des critères qui participent à l'analyse géographique.

La démarche développée par l'agence de l'eau est sujette à des incertitudes maîtrisées liées à la qualité des données mobilisées²² et à leur échelle d'utilisation. Les scripts associés aux critères des requêtes pour qualifier les fonctions sont présentés en annexe VII.

4.2 APPLICATION AU BASSIN VERSANT DU LEZ-MOSSON-ETANGS PALAVASIENS

Les éléments présentés ci-après sont tirés de travaux expérimentaux et de recherche (Catteau, thèse Cifre 2018-2022)²³ soutenus par l'agence de l'eau pour orienter son appui aux territoires. Ces illustrations constituent des exemples d'une qualification des fonctions au sein de l'EHR, notamment au regard de son niveau d'anthropisation. Selon les sous-fonctions analysées et les données mobilisées, on remarque que l'EHR contribue différemment aux fonctions concernées selon sa configuration et l'occupation des sols

4.2.1 La fonction hydrologique

La fonction hydrologique peut être subdivisée en plusieurs sous-fonctions associées à des processus particuliers : la rétention des eaux de surface et des sédiments, la recharge de la nappe, les effets sur le régime des eaux et la dissipation des forces érosives (Figures 34 à 37).

4.2.1.1 La désynchronisation des pics de crue

Lors des épisodes pluvieux, les cuvettes et les zones planes ont la propriété de retenir l'eau en surface ou de favoriser son infiltration. Cette aptitude dépend de la capacité des sols à absorber l'eau selon leur texture (sables, graviers) et leur taux de saturation. Spatialement sont concernées les positions planes, les plans d'eau et les dépressions propices au stockage des eaux (Figure 34).



Inondation du lit majeur cultivé de l'Ouche à Tart le Bas, Côte d'Or (Cliché F.Chambaud mai 2013).

²² La couche SURFACE_EN_EAU de la BDTPOPO® représente les surfaces en eau de plus de 20 m de long, les cours d'eau supérieurs à 7,5 m de large, les bassins maçonnés de dimension supérieure à 10 m ainsi que les zones inondables périphériques supérieures à 20 m de large (IGN, 2014).

²³ Suzanne Catteau UMR Passages 5319 Université de Bordeaux Montaigne – Tour du Valat – ANRT - AE RMC. Thèse aidée par l'agence de l'eau dans le cadre d'une convention industrielle de formation par la recherche.

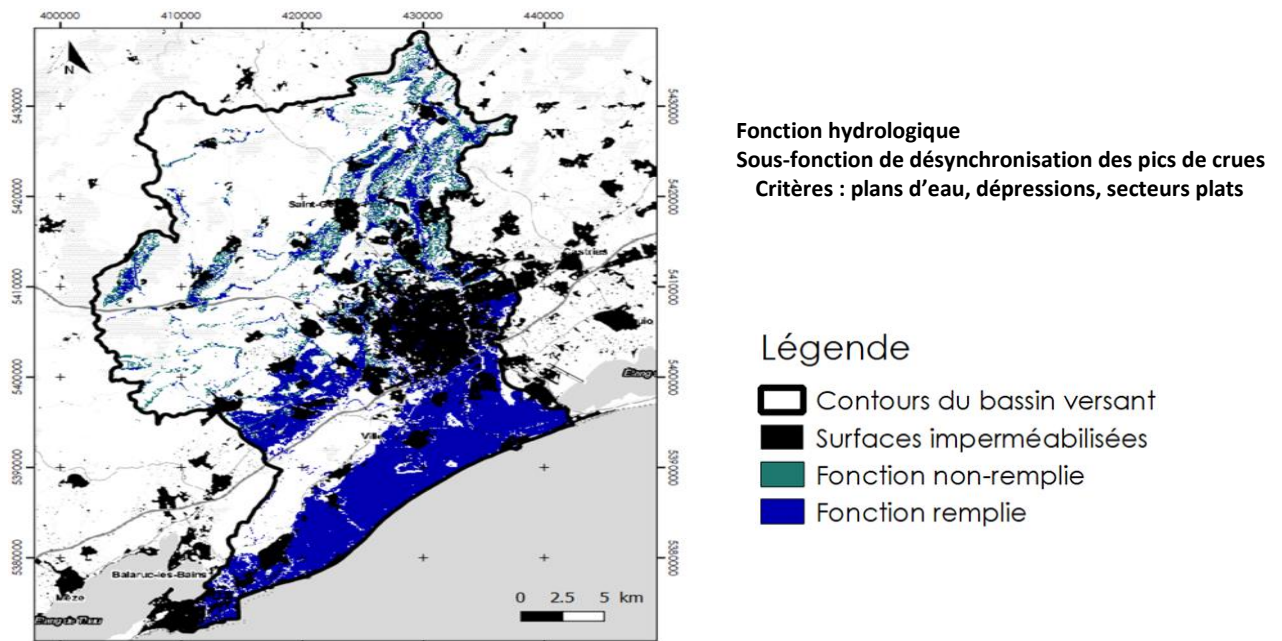


Figure 34: analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction de désynchronisation des pics de crues dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).

4.2.1.2 l'épanchement des crues et la dissipation des forces érosives

Les situations de fond de vallée, en contact immédiat avec le réseau hydrographique, favorisent l'épanchement des crues et la dissipation des forces érosives (Figure 35). Les Atlas de Zones Inondables (AZI) ou les cartes établies dans le cadre des Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) constituent des outils qui offrent une connaissance utile. Néanmoins l'acquisition d'une donnée complète et homogène à partir des PPRI pour l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée est difficile. Les données issues des AZI sont privilégiées car plus faciles à acquérir sur l'ensemble du territoire. Il est possible d'attribuer cette fonction d'épanchement ou de dissipation des forces érosives à l'ensemble des zones humides situées au niveau des fonds de vallée (liée ou non aux zones inondables) ou des zones planes.

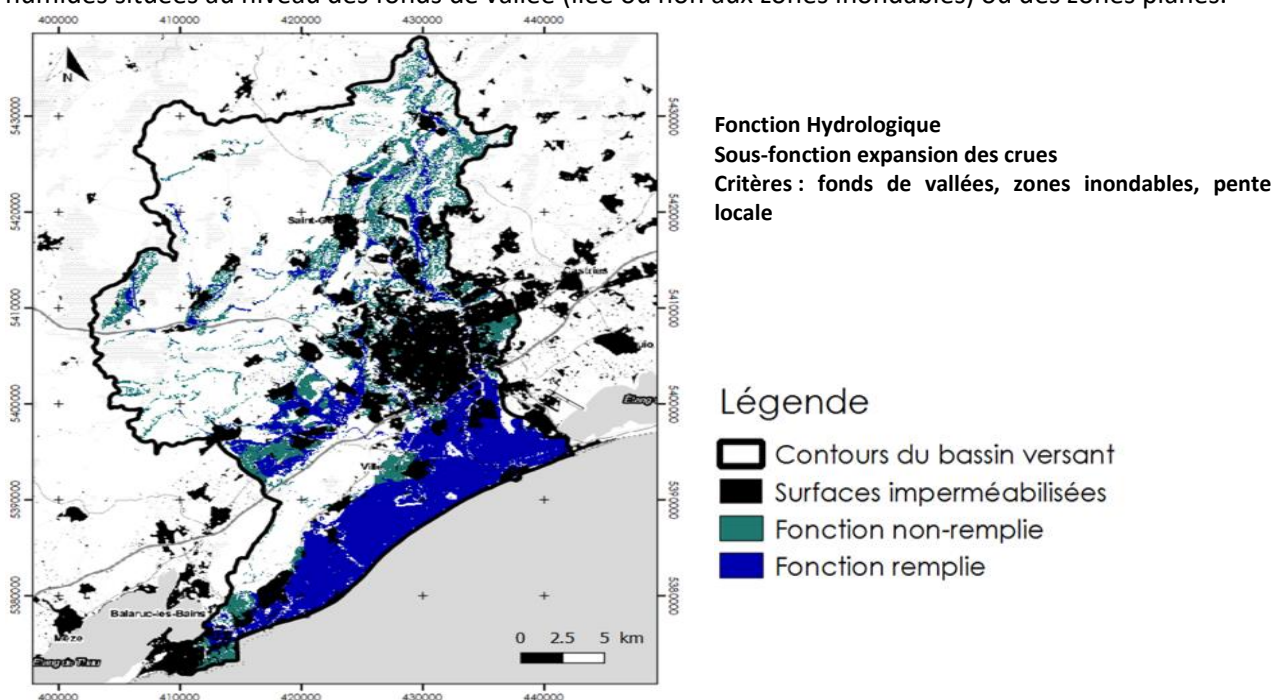


Figure 35 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction d'expansion des crues dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).

4.2.1.3 La recharge des nappes

Les zones humides situées au-dessus du niveau de la nappe peuvent participer à sa recharge lors des épisodes pluvieux (Figure 36). Suite aux épisodes de crues, les plaines inondables aux alluvions perméables peuvent restituer à la nappe alluviale par gravité l'eau stockée en surface.

Les zones humides qui se situent en bas des versants qui enserrant les vallées peuvent restituer à la nappe alluviale l'eau provenant des versants, selon la perméabilité des matériaux en place.

Pour appréhender cette fonction, il est possible de recourir à l'Indice de Développement et de Persistance Réseau (IDPR) qui traduit l'aptitude des surfaces à laisser l'eau s'infiltrer ou à ruisseler. Cet indice, développé par le BRGM, est basé sur le calcul de la différence entre le réseau hydrographique réel et théorique.

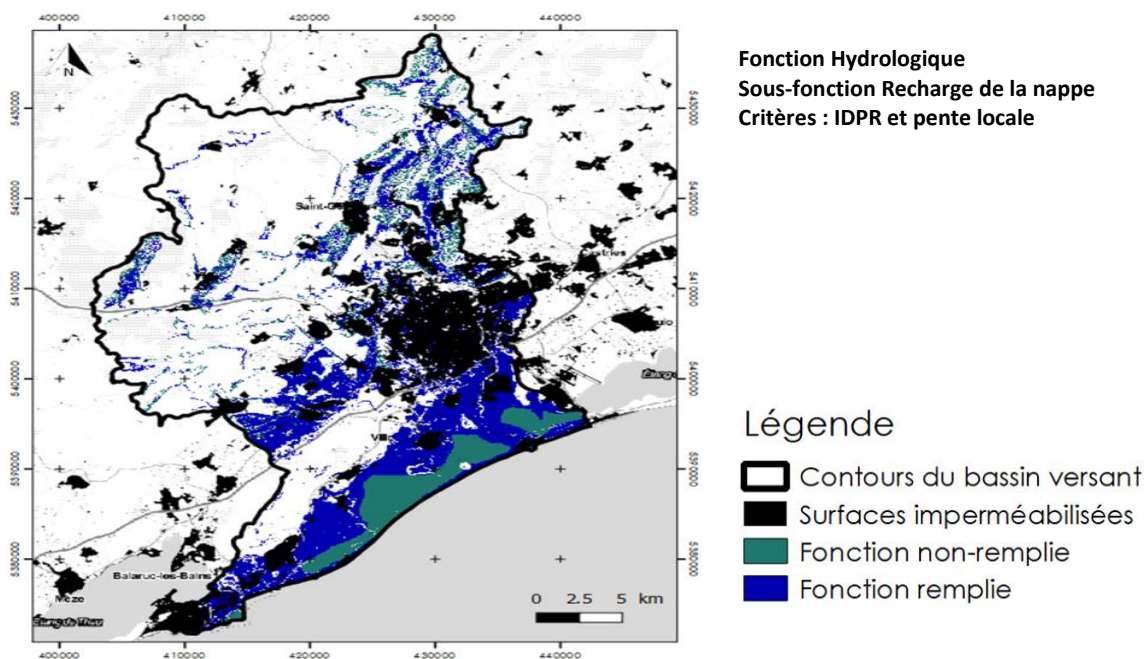


Figure 36 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction de recharge de la nappe dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).

4.2.1.4. Le ralentissement du ruissellement, la rétention des sédiments des zones humides de pente

Les zones humides de pente assurent une fonction hydrologique intéressante. Selon la rugosité de la couverture du sol (forêts, landes, prairies), elles permettent de dissiper l'énergie hydraulique. Cela favorise le ralentissement du ruissellement (infiltration, écoulement de surface) et la rétention des sédiments (effet peigne). C'est pourquoi les zones humides de pente supérieure à 2 degrés, boisées ou herbeuses, sont sélectionnées (Figure 37) Les données géographiques Corine Land Cover (CLC) sont pertinentes pour caractériser la couverture des sols. Elles sont homogènes et continues sur l'ensemble du territoire, ces données sont faciles d'accès et mises à jour régulièrement tous les 6 ans.

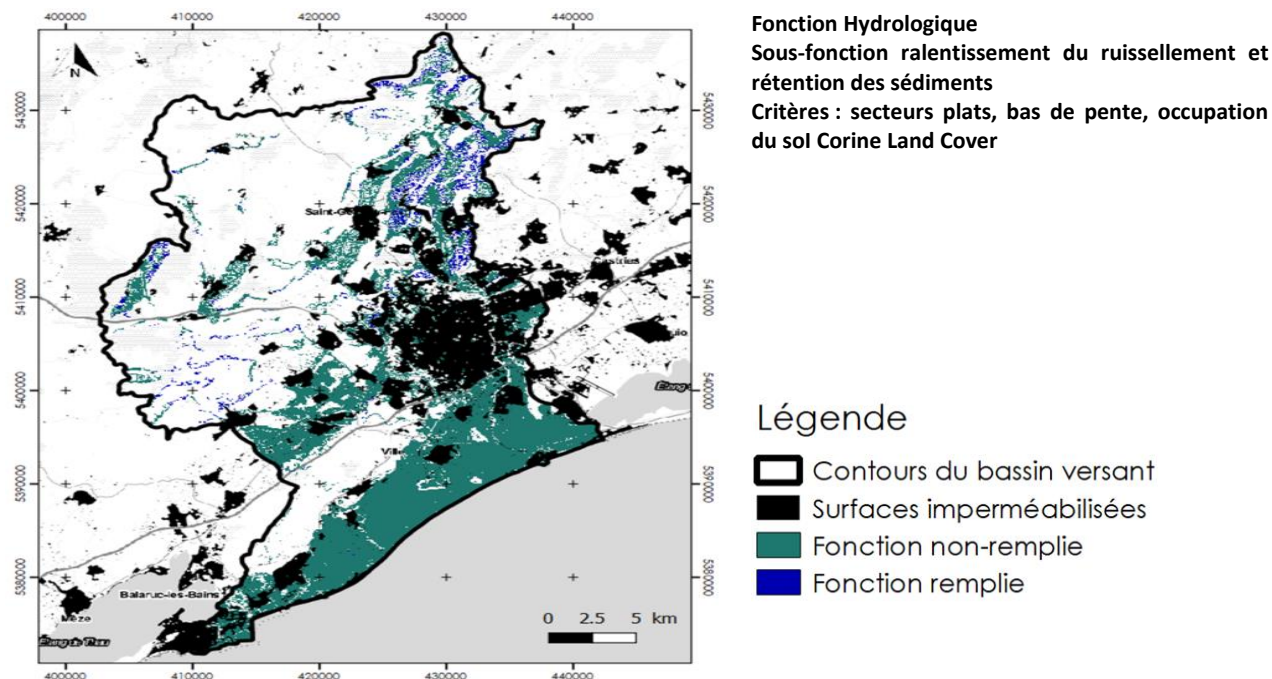


Figure 37 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction de ralentissement du ruissellement dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau, 2018).

4.2.2 La fonction biogéochimique

Les sols des zones humides constituent des milieux privilégiés pour la réalisation de processus biogéochimiques en raison de la prédominance de l'eau et de l'alternance des phénomènes d'anoxie. Ces processus, qui permettent de retenir, d'éliminer ou de transformer la matière organique et minérale, sont bénéfiques pour la qualité de l'eau (cycle biogéochimique de l'azote, stockage du carbone ...).

4.2.2.1. La dénitrification

La qualité de l'eau est notamment impactée par l'excès d'azote, majoritairement sous forme de nitrate soluble. Cet azote peut être amené dans les zones humides par l'atmosphère ou l'eau (ruissellement de surface, écoulements souterrains, crues débordantes). L'excès d'azote résulte le plus souvent d'apport d'engrais minéraux pour la production agricole et du retournement des prairies (minéralisation de la matière organique). La présence élevée de nitrates peut constituer un facteur accélérant l'eutrophisation des milieux aquatiques quand elle est combinée avec les phosphates.

Les zones humides peuvent participer à la rétention d'azote (organique et minéral) à des échelles de temps plus ou moins longues. Les conditions anaérobies consécutives à une saturation durable en eau dans les sols des zones humides favorisent la dénitrification et le départ d'azote sous forme gazeuse. Les surfaces en eau offrent aussi des conditions d'anaérobiose, c'est pourquoi leur sélection met en évidence les zones humides qui remplissent la fonction biogéochimique (Figure 38). En outre, la pente est déterminante car plus elle est faible, plus le temps de séjour de l'eau dans la zone humide est important. Or, un temps de séjour long optimise la fonction de dénitrification et les processus biogéochimiques associés. D'où la nécessité de prendre en compte les secteurs plats.

Les zones humides occupées par des surfaces agricoles cultivées (Corine Land Cover 2018) ne sont pas considérées comme favorables à la dénitrification car ces activités peuvent au contraire être à la source de l'excès de nitrate. De plus, le processus de dénitrification nécessite la présence de carbone organique, moins présent dans les terres agricoles que dans les sols forestiers ou ceux des prairies permanentes. Les

zones humides boisées sont reconnues pour leur capacité à intercepter les nitrates tout comme les surfaces enherbées (non ou faiblement fertilisées).

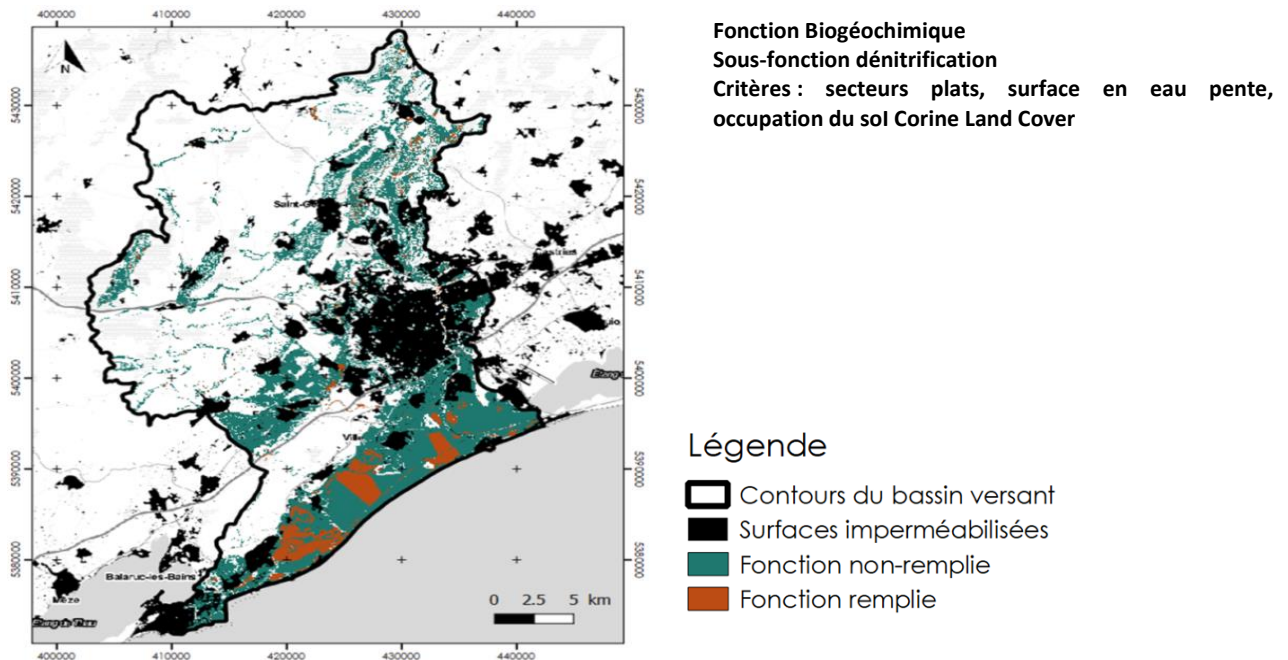


Figure 38 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction de dénitrification dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).

4.2.2.2 La séquestration du carbone

Les zones humides possèdent toutes un potentiel de séquestration du carbone, les conditions d'anaérobiose des sols hydromorphes limitant la décomposition de la litière et de la matière organique humifiée.

Toutefois, le carbone peut aussi être exporté sous forme dissoute ou gazeuse (CO_2 , CH_4). L'importance de la séquestration du carbone varie selon les types d'occupation des sols (forêts, prairies, pelouses, tourbières) et de l'échelle de temps considérée. Ce stockage de carbone se réalise avec des intensités variables en fonction du type de zone humide et de la durée de la saturation en eau des sols. Le bilan entre les fonctions de puits et de source de carbone est favorable au stockage de ce dernier uniquement si la zone humide fonctionne bien au plan hydrologique. Il importe donc que des mesures de gestion voire de restauration soient appliquées là où c'est nécessaire. Dans une volonté de simplification, il s'agit de considérer, à partir de Corine Land Cover, l'ensemble des surfaces en tourbières, forêts, prairies ou landes (Figure 39).

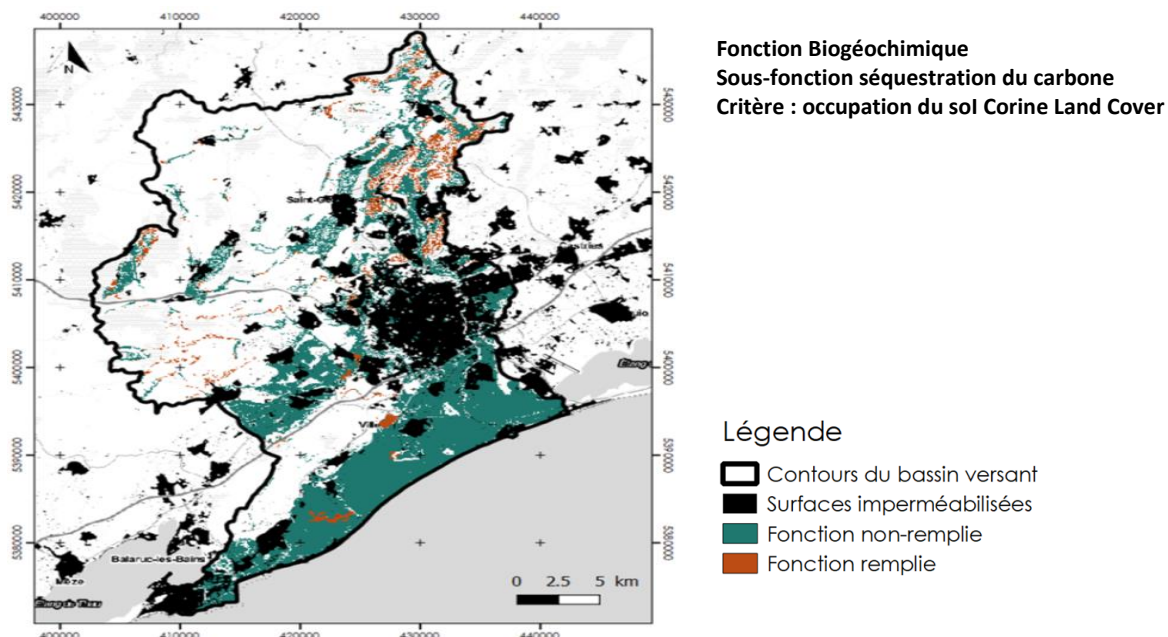


Figure 39 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction de séquestration du carbone dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).

4.2.3 La fonction biologique

En raison de leurs caractéristiques hydrologiques et de leur hydropériode, les zones humides constituent des habitats spécifiques pour réaliser tout ou partie du cycle biologique des espèces qui leur sont inféodées (Figure 40).

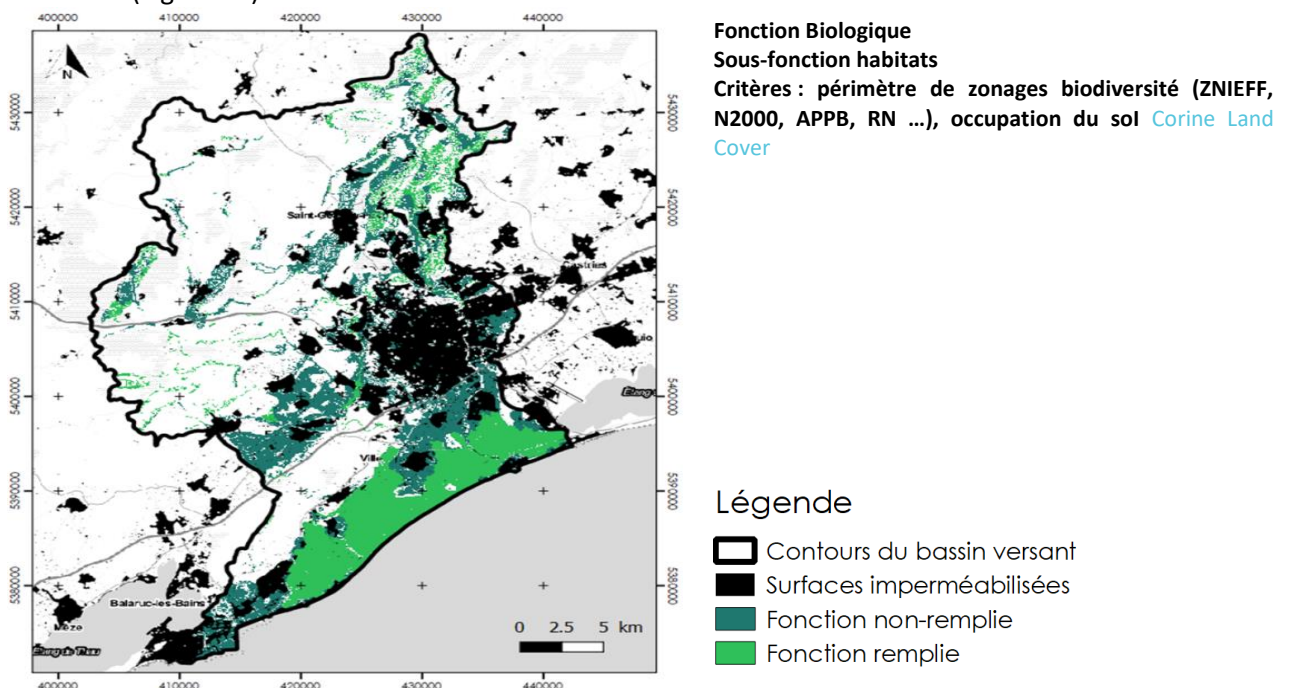


Figure 40 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction habitats dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).

Pour évaluer cette fonction, sont retenus les secteurs reconnus pour leur biodiversité (ZNIEFF, N2000, APPB, RN ...). Ces zonages en faveur de la biodiversité ne sont pas toujours délimités à une résolution fine, c'est pourquoi leur sont soustraits les secteurs imperméabilisés et cultivés à partir des données Corine Land Cover. Les données relatives à la trame verte et bleue ne sont pas prises en compte car trop hétérogènes dans le bassin en raison des méthodes utilisées.

Ces différentes approches pour qualifier les fonctions des zones humides dans le bassin versant apportent des éléments de contextualisation pour comprendre le rôle des zones humides dans le territoire et les services qu'elles rendent à la société. Cela constitue une première base de travail qui pourra être précisée lors de la concertation par l'apport de connaissances locales et vernaculaire détenues par les acteurs concernés. Ces travaux préciseront l'importance relative des fonctions afin d'orienter leur restauration ou de les conforter.

Courant 2022, les travaux de thèse de Suzanne Catteau apporteront des éléments d'analyse complémentaire. Notamment la prise en compte des flux de circulation de l'eau dans le territoire (localisation, direction, intensité) à différentes échelles de perception. Lors des ateliers de travail dans le Haut Doubs avec tous les élus de la communauté de communes, ces éléments et leurs perceptions ont été jugés très importants pour accompagner les élus dans la co-construction de cartes et asseoir leurs décisions.



Prairie humide à Molinie et boulaie humide, réservoirs de biodiversité connectés (cliché F. Chambaud)

CONCLUSION

Les travaux finalisés sur l'espace humide de référence (EHR) dans le bassin Rhône-Méditerranée montrent tout l'intérêt de son utilisation à l'échelle des territoires. Au plan géographique, l'EHR souligne l'importance de la continuité amont-aval et latérale des facteurs physiques propices à la rétention temporaire ou permanente de l'eau dans les sols. Ce référentiel, à l'instar de celui des masses d'eau, est un nouvel outil pour comprendre le fonctionnement des zones humides et la circulation de l'eau dans le territoire

Au sein de l'EHR, l'analyse des activités humaines est riche d'enseignement. Pour l'urbanisation et les infrastructures d'équipement, l'étude diachronique souligne les évolutions spatio-temporelles et les superficies perdues de l'EHR sous l'effet de l'artificialisation. Ces pertes s'accompagnent d'une altération du fonctionnement des zones humides et d'un accroissement de la vulnérabilité des territoires aux événements climatiques (production de ruissellement, risque d'inondation accru) d'autant plus forts que la surface de l'EHR s'amenuise. L'analyse de la localisation et de l'évolution des pratiques agricoles dans l'EHR apportent des éléments de discussion sur leur adéquation avec la nécessaire préservation des fonctions des zones humides et des services qu'elles rendent au territoire (qualité des eaux, écrêtement des crues, biodiversité ...).

Ce nouveau référentiel outille les territoires du bassin pour étudier les zones humides au regard de leurs fonctions (hydrologique, biogéochimique, biologique), comprendre leurs altérations et mieux évaluer les services qu'elles rendent à la société. Cette connaissance peut conduire à utiliser opportunément les zones humides comme des solutions fondées sur la nature pour s'adapter aux effets du changement climatique (prévention des inondations, réduction du ruissellement, stockage du carbone dans les sols et les forêts alluviales ...).

Le référentiel EHR constitue une couche technique à mobiliser, dans les bassins versants ou à défaut dans le périmètre d'une intercommunalité pour réaliser des plans de gestion stratégique des zones humides. Sur la base des fonctions, des pressions et des secteurs à enjeux, les PGSZH précisent les objectifs de gestion (restauration, réduction de pression, préservation), préalables à l'action. Cette échelle est adaptée pour associer les acteurs du territoire et réfléchir aux solidarités amont-aval, pour planifier les objectifs et construire une stratégie d'actions durable en faveur de la préservation et de la restauration des fonctions des zones humides.

La mobilisation de cette connaissance nouvelle est utile pour préciser et mettre en œuvre la stratégie ambitieuse du bassin Rhône-Méditerranée en faveur des zones humides, portée par le SDAGE et accompagnée par le programme d'interventions de l'agence de l'eau. Son déploiement au service de cette stratégie s'organise autour :

- d'un portage politique et technique pour la mise en œuvre des dispositions du SDAGE 2022-2027 ;
- de formations internes et externes avec les acteurs des territoires en mobilisant les réseaux régionaux pour favoriser la diffusion et l'appropriation des outils mis à disposition et leur bonne utilisation : la mobilisation des couches d'information géographique produites par l'agence de l'eau demande en effet un accompagnement des techniciens et gestionnaires des structures locales de gestion, des agents des services de l'Etat et de ses établissements publics ;
- de la valorisation des retours d'expérience sur les méthodes et la réalisation des plans de gestion stratégique mobilisant l'EHR, pour disposer d'exemples probants facilitant le transfert.

L'intérêt fort de ce référentiel pour sensibiliser aux enjeux des zones humides, mobiliser les acteurs et cibler les actions de préservation, de gestion et de restauration est ainsi indéniable.

Les travaux sur l'EHR et l'expérience acquise par le bassin Rhône-Méditerranée participent au projet de recherche et de développement pour la cartographie nationale des milieux humides. Cette cartographie initiée par la Direction de l'eau et de la biodiversité du Ministère de la transition écologique, pilotée par l'OFB²⁴ viendra en appui technique pour la mise en œuvre du quatrième Plan national d'actions en faveur des milieux humides. Le PNMH 2022-2026 est adossé à la stratégie nationale pour la biodiversité 2022-2031.

²⁴ Direction de l'eau et la biodiversité : cartographie nationale des milieux humides, recherche et développement 2021-2022. Equipe ; OFB, MNHN Patrinat, Rennes 2, INRAe, l'institut Agros, Tour du Valat. (<https://www.ecologie.gouv.fr/cartographie-nationale-des-milieux-humides-phase-rd-2021-2022>).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AIDOUD A., CLEMENT B. 2014. « Chapitre 5 : Evaluation fonctionnelle des zones humides ». In *Ecologie des zones humides. Concepts, méthodes et démarches*. BOUZILLE J.-B (Eds.). Lavoisier, Paris, pp. 183-215.
- ASCONIT CONSULTANTS, ISTHME. 2011. *Cartographie des zones à dominante humide et enjeux des politiques publiques associées. Rapport méthodologique*. Agence de l'eau Adour-Garonne, 41p.
- ASCONIT CONSULTANTS, KAIROS, VISU. 2016. *Elaboration d'un plan de gestion stratégique des zones humides sur le territoire du SAGE « Gravona, Prunelli, golfes d'Ajaccio et de Lava »*. Phase 1 : Détermination des zones humides : pré localisation et caractérisation. Phase 2 : Analyse des enjeux et hiérarchisation. Version provisoire, Communauté d'Agglomération du Pays Ajaccien, 46p.
- BARNAUD G. 2000. *Du sauvetage d'espèces et de milieux prestigieux à la restauration de fonctions et de valeurs*. In *Fonctions et valeurs des zones humides*, Fustec E., Lefeuvre J.-C (Eds.) Dunod, Paris, Technique et ingénierie. Série environnement, pp 329-349.
- BARNAUD G., FUSTEC E. 2007. *Conserver les zones humides : pourquoi ? Comment ?* Educagri éditions, Dijon, Coll. Sciences en partage, 295p.
- BEVEN K. J., KIRKBY. M. J. 1979. A physically-based variable contributing area model of basin hydrology. *Journal Hydrological Sciences Bulletin*, Vol. 24, pp. 42-69.
- BOUSCARY P. 2020. *Localisation de l'espace de référence des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée*. Mémoire de Master 2 Gestion Territoriale du Développement Durable. 78 p + annexes.
- BOUSCARY P. 2021. *Atlas de l'analyse diachronique, à trois dates, des pressions d'artificialisation et des pratiques agricoles intensives des 193 sous-bassins versants du bassin Rhône-Méditerranée*
- BOUZILLE J.-B. 2014. *Ecologie des zones humides. Concepts, méthodes et démarches*. Lavoisier, Paris, 238p.
- CATTEAU S. 2017. *Tests méthodologiques pour la localisation des zones humides dans le bassin Rhône-Méditerranée et la qualification des fonctions et pressions*. UFR des Sciences et techniques, mémoire de Master Sciences des Environnement Continentaux et Côtiers. 55 pages + annexes.
- CATTEAU S. Décembre 2018. *Travail expérimental en vue de l'élaboration d'outils géomatiques pour accompagner les plans de gestion stratégique des zones humides. Prendre en compte les fonctions et les pressions*. 36 pages + annexe.
- CATTEAU S., LOBRY E., (*soumis*). *Compter et (ra)conter les temps des faits de nature: de l'information géographique à la prise de décision*, *Natures, Sciences et Sociétés*.
- CATTEAU S., COUDERCHET L., (*soumis*). *Les systèmes d'Information Géographique pour discuter l'articulation entre le fonctionnement des zones humides et les aménagements*, *Géocarrefour*.
- CATTEAU S., CHAMBAUD F., COUDERCHET L., GRILLAS P., (*sous presse*) *Un cadre spatial et fonctionnel pour des politiques zones humides : du défi conceptuel et technique aux enjeux praticiens*. *Presses Universitaires du Midi, collection Paysage et environnement*, 13p.
- CHAMBAUD F., LUCAS J., OBERTI D. 2012a. *Guide pour la reconnaissance des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. Volume 1 : méthode et clés d'identification*. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse, 138p.
- CHAMBAUD F., LUCAS J., OBERTI D. 2012b. *Guide pour la reconnaissance des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. Volume 2 : fiches écorégions et clés d'identification*. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse, 264p.

CHAMBAUD F., SIMONNOT J.-L.. 2018. Délimiter l'espace de bon fonctionnement des zones humides. Collection eau et connaissances. Comité de bassin Rhône-Méditerranée. 48 p. <https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/0000000016fcd6cf493682812b21615>.

CEREMA. 2017. Guide de recommandations pour la prise en compte des fonctionnalités des milieux humides dans une approche intégrée de la prévention des inondations. Ministère de la transition écologique et solidaire, 189 p.

Collectif RhoméO. 2014. La boîte à outils de suivi des zones humides. Version 1. Conservatoire d'espaces naturels de Savoie, 147p.

Comité de bassin Rhône-Méditerranée. 2021. Et si les zones humides étaient un atout pour mon territoire ? Témoignages, exemples d'actions à mettre en œuvre à l'attention des décideurs. Livret argumentaire, 42 p. https://www.eaurmc.fr/jcms/pro_103152/fr/et-si-les-zones-humides-etaient-un-atout-pour-mon-territoire.

CONRAD O., BECHTEL B., BOCK M., DIETRICH H., FISCHER E., GERLITZ L., WEHBERG J., WICHMANN V., AND BÖHNER J. 2015. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) V. 2.1.2, Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007.

Conservatoire d'espaces naturels Rhône-Alpes. 2021. En espaces naturels. Des démarches de concertation. Prendre en compte la complexité des situations. Les cahiers techniques. 24p.

CEN RA et CEN 73. 2020. Analyse de l'évolution des pressions d'urbanisation et des pratiques agricoles impactantes à l'échelle de l'ex région Rhône-Alpes. Rapport technique.

DANANCHER D. (CENRA), POULIN L. (CENRA), Clément R. (CENRA), MIGNOT N. (CEN73) et PORTERET J.(CEN 73). 2020. Analyse de l'évolution des pressions d'urbanisation et des pratiques agricoles impactantes à l'échelle de l'ex région Rhône-Alpes, Rapport technique

DESFOSSÉ G. 2021 Analyse diachronique de l'évolution de l'occupation du sol dans le bassin versant de la Brague. Expérimentation d'une méthode de qualification de la production du ruissellement. Master 3 G GEORIS. Université de Reims Champagne-Ardenne. 65p.

DUFFY L., SIMONNOT J.-L., STROFFEK S., CHAMBAUD F. 2013. Note du secrétariat du SDAGE. Eléments de méthode pour la définition d'un plan de gestion stratégique des zones humides. Doctrine « zones humides » du bassin Rhône-Méditerranée, 21p.

DURAND P., GASCUEL-ODOUX C., KAO C., MEROT P., 2000. Une typologie des petites zones humides ripariennes. *Etude et Gestion des Sols* : 7 (3), 207-218.

FOUCAULT A., RAOULT J.-P., 1988. *Dictionnaire de géologie - 3^e édition*. Paris, Masson, 350 p. ISBN 2-225-81480-5.

FUSTEC E., LEFEUVRE J.-C. 2000. Fonctions et valeurs des zones humides. Dunod, Paris, Technique et ingénierie. Série environnement, 350p.

GAYET G., BAPTIST F., BARAILLE L., CAESSTEKER P., CLEMENT J.-C., GAILLARD J., GAUCHERAND S., ISSELIN-NONDEDEU F., POINSOT C., QUETIER F., TOUROULT J., BARNAUD G. 2016. Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Version 1. Onema, Coll. Guides et protocoles, 186p.

IGN. 2017. BD Alti Version 2.0 descriptif de contenu, « Les modèles numériques 3D », 29p.

IVOL-RIGAUT J.M. 1998. Hydroécotémoins et variabilité des communautés du macrobenthos sur le bassin de la Loire-Essai de la typologie régionale et référentiel faunistique. Thèse de doctorat sous la direction de TACHET H., Université Claude-Bernard Lyon 1, Lyon, 301p.

- JANVIER F., KRASZEWSKI M., LEVI-VALENSIN M., TRAINEL S. 2016. Atlas régional de l'occupation des sols en France. Le Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS), 8p.
- JARLETON J. 2009. Identification des Zones Humides d'Intérêt Environnemental Particulier (ZHIEP) et des Zones Stratégiques pour la Gestion de l'Eau (ZSGE) sur le bassin de la Vienne. Rapport de stage de master Sciences de la Terre, de l'Eau et de l'Environnement. Ingénierie des Hydrosystèmes et des Bassins Versants, sous la direction de LORIOT S., Université François-Rabelais, Tours, 60p.
- JASIEWICZ J., STEPINSKI T. F. 2013. Geomorphon — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, Vol. 182, pp. 147-156.
- JONES K., LANTHIER Y., VAN DER VOET P., VAN VALKENGOED E., TAYLOR D., FERNANDEZ-PRIETO D. 2009. Monitoring and assessment of wetlands using Earth Observation: The GlobWetland project. *Journal of Environmental Management*, Vol. 90, pp. 2154-2169.
- KRAMM T. et al., 2017, « Accuracy Assessment of Landform Classification Approaches on Different Spatial Scales for the Iranian Loess Plateau », *International Journal of Geo-Information*, vol.6, pp.366-388.
- MALTBY E. et al. 1996. Functional analysis of European wetland ecosystems : improving the science base for the development of procedures of functional analysis. The function of river marginal wetland ecosystems. Phase 1 (FAEWE). Office for Official Publications of the European Communities. 452p.
- MAZAGOL P.-O., MARTIN R., PORTERET J., THYRIOT C., ETLICHER B. 2008. Pré-détermination de zones humides sur le bassin Loire-Bretagne. SIG 2008 : Conférence francophone ESRI, Versailles, 19p.
- MEROT P., HUBERT-MOY L., GASCUEL-ODOUX C., CLEMENT B., DURAND P., BAUDRY J., THENAIL C. 2006. A Method for Improving the Management of Controversial Wetland. *Environmental Management*. Vol. 37, No. 2, pp. 258–270.
- NIU Z., GONG P., CHENG X., GUO J., WANG L., HUANG H., SHEN S., WU Y., WANG X., WANG X., YING Q., LIANG L., ZHANG L., WANG L., YAO Q., YANG Z., GUO Z., DAI Y. 2009. Geographical characteristics of China's wetlands derived from remotely sensed data. *Science in China Series D: Earth Sciences*, Vol. 52, No. 6, pp.723-738.
- PIERRE D. 2002. Annexe de l'atlas cartographique du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais. Prélocalisation des aires favorables à l'existence de zones humides dans le SAGE. Note méthodologique & premiers résultats. 13p.
- PORTAL C. Reliefs et patrimoine géomorphologique : applications aux parcs naturels de la façade atlantique européenne. 2010. 400 p.
- QGIS Development Team. 2017. QGIS Geographic Information System. Software, V. 2.14.3. Open Source Geospatial Foundation Project.
- RAMADE F. 2008. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de la nature. 1152 p. Editions DUNOD.
- RAPIN A., FONTANEL F., CHAMBAUD F. 2021. Fonctions hydrologiques, biogéochimiques et biologiques des zones humides. Eléments de connaissance. Collection "eau & connaissance". Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 198 p + annexes. https://www.eaurmc.fr/jcms/pro_102186/fr/les-fonctions-hydrologiques-biogeochimiques-et-biologiques-des-zones-humides.
- SEMENIUK C. & SEMENIUK V., 2011, « A comprehensive classification of inland wetlands of Western Australia using the geomorphic-hydrologic approach », *Journal of the Royal Society of Western Australia*, vol.94, pp.449-464.
- WOOD J. 1996. The Geomorphological Characterisation of Digital Elevation Model. Thèse de doctorat en géographie, Université de Leicester, 165p.

ZRO B. G. F., KOTCHI V., SORO D., NIANGORAN C. K., BAKAYOKO S., KOUAME F. K. 2014. Intégration de données topographiques et hydrographiques en vue de la localisation des zones humides potentielles de fond de vallée : cas du périmètre de la région du Bélier en Côte d'Ivoire. *Physio-Géo – Géographie Physique et Environnement*, Vol. 8, pp. 231-249.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : éléments de comparaison entre les caractéristiques des inventaires de zones humides et celles de l'espace humide de référence.....	7
Tableau 2 : distribution cumulée des surfaces d'inventaires de zones humides présentes selon différents seuils de pente pour les sous-bassins de la Veyre et de la Tille (Catteau 2017).....	18

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : schéma simplifié des grands types de zones humides rencontrés dans le bassin Rhône-Méditerranée (AE RMC 2021).	9
Figure 2 : classification des zones humides d'après des critères hydrogéomorphologiques et distinction de milieux continentaux connectés ou non aux cours d'eau (Modifiée d'après Barnaud et Fustec (2007) et Binson (1993))	10
Figure 3 : fonctionnement d'une zone humide, adaptée de Barnaud (2013) d'après Mitsch et Gosselink (2015).	11
Figure 4 : hétérogénéités spatiales des inventaires départementaux (d'après Catteau, 2020).	12
Figure 5 : critères physiques de définition des écorégions du bassin Rhône-Méditerranée (Chambaud, Lucas, Oberti, 2012).	13
Figure 6 : forme du relief des milieux montagnards dans le bassin Rhône-Méditerranée (Chambaud, Lucas, Oberti, 2012).	13
Figure 7 : exemple d'identification et de caractérisation des facteurs discriminants de l'écorégion 7 « la Narbonnaise » (Chambaud, Lucas, Oberti, 2012).	14
Figure 8: schéma de principe pour la reconnaissance des zones humides à partir d'une modélisation des critères du guide avec un SIG et la modélisation d'un espace humide de référence (modifiée d'après Catteau 2017).	15
Figure 9 : logigramme du SIG pour la localisation de l'espace humide de référence (Bouscary 2020 modifié).	16
Figure 10 : comparaison des résultats obtenus avec des résolutions du MNT à 5 et 25 m (Bouscary 2020)	17
Figure 11: illustration des grandes entités géomorphologiques des paysages (Portal, 2010).	18
Figure 12: formes des versants selon la pente et la courbure du terrain (Catteau, 2017).	19
Figure 13: distribution et ajustement des seuils de pente en fonction de la localisation des inventaires (Bouscary 2020).....	20
Figure 14: angles du zénith et angles du nadir au sein de rayons de recherche (Jasiewicz & Stepinski 2013).	20
Figure 15: localisation des points visibles les plus lointains et de leur altitude (plus faible, identique, plus haute) pour les 8 axes autour de la cellule centrale (Catteau 2017, d'après le manuel de GRASS GIS (GRASS Development Team, 2017)).	21

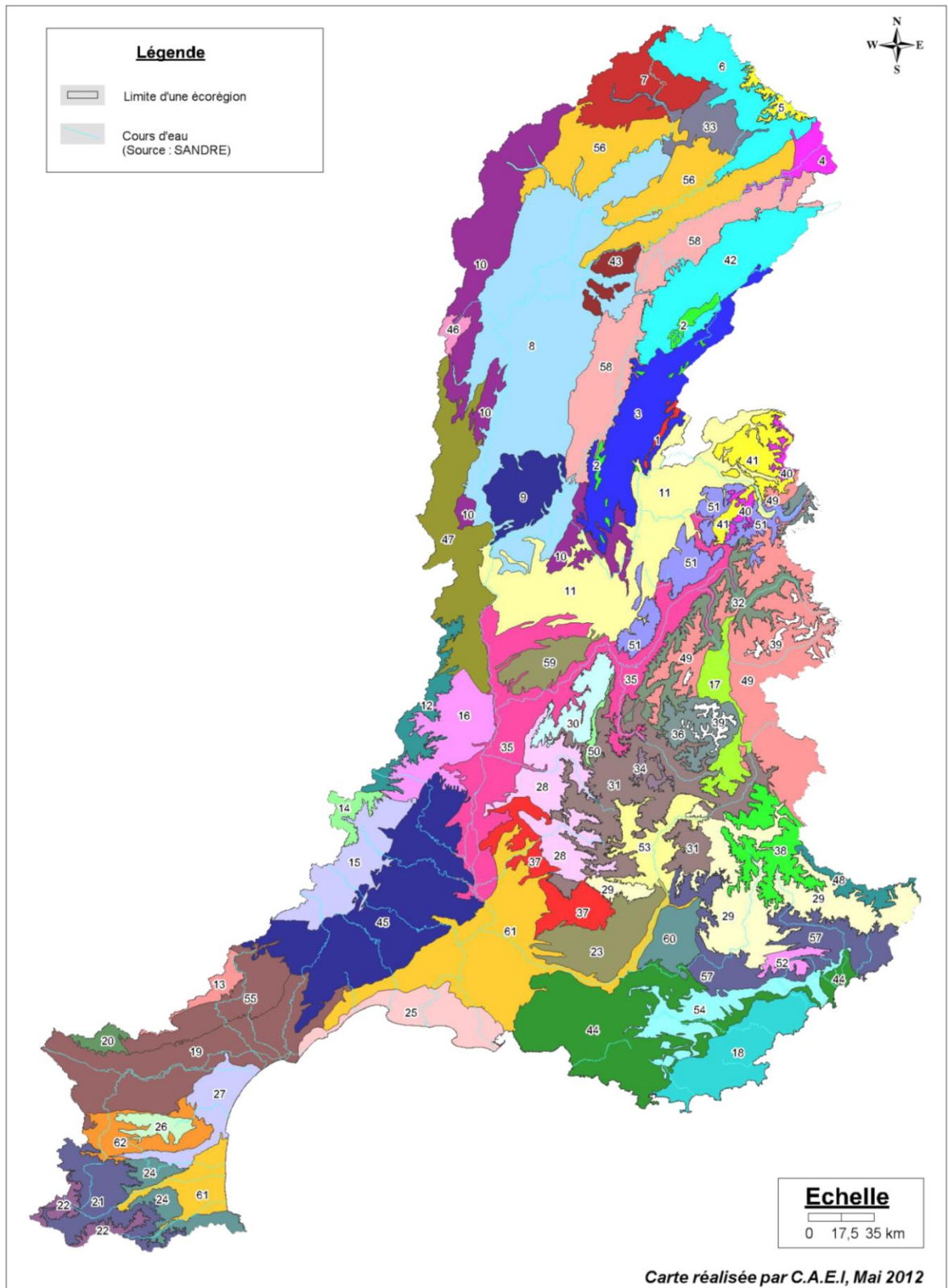
Figure 16: Formes élémentaires du relief : plan (1), sommet (2), crête (3), haut de versant (4), éperon (5), pente (6), dépression (10), vallée (9), bas de versant (8), creux sur versant (7) (d'après Jasiewicz & Stepinski 2013).	21
Figure 17: exemple de localisation des formes élémentaires du relief dans lesquelles sont inclus les inventaires de zones humides (Bouscary 2020).	22
Figure 18: tests réalisés pour définir le paramétrage du seuil du raster d'accumulation de flux (Catteau 2017).	23
Figure 19: exemple de caractérisation des substrats géologiques de la BD CHARM 50 dans le département des Alpes maritimes (Bouscary 2020).	25
Figure 20: construction de la base de référence des substrats géologiques avec l'arbitrage des incertitudes (Bouscary 2020).	25
Figure 21 : sélection des objets substrats géologiques favorables à la rétention de l'eau, contrôlée et validée avec la distribution des inventaires de zones humides (Bouscary 2020).	26
Figure 22: exemple de modélisation de l'espace humide de référence pour un sous-bassin versant (Bouscary 2020).	26
Figure 23: cohérence des continuités spatiales entre les espaces humides de référence de trois écorégions différentes (Bouscary 2020).	27
Figure 24: localisation de l'espace humide de référence du bassin Rhône-Méditerranée.	28
Figure 25: le rift ouest européen et les grands domaines géologiques de France (https://fr.wikipedia.org/wiki/Rift_ouest-européen).	29
Figure 26 : répartition des principaux morphotypes dans l'espace humide de référence	30
Figure 27 : distribution des classes de pression d'artificialisation dans les différents sous-bassins (à gauche) et leur espace humide de référence (à droite). En abscisse l'effectif des sous-bassins versants, en ordonnée les classes de pressions (Bouscary 2021).	38
Figure 28 : distribution des classes de pression des pratiques agricoles dans les différents sous-bassins et leur espace humide de référence, en abscisse l'effectif des sous-bassins versants, en ordonnée les classes de pressions (Bouscary 2021).	40
Figure 29 : bilan des pressions d'artificialisation et agricoles intensives dans le bassin Rhône-Méditerranée et son EHR à trois dates (Bouscary 2020).	41
Figure 30 : analyse diachronique des pressions d'artificialisation et agricoles dans le bassin versant de la Brague (Bouscary 2021).	42
Figure 31 : susceptibilité de la production du ruissellement entre 1960 et 2018 dans le bassin de la Brague et des fleuves côtiers (Desfosse 2021).	43
Figure 32 : susceptibilité de la production du ruissellement entre 1960 et 2018 dans l'espace humide de référence du bassin de la Brague et des fleuves côtiers (Desfosse 2021).	43
Figure 33 : analyse diachronique des pressions d'artificialisation et agricoles dans le bassin versant du Durgeon (Bouscary 2021).	44
Figure 34: analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction de désynchronisation des pics de crues dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).	48

Figure 35 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction d'expansion des crues dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).....	48
Figure 36 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction de recharge de la nappe dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).....	49
Figure 37 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction de ralentissement du ruissellement dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau, 2018).....	50
Figure 38 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction de dénitrification dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).....	51
Figure 39 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction de séquestration du carbone dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).	52
Figure 40 : analyse géomatique expérimentale de la sous-fonction habitats dans le sous-bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (d'après Catteau 2018).....	52

ANNEXES

ANNEXE I : LES ECOREGIONS DU BASSIN RHONE-MEDITERRANEE

Carte tirée du guide pour la reconnaissance des zones humides dans le bassin Rhône-Méditerranée. CAEi juin 2012.



ANNEXE II : LES ECOREGIONS PAR REGION ET DEPARTEMENT DANS LE BASSIN RHONE-MEDITERRANEE

Tableau tiré du guide pour la reconnaissance des zones humides dans le bassin Rhône-Méditerranée. CAEi juin 2012.

REGIONS	DEPARTEMENT	N°	SURFACE	ECOREGIONS CONCERNEES
ALSACE	Haut-Rhin	68	51,3 km ²	4, 5, 6
AUVERGNE	Haute-Loire	43	19,9 km ²	12
BOURGOGNE	Côte-d'Or	21	4 273,6 km ²	8, 10, 56
	Saône-et-Loire	71	4 293,6 km ²	8, 10, 46, 47, 58
CHAMPAGNE-ARDENNE	Haute-Marne	52	1 222,4 km ²	7, 10, 33, 56
FRANCHE-COMTE	Doubs	25	5 226,5 km ²	2, 3, 4, 6, 8, 42, 43, 56, 58
	Jura	39	5 043,4 km ²	1, 2, 3, 8, 42, 43, 56, 58
	Haute-Saône	70	5 399,9 km ²	5, 6, 7, 8, 33, 56
	Territoire de Belfort	90	615,2 km ²	4, 5, 6, 56, 58
LANGUEDOC-ROUSSILLON	Aude	11	5 697,6 km ²	13, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 55, 61, 62
	Gard	30	5 639,4 km ²	14, 15, 25, 35, 45, 61
	Hérault	34	5 959,2 km ²	13, 19, 25, 27, 45, 55, 61
	Lozère	48	738,0 km ²	14, 15
	Pyrénées-Orientales	66	4 095,7 km ²	21, 22, 24, 27, 61, 62
LORRAINE	Vosges	88	1 016,9 km ²	5, 6, 7
MIDI-PYRENEES	Ariège	9	135,5 km ²	21, 22
	Aveyron	12	107,5 km ²	13, 15, 45, 55
	Haute-Garonne	31	10,0 km ²	31
	Tarn	81	36,0 km ²	13, 20
PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	Alpes-de-Haute-Provence	4	6 965,2 km ²	23, 29, 31, 37, 38, 44, 49, 52, 53, 57, 60, 61
	Hautes-Alpes	5	5 688,2 km ²	17, 28, 29, 31, 34, 36, 38,39, 49, 53
	Alpes-Maritimes	6	4 306,5 km ²	18, 29, 38, 44, 48, 52, 54, 57
	Bouches-du-Rhône	13	5 092,1 km ²	25, 44, 54, 61
	Var	83	6 072,4 km ²	18, 29, 44, 52, 54, 57, 60, 61
	Vaucluse	84	3 595,4 km ²	23, 28, 31, 35, 37, 61
RHONE-ALPES	Ain	1	5 783,4 km ²	1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 58
	Ardèche	7	5 059,5 km ²	12, 14, 15, 16, 35, 45, 47
	Drome	26	6 587,3 km ²	28, 29, 30, 31, 34, 35, 37, 50, 53, 59, 61
	Isère	38	7 880,5 km ²	8, 10, 11, 17, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 39, 49, 50, 51, 59
	Loire	42	621,1 km ²	12, 47
	Rhône	69	2757,0 km ²	8, 9, 10, 11, 47
	Savoie	73	6 271,1 km ²	10, 11, 17, 32, 35, 39, 40, 49, 51
	Haute-Savoie	74	4 588,7 km ²	11, 35, 36, 39, 40, 41, 49, 51
PRINCIPAUTE D'ANDORRE	x	96	1,1 km ²	22
PRINCIPAUTE DE MONACO	x	98	2 km ²	57

ANNEXE III : SYNOPTIQUE DE LA FICHE DESCRIPTIVE D'UNE ECOREGION

Tiré du guide pour la reconnaissance des zones humides dans le bassin Rhône-Méditerranée. CAEi juin 2012.

Chaque écorégion est décrite par une fiche, qui fournit à l'utilisateur l'ensemble des informations utilisées pour la caractériser et l'identifier.

Localisation

- 1 Dénomination de l'écorégion et numéro d'identification,
- 2 Localisation dans le bassin et illustration de quelques sites caractéristiques,
- 3 Départements concernés par l'écorégion et superficie de celle-ci,
- 4 Situation géographique (région naturelle, massifs...),
- 5 Grands types d'occupation du sol, activités économiques, urbanisation...

Caractérisation

- 6 Facteurs physiques caractéristiques de l'écorégion,
- 7 Grands types de sols hydromorphes rencontrés lors des investigations de terrain,
- 8 Probabilité de rencontrer des zones humides en fonction de l'analyse des facteurs physiques.

Identification et caractérisation des zones humides

- 9 Modélisation et hiérarchisation des facteurs abiotiques discriminants (de gauche à droite), prédiction de la présence de zones humides, illustration (**principales séquences**) de quelques cas,
- 10 Présentation des grands types de sols hydromorphes échantillonnés dans l'écorégion (illustration, appellation, critères de reconnaissance et principales caractéristiques),
- 11 Présentation de différents contextes de zones humides en lien avec les séquences modélisées dans la clé et les observations de terrain.

AVERTISSEMENT :

L'outil "*fiche écorégion*" ne dispense pas l'utilisateur d'une démarche analytique et déductive utilisant la clé "*détermination des zones humides*" à chaque étape du diagnostic.

Les séquences de zones humides présentées dans la fiche illustrent celles les plus fréquemment rencontrées, elles ne sont pas exhaustives d'une écorégion donnée.

Le paragraphe "Probabilité de zones humides" fait part des situations dans l'écorégion où il faut prospecter pour la recherche des zones humides.

Remarque :

Les sources d'informations mobilisées pour réaliser ces fiches sont multiples. Les outils les plus utilisés sont les suivants :

- Le Scan 25 de l'IGN mis à disposition par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse ;
- La couche cours d'eau du Système d'Information sur l'Eau (SIE) ;
- Les données géologiques vectorielles issues du CEMAGREF (Wasson et al. 2002) et le site Internet www.geol-alp.com;
- La couche Bing Aerial 2011 © Microsoft Office pour MapInfo V11.0 ;
- L'Atlas des paysages de différentes DREAL (Rhône-Alpes, PACA...);
- Les données climatiques issues de Météo- France;
- Des photographies de CAEi et des images Google Earth libre de droit.



Départements concernés

Hautes-Alpes (05) Alpes-de-Haute-Provence (04)
Savoie (73) Isère (38)
Haute-Savoie (74)

Surface = 4 920 km²

Localisation géographique

Cette écorégion est issue du regroupement de plusieurs massifs des Alpes internes :

- Massifs de la Vanoise et du Beaufortin (Aiguille de Polset culminant à 3 501 m),
- Massifs de Cerces et de Belledonne (Mont Thabor à 3 178 m),
- Le Val d'Écreins,
- Massifs du Queyras (au Sud-Est) et pour partie du Mont-Blanc (à l'Est).

Ce territoire est bordé par les frontières suisse et italienne à l'Est et par des écorégions aux compositions géologiques (Alpes sédimentaires) et aux altitudes différentes (Préalpes schisteuses et massif de la Chartreuse).

Occupation des sols

Malgré les altitudes très élevées, de nombreux massifs sont valorisés pour la pratique des sports d'hiver. Les vallées très encaissées sont habitées et le siège de nombreuses activités industrielles. Les forêts de mélanges colonisent les versants de faible altitude et bien exposés (adrets), alors que l'Épicéa se rencontre en versant plus froid (ubac). L'agriculture est une activité très développée avec de nombreuses prairies et pelouses alpines fauchées ou pâturées en période estivale (bovin, ovin, équin). La production laitière est valorisée pour la production de fromages (AOP Beaufort, AOC Reblochon, IGP Tome de Savoie, Bleu de Termignon, Bleu de Bonneval, Bleu du Queyras...). Les altitudes les plus élevées constituent le domaine des glaciers et des neiges éternelles. De nombreux lacs peu accessibles, occupent les dépressions, sont des configurations propices à la présence de zones humides.

Caractéristiques physiques

Étage

Cette écorégion regroupe les étages subalpin et alpin. Les altitudes sont comprises entre 1 500 m et 2 800 m et fluctuent avec le relief (vallées encaissées, monts, pointes ou pics).

Géologie

Cette écorégion est dominée par les roches métamorphiques (schistes bleus ou schistes silico-alumineux) présentes sur presque toute sa surface. Ces roches reposent sur le socle qui affleure parfois localement. En quantité plus faible, on recense des roches carbonatées (marnes), des roches basaltiques et magmatiques (massifs cristallins externes). Toutes ces formations sont globalement peu perméables.

Relief

Cette écorégion de haute montagne, constituée de schistes, se caractérise par des cimes escarpées aux longues pentes régulières. Localement à la faveur de phénomènes tectonique et d'érosion, les massifs présentent des pentes escarpées (sommet du Roignais) et des vallées très encaissées (vallée de la Maurienne = haute vallée de l'Arc). Les contextes topographiques de replats et de dépression sont propices à la stagnation et/ou la rétention de l'eau et à la formation de zones humides (tourbières du Beaufortin et du col du Grappon). Les vallées qui taillent profondément les massifs (Ubaye, Maurienne) présentent des configurations favorables aux zones humides (zone inondable).

Climat

Le climat montagnard de cette écorégion est soumis à une influence continentale. Du fait des altitudes très élevées, les précipitations moyennes annuelles sont très importantes (> 2 000 mm) et le manteau neigeux peut atteindre jusqu'à 8 m. Les températures moyennes annuelles sont froides (< à 0°C en hiver et < à 10°C en été) et diminuent constamment en fonction de l'altitude (perte de 0,6°C pour 100 m). Une influence méditerranéenne résiduelle se rencontre dans les massifs situés les plus au Sud (Queyras) induisant une légère hausse des températures. Cette écorégion est soumise à des variations climatiques locales résultant de l'altitude et de la topographie (foehn, position d'abri, exposition).

Typologie des sols hydromorphes

Les dépressions, les replats topographiques saturés par l'eau et les températures basses, concourent à la formation de tourbière (accumulation de matière organique non décomposée) et d'HISTOSOLS. Ces sols développent un horizon histique (tourbe), qui repose directement sur l'argile schisteuse d'altération ou d'un Gley.

Les cours d'eau torrentiels, charriant des éléments plus ou moins grossiers, constamment rajeunis, conduisent à la formation de FLUVIOSOLS-REDOXISOLS. Les torrents génèrent des sols bruns gorgés d'eau (non recensés dans l'annuaire ministériel de référence) avec en surface le développement d'un épais tapis racinaire (présence de traces d'oxydo-réduction) reposant directement sur la roche mère.

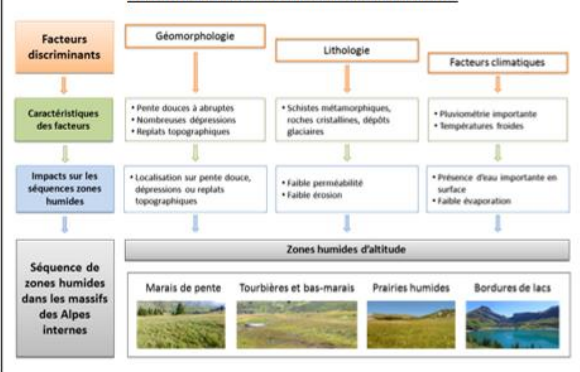
Les zones soumises à des inondations temporaires ou permanentes (replats, pentes douces, dépressions) induisent le développement de REDUCTISOLS et REDOXISOLS. Les schistes bleus donnent naissance à une arène d'altération d'aspect bleu et brillant, qui affecte le diagnostic des horizons de Gley (G).

Probabilité de zones humides

Les caractéristiques topographiques et climatiques de l'écorégion génèrent des situations très favorables au développement de zones humides que ce soit à la faveur de micro-modèles (replats, concavité, dépressions, pentes douces), de la proximité de cours d'eau (alluvions gorgées d'eau), de l'existence de lac (zone de marnage) ou de dépôts glaciaires anciens et récents.

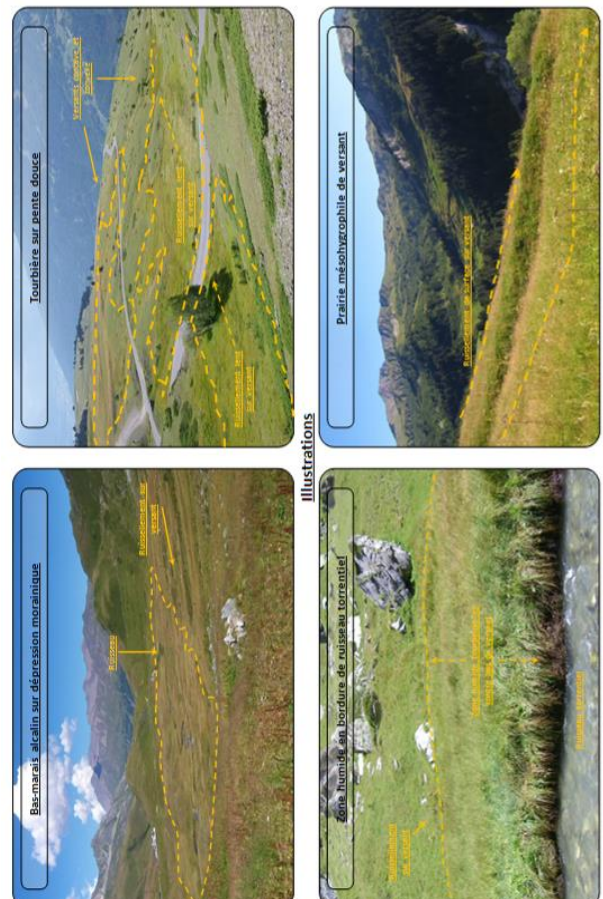
Identification et caractérisation des zones humides dans les massifs des Alpes internes

Démarche de détermination des zones humides



Types de sols hydromorphes correspondants

<p>HISTOSOL et SOL PARA-TOURBEUX</p> <ul style="list-style-type: none"> • Épais tapis racinaire de surface • Tourbe sur plus de 1 m (horizon histique) • Gley possible en profondeur ou arène schisteuse • Altération bleutée (schiste) 	<p>REDUCTISOL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horizon de surface très organique • Horizon g sur 15 à 30 cm avec traces rouille • Gley à partir de 30 cm • Altération bleutée (schiste)
<p>REDOXISOL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horizon de surface organique • Horizon g de profondeur variable avec traces rouille • Gley possible ou arène schisteuse en profondeur • Altération bleutée (schiste) 	<p>FLUVIOSOL-REDOXISOL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horizon organo-limono-sableux • Présence de traces rouille avec Gley possible • Sol peu élaboré reposant sur la roche mère



ANNEXE IV : CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES ECOREGIONS ET DES SEUILS DE PENTE RETENUS POUR LA MODELISATION (BOUSCARY, 2020)

Dénomination de l'écorégion	Etages	Composition géologique dominante	Relief	Climat	Degrès de pente
1 Jura subalpin	Subalpin	Calcaires massifs	Moyennes montagnes	Montagnard humide et froid	5
2 Dépôts glaciaires jurassiens	Montagnard	Dépôts glaciaires	Dépressions en pied de versants ou sur plateaux	Montagnard humide et froid	4
3 Haute - Chaîne du Jura	Montagnard	Calcaires massifs et séries carbonatées	Petites montagnes avec cluses, reculées et dépressions	Montagnard humide et froid	5
4 Collines belfortaines	Collinéen	Roches détritiques non carbonatées et alluvions	Basses collines aux pentes douces	Continental	4
5 Vosges cristallines	Montagnard	Roches magmatiques, schistes métamorphiques et grès	Petites à moyennes montagnes	Montagnard humide et froid	6
6 Dépression périvosgienne	Collinéen	Roches détritiques non carbonatées (grès)	Petits plateaux et vallées	Océanique (tend. continentale)	5
7 Collines sous-vosgiennes	Collinéen	Marnes et évaporites	Alternance petits plateaux et collines	Océanique	4
8 Plaine de la Saône et de la Bresse	Collinéen	Alluvions fluviatiles et quaternaires, Marnes	Plaine et terrasses alluviales	Océanique tend. continentale	3
9 Dombes	Collinéen	Dépôts glaciaires	Plateau légèrement surélevé	Tend. continentale	2
10 Côtes calcaires Est	Collinéen	Calcaires massifs	Côtes festonnées	Océanique	3
11 Rhône amont	Collinéen	Alluvions quaternaires, fluviatiles et molasses	Basses et hautes collines très denses bordant la plaine du Rhône	Océanique tend. continentale	4
12 Monts d'Ardèche et Pilat	Montagnard	Roches métamorphiques et magmatiques	Petites montagnes	Océanique à cévenol	11
13 Massifs de Caroux et de l'Espinoise	Montagnard	Roches et schistes métamorphiques	Petites montagnes au relief variable	Cévenol tend. montagnarde	15
14 Mont Lozère et Hautes-Cévennes	Montagnard et Subalpin	Roches magmatiques et métamorphiques	Petites à moyennes montagnes au relief contrasté	Montagnard	10
15 Basses Cévennes schisteuses	Collinéen	Schistes métamorphiques	Fort densité de basses et hautes collines aux pentes accentuées	Cévenol	12
16 Vallées des Basses Cévennes et bordure rhodanienne	Collinéen	Roches métamorphiques et cristallines magmatiques	Basses et hautes collines avec vallées encaissées	Tend. méditerranéenne et continentale	6
17 Alpes subalpines	Subalpin et Alpin	Socle cristallin, flyschs et autres roches sédimentaires	Moyennes à hautes montagnes	Montagnard tend. méditerranéenne	16
18 Collines des Maures et l'Estérel	Collinéen	Roches métamorphiques et cristallines	Basses et hautes collines avec plaines et littoral	Méditerranéen	6
19 Plaines de l'Aude et de l'Hérault	Collinéen	Molasses et alluvions quaternaires	Plaine alluviale avec terrasses voire basses collines	Méditerranéen	3
20 Montagne noire autoise	Montagnard	Roches métamorphiques et cristallines magmatiques	Hautes collines à petites montagnes	Océanique tend. méditerranéenne	11
21 Pyrénées orientales	Montagnard	Roches magmatiques, métamorphiques et sédiments primaires	Petites montagnes, chaînons accentués, quelques vallées	Montagnard tend. méditerranéenne	18
22 Hautes-Pyrénées orientales	Subalpin et Alpin	Roches magmatiques, métamorphiques et sédiments primaires	Hautes montagnes avec dépressions	Montagnard tend. méditerranéenne	18
23 Collines et massif du Luberon	Collinéen	Molasses calcaires et séries carbonatées	Basses et hautes collines accompagnées de petites plaines	Méditerranéen	5
24 Collines pyrénéennes	Collinéen	Schistes sédimentaires primaires et roches cristallines magmatiques	Basses et hautes collines avec un relief accentué	Méditerranéen tend. montagnarde	12
25 Plaine littorale méditerranéenne	Collinéen	Alluvions fluviatiles récentes et dépôts marins	Plaine littorale saumâtre	Méditerranéen	2
26 Corbières	Collinéen	Flyschs et roches sédimentaires	Basses et hautes collines	Méditerranéen	11
27 La Narbonnaise	Collinéen	Calcaires massifs, séries carbonatées et alluvions fluviomarins	Plaine alluviale et basses collines	Méditerranéen	5
28 Val de Drôme et autres affluents	Collinéen	Alternance de marnes et de calcaires	Basses et hautes collines	Méditerranéen tend. montagnarde	6
29 Préalpes du Sud	Montagnard	Calcaires massifs, séries carbonatées et roches détritiques	Petites montagnes très érodées traversées par de nombreuses vallées	Montagnard tend. méditerranéenne	18
30 Massif calcaire du Vercors	Montagnard	Calcaires massifs	Petites montagnes, plateaux surélevés et vallées encaissées (gorges)	Montagnard humide	11
31 Préalpes du Dauphiné	Montagnard	Marnes	Petites montagnes avec relief accentué, vallées et dépressions	Montagnard tend. méditerranéenne	11
32 Préalpes schisteuses	Montagnard	Schistes métamorphiques	Petites montagnes aux sommets accentués avec des vallées encaissées	Montagnard	19
33 Collines de Haute-Saône	Collinéen	Marnes à évaporites, alluvions et séries carbonatées	Basses collines et petites plaines	Océanique tend. continentale	4
34 Massif du Dévoluy	Subalpin et Alpin	Marnes et séries carbonatées	Moyennes montagnes, relief accentué et érodé, vallées encaissées	Montagnard	14
35 Plaine alluviale du Rhône et de l'Isère	Collinéen	Alluvions fluviatiles et quaternaires	Plaine avec terrasses alluviales	Méditerranéen et continental	4
36 Massif des Ecrins - Mont-Blanc	Subalpin et Alpin	Roches cristallines et métamorphiques	Moyennes à hautes montagnes avec vallées encaissées et dépressions	Montagnard tend. continentale	20
37 Collines calcaires méditerranéennes	Collinéen	Calcaires massifs	Basses collines et plateaux	Méditerranéen	5
38 Massifs alpins sédimentaires	Subalpin et Alpin	Flyschs sédimentaires et séries carbonatées	Moyennes et hautes montagnes avec relief accentué et vallées encaissées	Montagnard tend. méditerranéenne	22
39 Neiges éternelles alpines	Nival	Roches cristallines magmatiques et métamorphiques	Hautes montagnes (glaciers, dépressions importantes)	Montagnard tend. continentale	20
40 Hautes-Préalpes calcaires	Subalpin et Alpin	Séries et roches carbonatées	Moyennes à hautes montagnes très érodées avec vallées encaissées	Montagnard humide	18
41 Massifs Chablais-Aravis	Montagnard	Flyschs sédimentaires et séries carbonatées	Petites à moyennes montagnes érodées, vallées encaissées et dépressions	Montagnard tend. continentale	16
42 Plateaux surélevés du Jura	Montagnard	Calcaires massifs et séries carbonatées	Plateaux tabulaires	Océanique tend. montagnarde	6
43 Forêts alluviales de Saône	Collinéen	Marnes et alluvions quaternaires	Plaine	Tend. océanique et autres	4
44 Collines calcaires de Basse Provence	Collinéen	Calcaires massifs, séries et roches détritiques carbonatées	Basses et hautes collines à petites montagnes	Méditerranéen	11
45 Garrigues subcévenoles	Collinéen	Calcaires massifs	Plaine, collines et petites montagnes	Méditerranéen	6
46 Bassins périphériques du Morvan	Collinéen	Roches cristallines magmatiques et alluvions récentes	Basses collines et vallées	Océanique	4
47 Bordure orientale du Massif Central	Collinéen	Roches métamorphiques et cristallines magmatiques	Alternance de basses et de hautes collines	Océanique tend. continentale	4
48 Mercantour	Subalpin et Alpin	Roches métamorphiques (gneiss)	Moyennes à hautes montagnes, vallées encaissées et dépressions	Montagnard tend. méditerranéenne	13
49 Massifs des Alpes internes	Subalpin et Alpin	Schistes métamorphiques	Hautes montagnes, dépressions et relief accentué	Montagnard tend. continentale	19
50 Hauts-plateaux et chaîne du Vercors	Subalpin	Calcaires massifs	Hauts-plateaux et moyennes montagnes	Montagnard humide	11
51 Préalpes du Nord	Montagnard	Calcaires massifs, marnes et séries carbonatées	Petites montagnes (monts) érodées avec vallées et dépressions	Montagnard humide	13
52 Plateaux calcaires de Provence	Montagnard	Calcaires massifs	Plateaux surélevés et petites montagnes	Montagnard tend. méditerranéenne	5
53 Confluence Vallées Buech et Durance	Collinéen	Marnes et alluvions fluviatiles	Vallées, coteaux et petites montagnes	Montagnard et méditerranéen	5
54 Collines marseuses de Basse Provence	Collinéen	Marnes et évaporites	Basses collines très denses	Méditerranéen	11
55 Avant-monts du Languedoc	Collinéen	Schistes sédimentaires et roches détritiques cristallines	Basses et hautes collines avec petites plaines	Cévenol	12
56 Plateaux haut-Saônois	Collinéen	Calcaires massifs et séries carbonatées	Plateaux	Océanique tend. continentale	4
57 Bordure dignoise	Collinéen	Calcaires massifs et séries carbonatées	Petites montagnes et plateaux localisées	Méditerranéen	14
58 Plateaux jurassiens	Collinéen	Calcaires massifs et marnes	Plateaux peu élevés et vallées encaissées	Océanique humide	4
59 Collines molassiques entre Rhône et	Collinéen	Molasses	Basses et hautes collines avec petites vallées	Océanique	5
60 Valensole	Collinéen	Roches détritiques carbonatées	Plateaux tabulaires dominés par des collines et des coteaux	Méditerranéen	12
61 Plaine alluviale méditerranéenne	Collinéen	Alluvions fluviatiles et quaternaires	Plaine avec terrasses alluviales bordées par de basses collines	Méditerranéen	5
62 Bordure orientale des Pyrénées	Collinéen	Calcaires massifs et séries carbonatées	Hautes et basses collines avec vallées encaissées	Méditerranéen tend. océanique	12

ANNEXE V : QUALIFICATION DES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES

Analyse de différents travaux et de méthodes de qualification des fonctions des zones humides conduites dans le bassin réalisés en 2018 par Suzanne Catteau (1 à 8) pour l'agence de l'eau RMC et par l'agence de l'eau (9 et 10) :

- 1 HENTZ, J.-L. & CUVELIER, J. 2014. Zone humide des Gardons. Inventaire et stratégie d'intervention. Phase 2 : Hiérarchisation des zones humides. Jean-Laurent Hentz/O2TERRE/SMAGE des Gardons. 31 p.
2. Aquascop & Les Ecologistes de l'Euzière, 2011. Inventaire des zones humides du bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (34). 134 p.
3. CEN PACA. 2016. Note explicative sur la méthode de hiérarchisation des zones humides du Var. 14p.
4. LANDRU G. 2013a. Inventaire complémentaire des zones humides dans le cadre du SAGE Calavon Coulon. Rapport méthodologique, premiers éléments de synthèse, éléments de hiérarchisation. Conservatoire d'espaces naturels Provence-Alpes-Côte d'Azur. 150 p. LANDRU G. 2013b. Inventaires des zones humides du département de Vaucluse - 2011/2013 - Rapport méthodologique, premiers éléments de synthèse. Conservatoire d'espaces naturels Provence-Alpes-Côte d'Azur. 180 p.
5. Biotope. 2018. Etude de caractérisation des enjeux épuratoires liés aux zones humides du bassin de la Bourbre. Rapport de l'étude. Syndicat Mixte d'Aménagement du Bassin de la Bourbre. 89 p.
6. Acer campestre, Cercis, TTI, 2013. Document de travail sur les indicateurs de la fonction des zones humides. 5 p.
7. Ecotone, 2018. Inventaire des zones humides de l'Aude (Tranche 5) SMMAR. 177 p.
8. GAYET, G., BAPTIST, F., BARAILLE, L., CAESSTEKER, P., CLEMENT, J.-C., GAILLARD J., GAUCHERAND, S., ISSELIN-NONDEDEU, F., POINSOT C., QUETIER, F., TOUROULT, J., BARNAUD, G., 2016a. Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides - version 1.0. Onema, collection Guides et protocoles, 186 p.
9. Réflexions engagées dans le pays de Gex en préalable à la réalisation du plan de gestion stratégique (BRLi 2021).
10. Travaux effectués pour le SAGE Gravone Prunelli golfes d'Ajaccio et de Lava (ASCONIT, KAIROS, Visu 2016 pour la communauté d'agglomération du pays d'Ajaccio)

1 Hentz, J.-L. & Cuvelier, J. 2014. Zone humide des Gardons. Inventaire et stratégie d'intervention. Phase 2 : Hiérarchisation des zones humides. Jean-Laurent Hentz/O2TERRE/SMAGE des Gardons. 31 p.

Ce document couple une approche par le terrain et par un SIG.

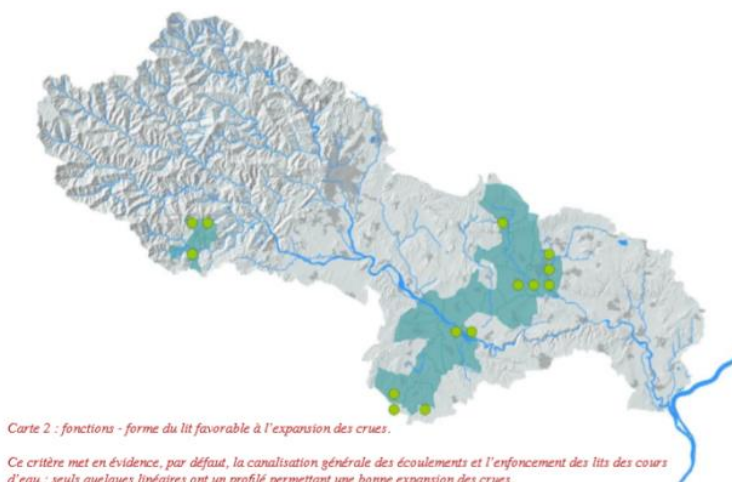
1.1 Approche de terrain

1.1.1 Qualification des fonctions

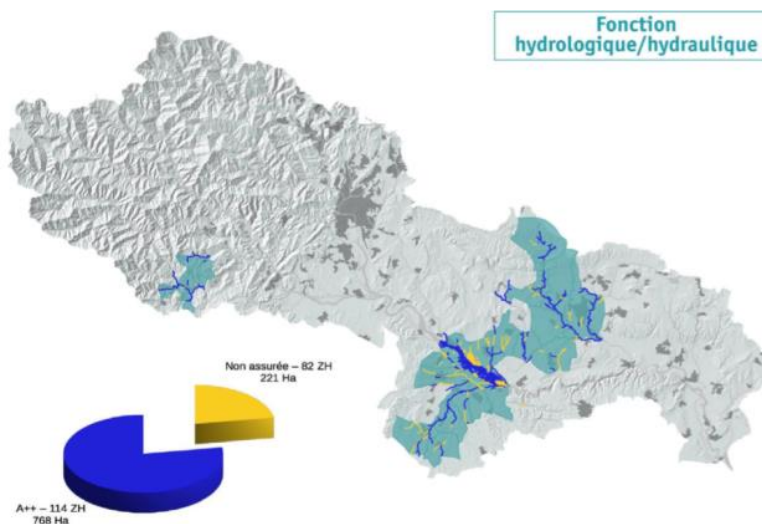
Il est à noter que dans cette étude on ne parle pas de « sous-fonction » mais de « thématique ». Pour les qualifier, les critères pris en compte sont les suivants :

- FONCTION HYDROLOGIQUE/HYDRAULIQUE :
 - Régulation des crues :
 - Forme du lit : faible incision du lit mineur /présence de laisses de crue,
 - Rugosité : présence d'arbres.
 - Soutien d'étiage :
 - Traces d'hydromorphie en profondeur.
- FONCTION PHYSIQUE/BIOGEOCHIMIQUE :
 - Recharge sédimentaire :
 - Erosion des berges/atterrissements ;
 - Qualité des eaux :
 - Ripisylve supérieure à 25 m en bordure des Gardons ou 10 m pour les affluents.
- FONCTION BIOLOGIQUE/ECOLOGIQUE :
 - Habitat naturel :
 - Etat de conservation des habitats naturels à dire d'experts ;
 - Ombrage (en zone méditerranéenne) :
 - Présence de ripisylve.

Des cartes sont produites par critère (ex : carte 2 : fonctions – forme du lit favorable à l'expansion des crues) et par fonction (ex : fonction hydrologique/hydraulique).



Exemple de carte représentant un critère (Hentz & Cuvelier, 2014).



Exemple de carte représentant une fonction (Hentz & Cuvelier, 2014).

1.1.2 Détermination des services

Le terme « service » renvoie dans cette étude uniquement aux activités de loisirs (chasse, pêche, randonnée) et économiques (production de fourrage dans les prairies humides et exploitation de la ripisylve). Le terme « enjeu » semble correspondre au service nécessaire dans le bassin que la zone humide est susceptible de fournir.

Dans cette méthode une plus-value est accordée à la fonction hydrologique lorsque la problématique inondation est prégnante ou lorsqu'il existe un zonage « Zone de Répartition des eaux ». De même, une plus-value est attribuée à la fonction biogéochimique lorsque la zone humide est située dans un périmètre AEP, une « zone nitrate » (« zone réglementaire attirant l'attention des gestionnaires et des pouvoirs publics sur la fragilité des habitats naturels et le besoin de diminuer l'utilisation des fertilisants agricoles »), en aval d'une zone urbaine ou en périphérie d'une masse d'eau faiblement ou peu altérée. Enfin, une plus-value est donnée pour la fonction biologique lorsque la présence d'espèces patrimoniales est avérée.

1.1.3 Identification des pressions

Les pressions sont abordées à partir des critères suivants :

PRESSION AGRICOLE :

- Présence de drains ou fossés supérieurs à 50 cm de profondeur,
- Présence de cultures mitoyennes,
- Surpâturage>Piétinements -> érosion des berges + apports de MO (jouent sur fonction hydrologique et biogéochimique),
- Entretien mécanique,
- Présence de pompage,
- Plantations de peupliers ou platanes dans ou en bordure des ZH.

LOISIRS :

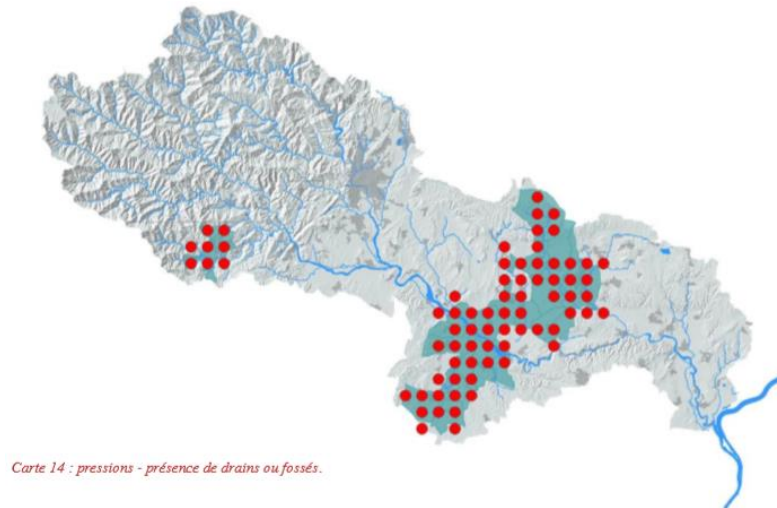
- Motocross/Quad.

URBANISATION :

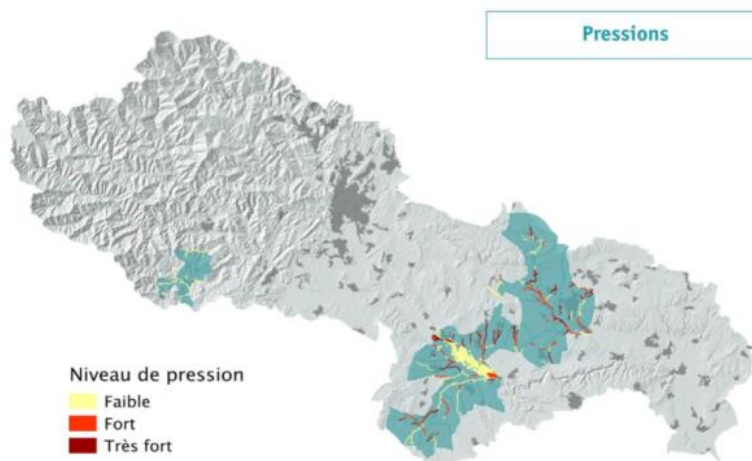
- Limite l'expansion des crues,
- Canalisation des écoulements,
- Présence de murets, digues, ponts, routes, voies ferrées,
- Présence de STEP,
- Décharge, remblais.

Des moins-values sont attribuées lorsque les contraintes spatiales sont fortes. On part du principe que la «réduction de surface des zones humides au profit d'un autre usage (urbain, agricole, industriel, de loisir...) serait par définition dommageable au maintien des fonctions assurées. »

Des cartes sont produites par critère (ex : carte 14 : pressions – présence de drains ou de fossés) et une carte restitue le nombre de critères associés à la présence de pression par zone humide de l'inventaire (ex : Pressions).



Exemple de carte représentant un critère de pression (Hentz & Cuvelier, 2014).



Exemple de carte représentant les pressions (Hentz & Cuvelier, 2014).

1.1.4 Prises en compte du mode de gestion

La méthode de prise en compte des modes de gestion n'est pas établie mais il est prévu d'identifier les gestionnaires qui pourraient intervenir.

1.1.5 Stratégie d'intervention

Des notes arbitraires sont proposées selon le nombre de critères observés. La présence de l'un des critères pris en compte pour la qualification des fonctions atteste de la réalisation pour tout ou partie de la fonction. Parallèlement, les critères de pression sont additionnés.

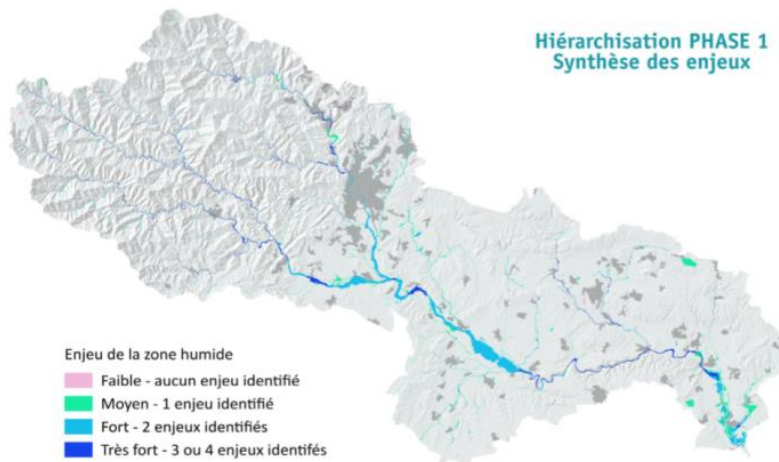
Les fonctions peuvent se voir attribuer une plus-value si elles sont recherchées en raison d'un service qu'elles sont susceptibles de rendre ou une moins-value s'il existe des pressions qui les menacent.

1.2 Approche SIG

1.2.1 Qualification des fonctions

Par SIG, les « enjeux – fonctions » sont estimés à partir des critères suivants :

- Enjeu – fonction hydrologique/hydraulique,
- Carte des probabilités de crue (trentennale),
- Enjeu – fonction physique/biogéochimique,
- Périmètre de 20m autour d'un captage AEP,
- Enjeu – fonction biologique/écologique :
 - Note du cours d'eau \geq à 9 (cf. document interne du SMAGE),
 - Présence d'espèces avec un statut réglementaire,
 - Présence d'une héronnière.

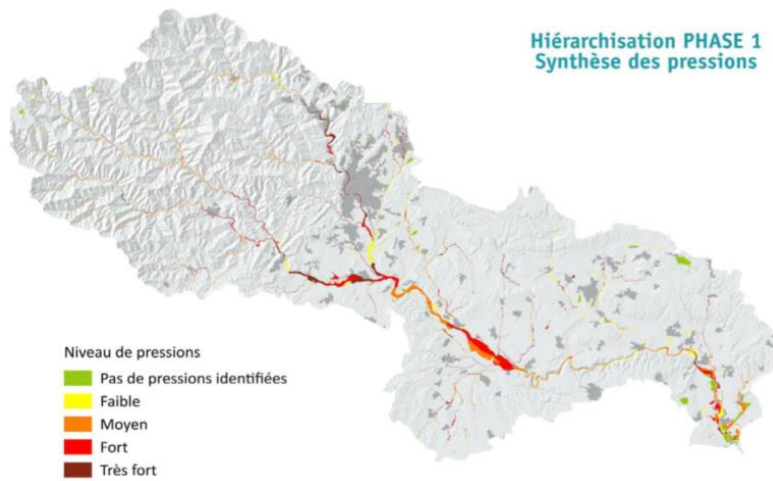


Exemple de carte représentant les « enjeux-fonctions » (Hentz & Cuvelier, 2014).

1.2.2 Identification des pressions

Cinq types de pression sont pris en compte à partir de l'analyse SIG selon les critères suivants :

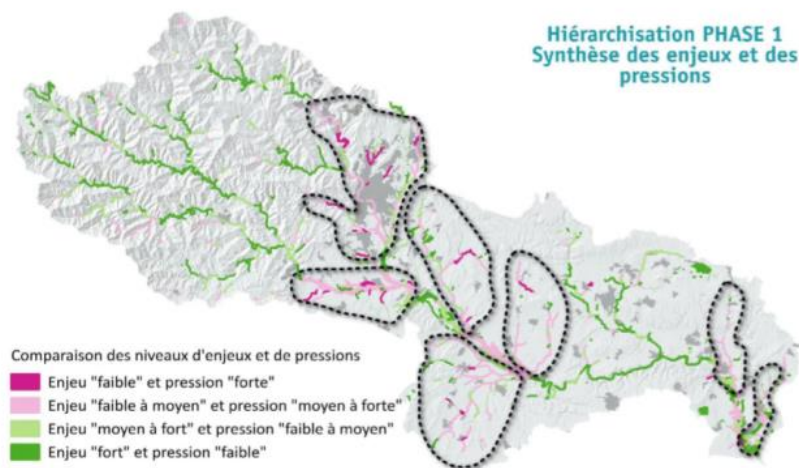
- Pressions – milieux naturels :
 - ZH qui intersecte cours d'eau avec note de qualité des milieux naturels < 7
- Pressions – qualité de l'eau :
 - ZH qui intersecte cours d'eau avec note de qualité de l'eau < 3
- Pressions – urbanisation :
 - Zonages urbain ou à urbaniser dans PLU
- Pressions – étiage :
 - Utilisation de la carte de répartition des quantités d'eau du SMAGE des Gardons
- Pressions – station d'épuration :
 - Périmètre de 20 m autour d'une STEP



Exemple de carte représentant une synthèse des pressions (Hentz & Cuvelier, 2014).

1.2.3 Stratégie d'intervention

Les auteurs notent que le résultat de cette approche SIG aurait pu permettre d'orienter le choix des communes à visiter sur le terrain. Ils ont réalisé une carte (ci-dessous) qui permet de faire ressortir plusieurs secteurs.



Carte de synthèse des enjeux et des pressions (Hentz & Cuvelier, 2014).

2. Aquascop & Les Ecologistes de l'Euzière, 2011. Inventaire des zones humides du bassin versant Lez Mosson Etangs Palavasiens (34). 134 p.

2.1 Qualification des fonctions

La qualification des fonctions est réalisée à partir des critères présentés dans la grille d'analyse suivante :

2.1.1 Note de patrimonialité / 10 (cumul de 3 notes) :

- éléments du patrimoine naturel possédant un statut juridique ou figurant sur les différentes listes du patrimoine naturel menacé à l'échelle européenne, nationale ou régionale (observés pendant les inventaires) ;
- « Cette analyse objective des textes et listes réglementaires a été pondérée «à dire d'expert», selon les connaissances sur le statut et les enjeux locaux des différentes espèces patrimoniales contactées. » ;
- état de conservation (bon, moyen, mauvais) ;
- fonctionnalité écologique (faible, modérée, forte, majeure) selon importance des corridors et capacité d'accueil des communautés biologiques périphériques.

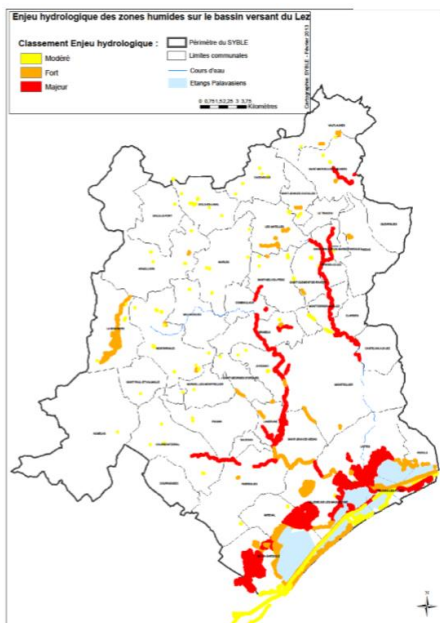
2.1.2 Note de la valeur sociétale /10

- intérêt paysager (caractère emblématique, pittoresque, banalité, visibilité, étendue) ;
- valeur socio-économique (élevage/pastoralisme, chasse, pêche, tourisme, loisirs). L'agriculture, la sylviculture et les prélèvements d'eau ne sont pas associées à une valeur socio-économique ;
- Note de fonctionnalité hydrologique ;
- fonction hydraulique: nomenclature des critères fonctionnels ZNIEFF (à dire d'expert ou selon une base de données ?) et superficie de la zone humide ;
- fonction AEP (superficie de la ZH et présence d'un périmètre proche ou éloigné de captage AEP).

2.2.3 Note de la capacité d'épuration /5

- fonction d'épuration selon superficie, position par rapport à rejet permanent (STEP), ou temporaire, zone urbaine ou zone agricole.

L'ensemble de ces notes sont additionnées. Il est à noter qu'une note finale élevée souligne l'importance de la valeur de la note. Les zones humides d'intérêt patrimonial sont favorisées (intérêt patrimonial + état de conservation + fonctionnalité écologique + intérêt paysager = 15pts) par rapport aux zones humides ordinaires mais fonctionnelles (fonction hydraulique + fonction épuratoire = 5/10 pts)

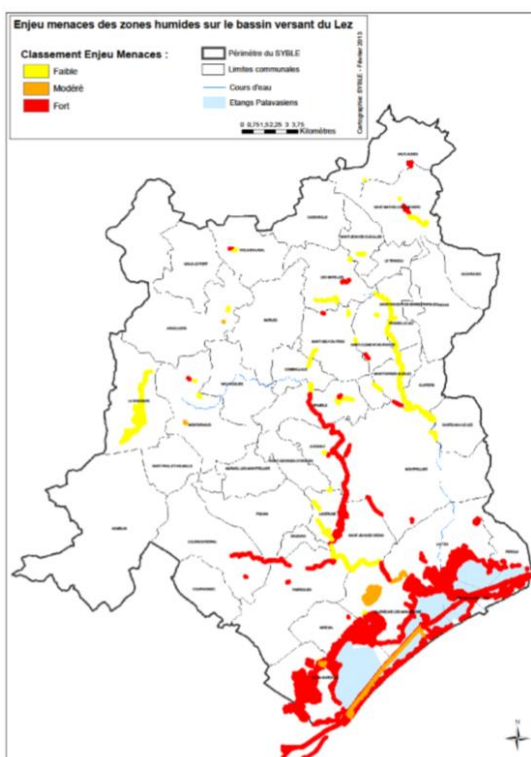


Exemple de carte obtenue (Aquascop & Les Ecologistes de l'Euzière, 2011).

2.2 Identification des pressions

Lors des prospections terrain, sont déterminés :

- le risque de réduction de la surface de la zone humide (urbanisation, routes, cabanisation, drainage),
- le risque de réduction de sa valeur patrimoniale (pollutions, mauvaises pratiques agricoles, surfréquentation, EEE),
- le risque de perturbation de la pérennité de la zone humide (fermeture du milieu, fonctionnement hydraulique perturbé).



Exemple de carte obtenue (Aquascop & Les Ecologistes de l'Euzière, 2011).

2.3 Prises en compte du mode de gestion

La méthode intègre les mesures de protection et de gestion de la façon suivante :

- Protection (4 niveaux) :
 - Statut de protection (RN, APBn Réserve biologique dirigé (ONF), site classé) et maîtrise foncière (terrain acquis par Conservatoire du Littoral, département de l'Hérault, collectivités locales, CEN – LR) >50% de la ZH,
 - Statut (N2000, périmètre d'acquisition par CL, site inscrit, forêt domaniale, SIC, ZPS et ZSC,
 - Protection <50%,
 - Sans mesure de protection.

- Gestion (3 niveaux) :
 - Plus de 30% de la ZH fait l'objet d'une démarche de gestion du milieu avec document de référence ET structure existante,
 - Plus de 30% de la ZH fait l'objet d'une démarche de gestion du milieu partiellement assurée avec un document de référence OU avec une structure existante,
 - Sans mesure de gestion.

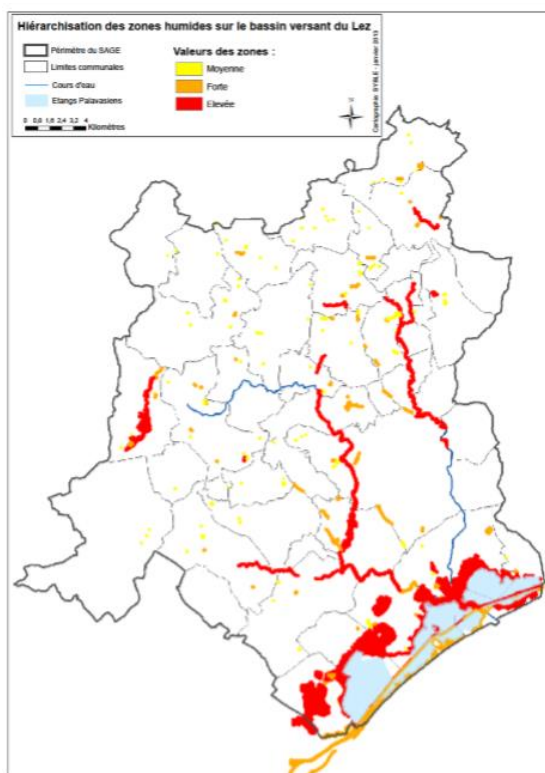
Plus la note est élevée, plus la priorité est forte car il y a peu ou pas de mesures de gestion et/ou de protection.

2.4 Stratégie d'intervention

Pour établir une hiérarchisation des zones, il est question d'identifier les zones humides en fonction de la valeur patrimoniale, sociétale, hydrologique et épuratoire en intégrant :

- une note d'intérêt patrimonial (fonction écologique),
- une note d'intérêt sociétal (intérêt paysager + valeur socioéconomique),
- une note de fonctionnement (fonctions hydrologiques – gestion des quantités – et alimentation en eau potable,
- une note sur la capacité épuratoire.

Une pondération identique est attribuée à ces 4 valeurs.



Exemple de carte obtenue pour la hiérarchisation des zones humides (Aquascop & Les Ecologistes de l'Euzière, 2011).

Puis pour la hiérarchisation des priorités d'actions, les zones sont classées en fonction de la nécessité de mettre en place des mesures de protection ou de gestion à partir de 3 notes pondérées de manière équivalente :

- note de menaces
- note de protection
- note gestion

3. CEN PACA. 2016. Note explicative sur la méthode de hiérarchisation des zones humides du Var. 14p.

3.1 Qualification des fonctions

La qualification des fonctions repose sur le système de note et prend en compte les éléments suivants :

- Type SDAGE /100,
- Valeur patrimoniale et fonctionnelle globale,
- Valeur patrimoniale biologique : BDD SILENE Flore et SILENE Faune postérieures à 1990,
- Fonction écologique/continuité : type SDAGE + appréciation in situ « à dire d'expert »,
- Fonctions hydrologiques : selon études existantes, si non évaluée, valeur (15) entre nulle/faible (10) et moyenne (25),
- Valeur socio-économique : selon études existantes, si non évaluée, valeur (10) entre nulle/faible (0) et moyenne (25),
- Etat de conservation hydrologique (50pts) et biologique (50pts) : observations terrain « à dire d'expert » (non dégradé : 0 pts / dégradé : 50pts).

3.2 Identification des pressions

Les menaces suivantes sont identifiées :

- processus naturel : atterrissement, assèchement, fermeture du milieu,
- espèces invasives,
- Prélèvement, exploitation faune/flore (pêche, cueillette, chasse),
- Pratiques agricoles et forestières,
- Activités de loisir et fréquentation,
- Perturbations hydrauliques et mise en culture,
- Pollution et nuisances,
- Urbanisation, remblais, décharges.

3.3 Prises en compte du mode de gestion

La méthode prend en compte la gestion conservatoire et les statuts de protection selon 3 modalités :

- forte : protection réglementaire et foncière (réserve biologique, RN régionale, RNN, ABP, zone centrale de parc national, sites classés),
- moyenne : instruments contractuels, conventions et protection foncière potentielle (charte de parc naturel régional, document d'objectif Natura 2000, contrat de rivière, de baie, de nappe, d'étang, MAEC, périmètre de captage, PPRI, secteur identifié SAGE, RN conventionnelle, site inscrit, zone de préemption du département, zone de préemption SAFER),
- faible : inventaires (ZNIEFF).

3.4 Stratégie d'intervention

Un tableau de décision propose des stratégies à mettre en œuvre selon les objectifs :

- Veille : zone humide en bon état et non menacé,
- Gestion : zones humides moyennement dégradées et non fortement menacées,
- Protection et gestion : zones humides moyennement dégradées et fortement menacées pour lesquelles une protection pourrait permettre de lever les menaces,
- Restauration : zones humides fortement dégradées,
- Protection et restauration : zones humides fortement dégradées dont la restauration doit être assortie de mesures de protection visant à lever les menaces.

Ce tableau de décision est mobilisé uniquement si la zone humide possède une valeur patrimoniale et fonctionnelle forte. Il existe une priorisation des zones humides patrimoniales ou détriment des zones humides ordinaires.

4. Landru, G. 2013a. Inventaire complémentaire des zones humides dans le cadre du SAGE Calavon Coulon. Rapport méthodologique, premiers éléments de synthèse, éléments de hiérarchisation. Conservatoire d'espaces naturels Provence-Alpes-Côte d'Azur. 150 p. LANDRU G. 2013b. Inventaires des zones humides du département de Vaucluse - 2011/2013 - Rapport méthodologique, premiers éléments de synthèse. Conservatoire d'espaces naturels Provence-Alpes-Côte d'Azur. 180 p.

4.1 Qualification des fonctions

Méthode plus ou moins similaire au document précédent, seules quelques différences subsistent dans la notation.

Pour appréhender les fonctions, sont pris en compte :

- le type de zone humide,
- l'intérêt patrimonial (nombre d'habitat patrimoniaux humides, nombre espèces flore patrimoniale, nombre espèces vertébrés patrimoniaux) BDD SILENE – en annexe la liste des espèces indicatrices de ZH,
- les fonctions biologiques (protection du milieu physique, épuration, soutien naturel d'étiage),
- les fonctions hydrologiques.

4.2 Détermination des services

La valeur socio-économique (loisirs et pédagogie, production liée aux fonctions « réservoirs pour l'AEP », « production biologique » ou « production de matière 1^{ère} ») intervient dans le calcul.

4.3 Identification des pressions

Les menaces sont évaluées sur le terrain par rapport à un gradient allant de « zone humide peu ou pas menacée » à « fortement menacée » selon l'importance des impacts constatés et l'imminence d'impacts prévisibles sur la zone humide.

4.4 Prises en compte du mode de gestion

Les statuts de protection et la gestion conservatoire sont considérés dans l'analyse.

4.5 Stratégie d'intervention

La priorité d'intervention est déterminée selon la note obtenue par l'addition des critères suivants :

- Statut et gestion (statut de protection, gestion conservatoire) (note sur 100),
- Fonctionnalité (hydrologique, biologique) (note sur 100),
- Menaces (note sur 100).

5. Biotope, 2018. Etude de caractérisation des enjeux épuratoires liés aux zones humides du bassin de la Bourbre. Rapport de l'étude. Syndicat Mixte d'Aménagement du Bassin de la Bourbre. 89 p.

5.1 Qualification des fonctions

Les auteurs partent du principe que tous les espaces remplissent potentiellement toutes les fonctions biogéochimiques s'ils ne sont pas impactés par des pressions. Il y a donc uniquement une entrée par les pressions et les services

5.2 Détermination des services

Dans l'étude, les services correspondent aux « opportunités que constituent les zones humides à jouer un rôle en termes de [...] ». En effet, il s'agit de « déterminer celles qui sont le plus à même [de remplir un service] ». La capacité réelle qu'ont les zones humides à fournir le(s) service(s) est distinguée.

Des éléments contextuels sont fournis par bassin versant tels que la qualité des masses d'eau, la présence de périmètres de captage, la localisation de différents types de rejets ou encore la présence de STEP.

5.3 Identification des pressions

Les pressions (urbaines et agricoles) sont évaluées dans les zones humides et dans leurs zones contributives. Les résultats sont restitués par sous-bassin versant, pour les 193 zones humides et leur zone contributive.

La méthode prend en compte les surfaces construites et les infrastructures de transport à partir de la BD TOPO selon la méthode de Gayet et al. 2016a (p58). La méthode est proche de celle proposée par Rhoméo mais les résultats sont restitués par maille (100m²). Quatre classes sont définies selon la valeur extrême supérieure :

- Pressions urbaines liées au bâti,
- Pressions urbaines liées aux infrastructures de transport,
- Pressions urbaines liées aux infrastructures de transport et au bâti,
- Pour la pression liée à l'agriculture, deux indicateurs de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sont utilisés : surfaces cultivées et surfaces enherbées (à partir du RPG) (Gayet et al., 2016a). A cela deux indicateurs ont été construits en compléments :
 - estimation de la pression phytosanitaire : Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT) et le Nombre de Doses Unitaires (NDU),
 - estimation du risque d'une fertilisation excédentaire,
 - La méthode propose de se concentrer sur l'évaluation des pressions liées aux céréales, aux oléagineux et aux prairies permanentes/fourrages car ce sont les cultures dominantes dans le bassin. Une pondération de la pression de fertilisation est appliquée pour chaque catégorie de culture (grandes cultures, prairies permanentes-temporaires/légumineuses).

L'évaluation prend en compte les cycles de rotation en faisant des synthèses sur plusieurs années.

5.4 Stratégie d'intervention

Une priorisation est réalisée au regard des enjeux épuratoires, c'est-à-dire des pressions qui s'exercent sur la fonction biogéochimique. Comme les résultats sont restitués par maille, une synthèse est produite par sous-bassin versant, par zone humide et par zone contributive.

Des propositions d'actions à mettre en œuvre dans la zone contributive ou la zone humide sont fournies pour réduire les pressions.

6.

6. *Acer campestre, Cercis, TTI, 2013. Document de travail sur les indicateurs. 5 p.*

6.1 Qualification des fonctions

Fonctions hydrologiques/hydrauliques :

- Fonction hydraulique (expansion naturelle des crues, ralentissement du ruissellement, soutien naturel d'étiage),
- Fonction protection contre l'érosion,
- Connexion au réseau hydrographique (traversant, entrant et sortant, passant à côté, entrant, sortant),
- Inondation (périmètre de zone inondable).

Fonctions physiques/biogéochimiques :

- Fonction d'épuration (proximité d'un rejet de flux polluant (STEP),
- Fonction ressource en eau potable (périmètre de captage).

Fonctions biologiques/écologiques/sociétales :

- Flore (présence d'espèces patrimoniales),
- Faune (présence d'espèces patrimoniales),
- Habitats naturels (présence d'habitats d'IC ou déterminants ZNIEFF),
- Fonctionnalité écologique (habitat, connexion, étape migratoire, dortoir, etc.)/

6.2 Détermination des services

- Valeur socio-économique (réservoir pour AEP, production biologique, intérêt valorisation pédagogique)

6.3 Identification des pressions

Les menaces prises en compte sont les suivantes :

- risque de réduction de la surface de la zone humide, menaces à très court terme (développement de l'urbanisation, routes, cabanisation, suppression d'une partie de zone humide, drainage...);
- risque de réduction de sa valeur patrimoniale, menace à court terme (pollutions, mauvaises pratiques agricoles, surfréquentation, prolifération d'espèces envahissantes);
- risque de perturbation de la pérennité de la zone, menace à moyen terme (fermeture du milieu, fonctionnement hydraulique suffisamment perturbé pour remettre en cause à moyen terme l'existence de la zone humide).

6.4 Prises en compte du mode de gestion

Pour évaluer la protection, sont pris en compte :

- la maîtrise foncière (conservatoire du littoral, ENS34, CENLR, collectivités,
- le statut de protection : site classé, réserve naturelle, APPB, RB ONF,
- le statut permettant la mise en place de mesures de conservation (site Natura 2000, site inscrit, forêt domaniale).

Pour évaluer les mesures de gestion, les critères suivants sont intégrés :

- gestion totale (Docob N2000, Plan de gestion Conservatoire du Littoral, Plan de gestion ENS -avec programme existant ET structure de gestion identifiée),
- gestion partielle (démarches de gestion du milieu avec document de référence OU structure existante).

6.5 Stratégie d'intervention

Un système de notes à partir des données issues de la base de données zones humides (élaborée à partir de de prospections sur le terrain) et traitements SIG permet d'établir une hiérarchie.

- Pondération « à dire d'expert » et méthode de hiérarchisation ZNIEFF LR pour flore et faune.

7. Ecotone, 2018. Inventaire des zones humides de l'Aude (Tranche 5) SMMAR. 177 p.

7.1 Qualification des fonctions

Fonction hydrologique :

- Soutien à l'étiage (position dans le BV (amont), zone inondable, taille de la zone humide),
- Ralentissement du ruissellement (enfouissement de la ligne d'eau, rugosité du substrat, végétalisation des berges, présence de bancs de graviers),
- Expansion naturelle des crues (physionomie de la ZH, rugosité, obstacles à l'écoulement, position dans le BV, surface, caractéristiques morphologiques, éloignement au cours d'eau, caractéristiques des précipitations).

Fonction épuratrice (contexte agricole) :

- Epuration (communauté végétales indicatrices de la qualité du milieu).

Fonction biologique et écologique (intérêt patrimoniale des espèces et des habitats) :

- Continuité (connexions par rapport aux sous-trames qui la constituent),
- Patrimonialité (statuts de protection et de conservation),
- Etat de conservation (structure du milieu, diversité propre, menaces observables).

7.2 Détermination des services

Fonction sociétale :

- Production économique (présence d'activités agricoles de type élevage ou pastoralisme),
- Loisirs (selon utilisation du site – sorties nature, panneaux de sensibilisation),
- Aménité (rôle paysager de la zone humide et appréciation par public spécialisé – ornithologues par exemple).

7.3 Identification des pressions

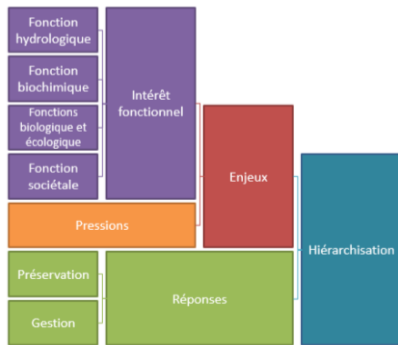
- présence d'infrastructure ou d'aménagements lourds,
- pollutions ou nuisances,
- pratiques liées à la gestion des eaux,
- pratiques et travaux forestiers inadaptés,
- pratiques liés aux loisirs,
- pratique de gestion des milieux naturels inadaptés,
- processus naturels abiotiques nuisant au développement des zones humides,
- processus biologiques et écologiques nuisant au fonctionnement naturel de la zone humide/

7.4 Prises en compte du mode de gestion (niveau de réponse)

- Programme de gestion et sites gérés,
- Protections règlementaires et foncières.

7.5 Stratégie d'intervention

Attribution de notes et système de rangs.



Démarche d'obtention de la hiérarchisation (Ecotone, 2018).

8. Gayet, G., Baptist, F., Baraille, L., Caessteker, P., Clément, J.-C., Gaillard J., Gaucherand, S., Isselin-Nondedeu, F., Poinsot C., Quetier, F., Touroult, J., Barnaud, G., 2016a. Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides - version 1.0. Onema, collection Guides et protocoles, 186 p.

8.1 Qualification des fonctions

Indicateurs dans le site pour les fonctions/ sous-fonctions correspondantes :

8.1.1 FONCTION HYDROLOGIQUE

- Ralentissement des ruissellements (rugosité du couvert végétal, rareté des rigoles, rareté des fossés, rareté des fossés profonds) :
- Recharge des nappes (rareté des rigoles, rareté des fossés, rareté des fossés profonds, rareté des drains souterrains, conductivité hydraulique en surface, conductivité hydraulique en profondeur) :
- Rétention des sédiments (végétalisation du site, rugosité du couvert végétal, rareté des rigoles, rareté des fossés, rareté des fossés profonds, végétalisation des fossés et fossés profonds, rareté du ravinement, végétalisation des berges, MO incorporée, texture en surface 1).

8.1.2 FONCTION BIOGEOCHIMIQUE (indicateurs liés au couvert végétal, au système de drainage, à l'érosion et aux caractéristiques du sol)

- Dénitrification des nitrates ;
- Assimilation végétale de l'azote ;
- Adsorption et précipitation du phosphore ;
- Assimilation végétale des orthophosphates ;
- Séquestration du carbone.

8.1.3 FONCTION D'ACCOMPLISSEMENT DU CYCLE BIOLOGIQUE DES ESPECES

- Support des habitats (richesse et équipartition des grands habitats (EUNIS niveau 1), richesse et équipartition des habitats (EUNIS n3), rareté des lisières, rareté de l'artificialisation de l'habitat, rareté des invasions biologiques végétales) ;
- Connexion des habitats (proximité des habitats, similarité avec le paysage).

+indicateurs dans l'environnement du site

8.2 Identification des pressions

- Surfaces cultivées ;
- Surfaces construites/infrastructures de transport (BD TOPO : part relative des surfaces construites sur des mailles de 10 km²).

8.3 Stratégie d'intervention

- Ils préconisent de ne pas se baser sur l'attribution de scores ;
- Résultats présentés par indicateurs et non par sous-fonctions.

9. Réflexions engagées dans le pays de Gex en préalable à la réalisation du plan de gestion stratégique (BRLi 2021).

Lors de l'élaboration du plan de gestion stratégique des zones humides pour le pays de Gex, BRLi (Bas-Rhône-Languedoc Ingénierie) propose de travailler à une qualification des fonctions des zones humides partagées avec les acteurs du territoire fondée sur les services rendus à la collectivité.

Service potentiellement rendu :

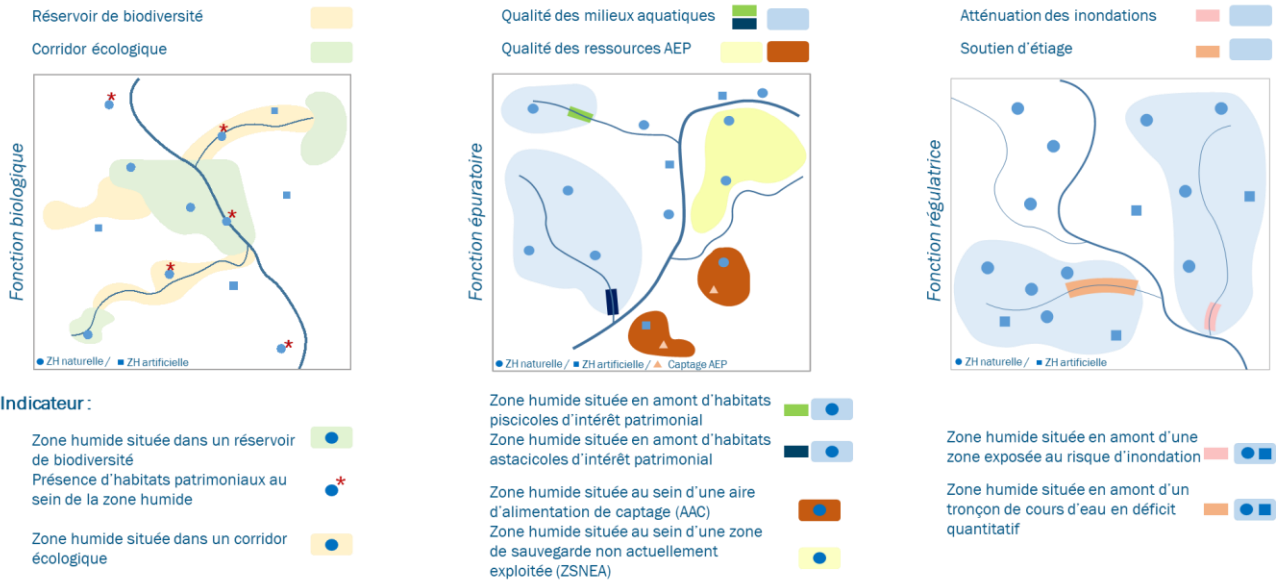


Schéma explicatif d'approche des fonctions et des services rendus dans le cadre du plan de gestion stratégique du pays de Gex (Ninon Sicard BRLi, 2021).

BRLi justifie ses choix validés avec les instances locales :

- Espace de bon fonctionnement non pris en compte pour caractériser les fonctions ;
- Toutes les zones humides assurent a priori ces trois fonctions dans des proportions plus ou moins importantes (à l'exception peut-être de certaines zones humides artificielles, dont les fonctions biologiques et épuratoires hors décantation sont à priori moindres). L'idée est d'identifier celles qui contribuent le plus aux problématiques du territoire pour prioriser les interventions futures sur les zones humides (protection, restauration/suppression des pressions, ...) :
- Ces dernières sont identifiées en croisant
 - La couche des inventaires de zones humides
 - Avec la couche des zones contributives (AEP, biodiversité, inondations, ...).
- Fonction récréative fortement dépendante des aménagements réalisés ;
- Garder en tête les fonctions/services potentiellement rendus par les zones humides non inventoriées.

Concernant les zones humides non-inventoriées, la mobilisation de l'espace humide de référence permettrait d'analyser les pressions qu'il subit et les fonctions qu'il remplit en complément du travail réalisé sur les inventaires.

10. Travaux effectués pour le SAGE Gravone Prunelli golfes d'Ajaccio et de Lava (ASCONIT, KAIROS, Visu 2016 pour la communauté d'agglomération du pays d'Ajaccio)

Pour le plan de gestion stratégique des zones humides du SAGE « Gravone, Prunelli, golfes d'Ajaccio et de Lava », les fonctions sont qualifiées dans un espace appelé zones humides potentielles. Celui-ci est construit à partir de la combinaison d'indicateurs des zones inondables, de l'indice de Beven Kirby (aire de contribution), de la densité du réseau hydrographique à laquelle sont adjoints l'intégration des inventaires naturalistes, les zones inondables et submersibles ; auxquels sont soustraites les zones imperméabilisées (urbanisation, artificialisation).

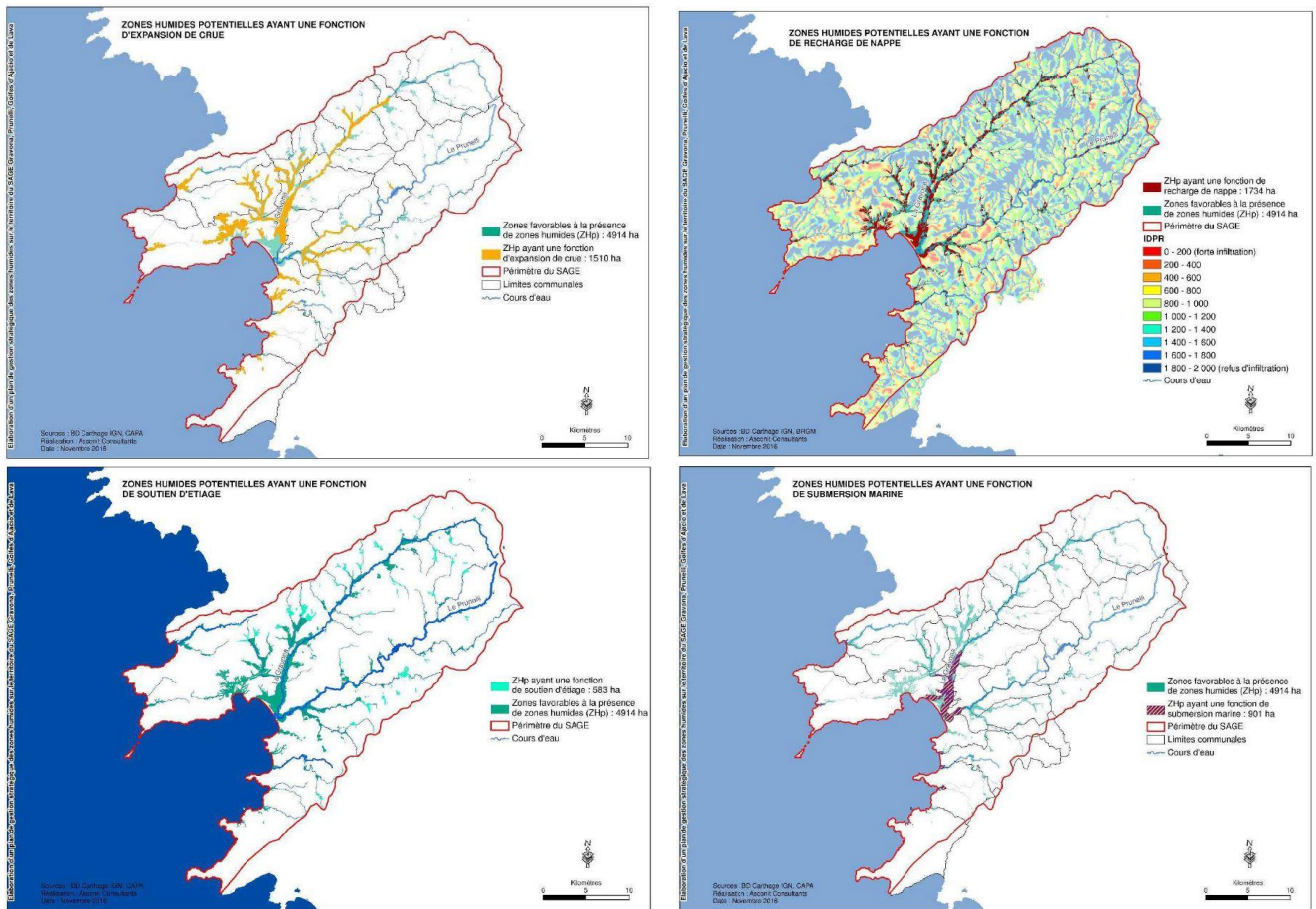
L'espace obtenu est qualifié de zones les plus favorables à la présence de zones humides hors secteurs imperméabilisés ou zones humides potentielles. Ce zonage diffère de l'espace humide de référence car les critères géologiques et géomorphologiques sont absents et les zones imperméabilisées lui sont soustraites. Il se rapproche de l'espace humide de référence car il prend en considération les aspects relatifs à la circulation de l'eau.



Exemple de localisation des zones humides potentielles préalablement à la qualification des fonctions des zones humides dans le périmètre du SAGE (Asconit-KAIROS-VISU, 2016).

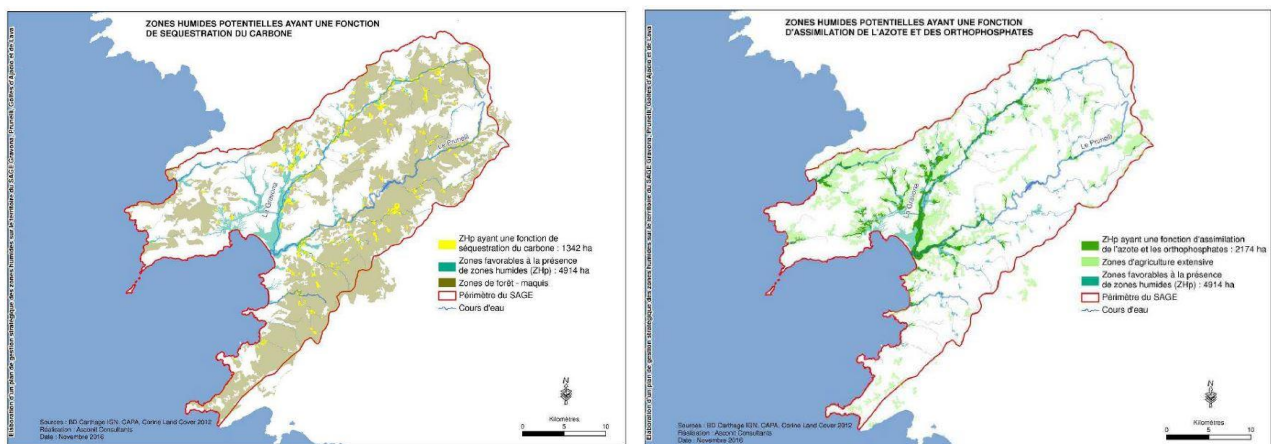
Des prospections de terrain sont réalisées dans les zones humides considérées à plus fort enjeu pour caractériser plus précisément leurs habitats, leur fonctionnement hydrologique et les pressions qui s'y exercent.

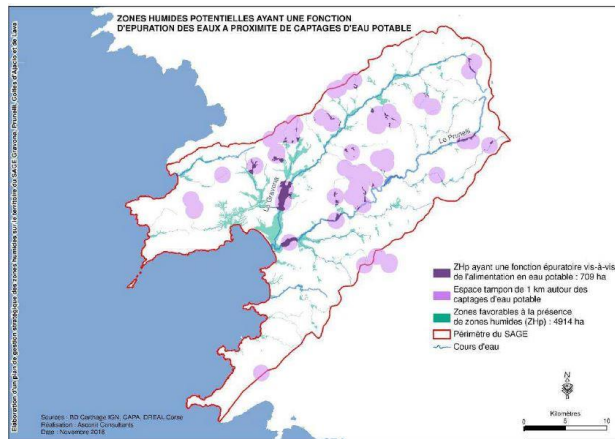
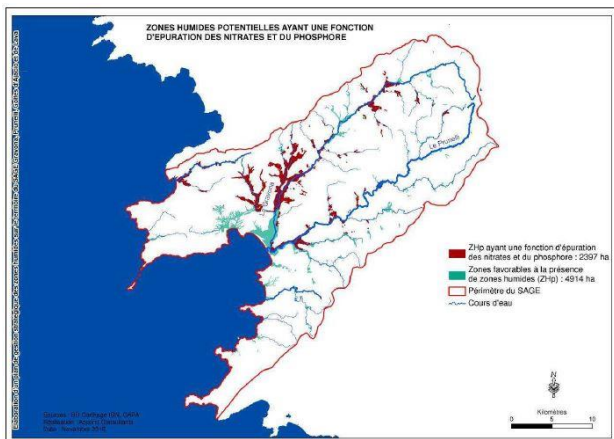
La fonction hydrologique est étudiée à partir des sous-fonctions (ralentissement des ruissellements, recharge des nappes, rétention des sédiments, soutien d'étiage, expansion de crue, submersion marine). Les cartes obtenues visualisent les contributions des différents compartiments du territoire aux questions de l'hydrologie, de la continuité du fonctionnement, des solidarités amont-aval ou des submersions marines, éléments conformes à la méthode nationale.



Exemple de qualification des fonctions d'expansion de crue, de recharge de nappe, de soutien d'étiage et de submersion marine des zones humides dans le périmètre du SAGE (Asconit, KAIROS, VISU, 2016).

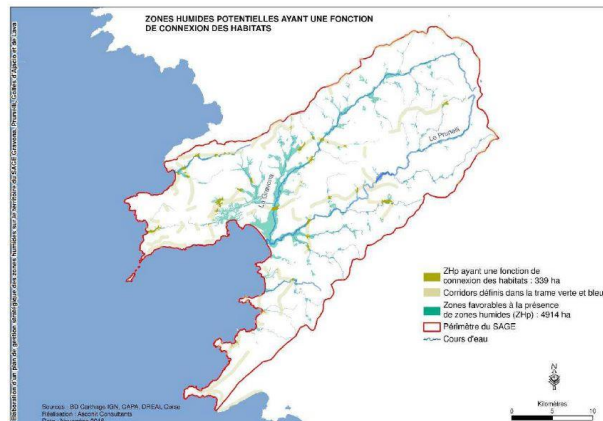
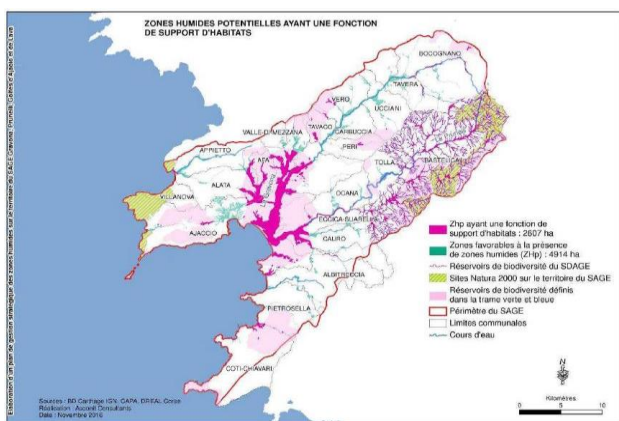
La fonction biogéochimique est décrite avec les sous-fonctions (dénitrification des nitrates et adsorption, précipitation du phosphore, assimilation végétale de l'azote et des ortho phosphates, rétention des matières en suspension, épuration des eaux à proximité de captages d'eau potable, séquestration du carbone), éléments conformes à la méthode nationale.





Exemple de qualification des fonctions de séquestration du carbone, d'assimilation de l'azote et du phosphore, d'épuration des nitrates et du phosphore, d'épuration des eaux à proximité de captage d'eau potable des zones humides dans le périmètre du SAGE (Asconit, KAIROS, VISU, 2016).

La fonction biologique est décrite avec les sous-fonctions support d'habitat et connexion des habitats en mobilisant les réservoirs biologiques du SDAGE et ceux de la trame verte et bleue (TVB), les corridors écologiques de la TVB, les sites Natura 2000. Ces deux sous-fonctions sont conformes avec les éléments du guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides



Exemple de fonctions support d'habitats et de connexion des habitats des zones humides dans le périmètre du SAGE (Asconit, KAIROS, VISU, 2016).

L'ensemble de ces résultats sont partagés avec les acteurs lors des groupes de travail pour prioriser les objectifs de préservation et de restauration des zones humides en prévision d'un programme d'actions concertés dont le SAGE portera la mise en œuvre.

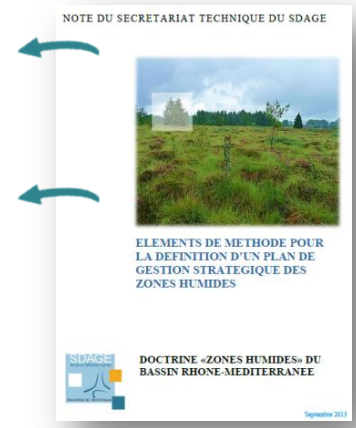
ANNEXE VI : FICHE DE SYNTHÈSE POUR ACCOMPAGNER LES PLANS DE GESTION STRATÉGIQUE DES ZONES HUMIDES (CATTEAU, 2019).



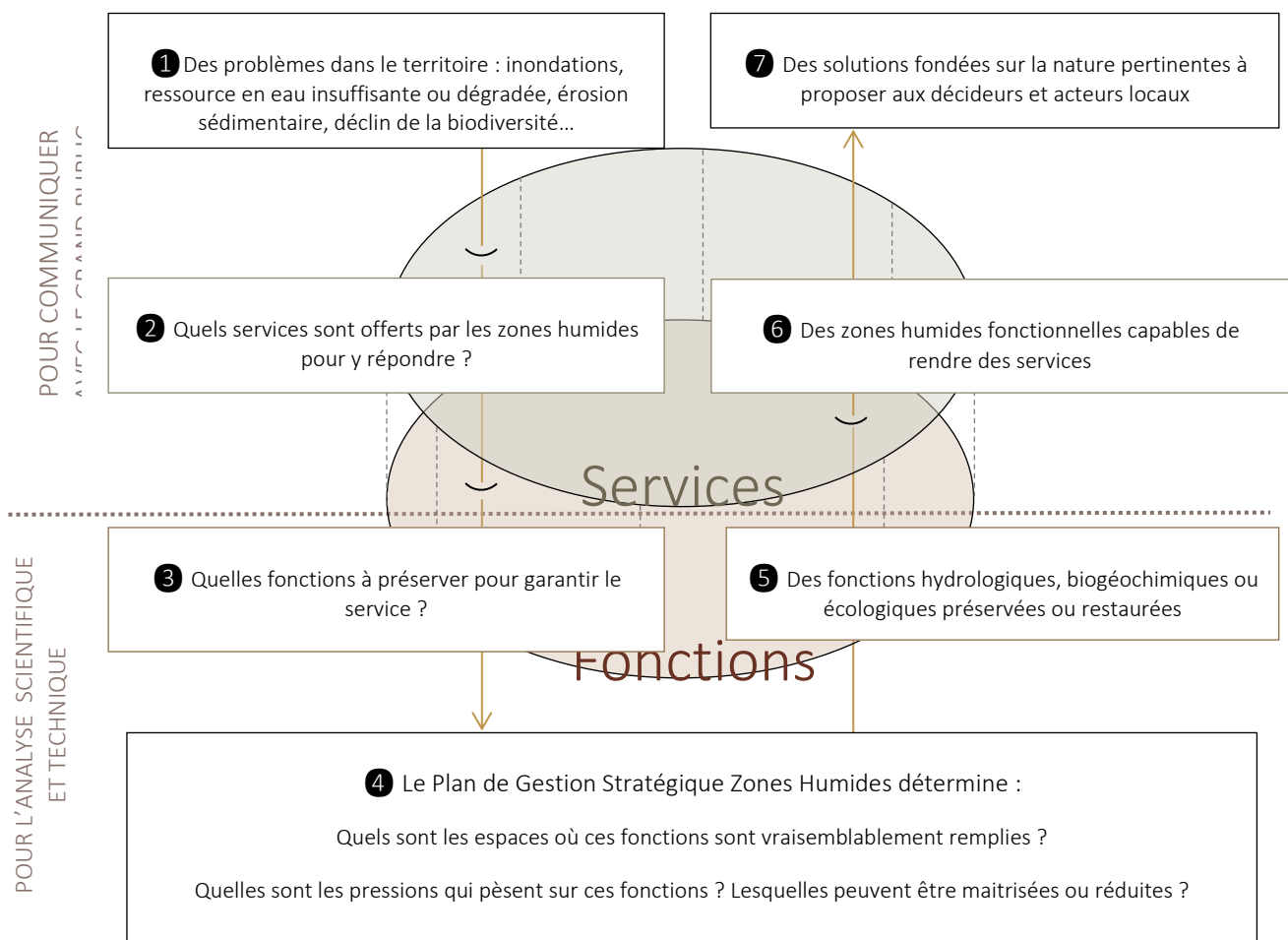
Qu'est-ce qu'un PGSZH ?

Les **Plans de Gestion Stratégiques des Zones Humides** ont pour objectif d'accélérer la mise en œuvre de la politique en faveur des zones humides et d'améliorer l'application du principe éviter-réduire-compenser.

Il s'agit d'élaborer un plan d'actions concerté par sous-bassin versant pour définir les secteurs où les **fonctions**, jugées indispensables pour le territoire, sont menacées par des **pressions**. Cela doit permettre de proposer des prescriptions pour une gestion adaptée (non dégradation, restauration, maîtrise et réduction des pressions).



Intégration du PGSZH dans la démarche territoriale et utilisation des notions de fonction et service



A quoi ressemblent les stratégies existantes dans les territoires ?

Les documents de stratégies relatives aux zones humides intègrent des méthodes variées. A l'origine de cette hétérogénéité :

- ✓ La **superficie** variable des zones d'étude et la **disponibilité des données**,
- ✓ Les **interprétations** diverses de la note du secrétariat technique du SDAGE et/ou l'appel à d'autres supports de référence,
- ✓ La **confusion entre les termes** « fonction », « service », « fonctionnalité » et « enjeu »
- ✓ Et le nombre et la nature des **fonctions prises en compte**.

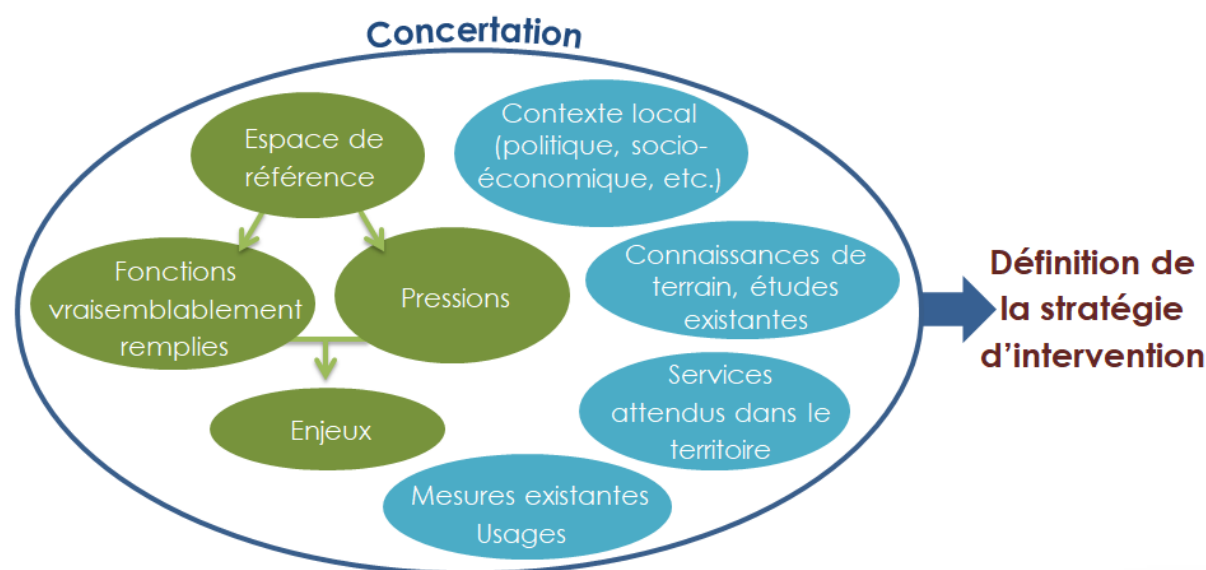
Comment apporter davantage de cohérence dans le bassin ?

Cette méthode propose de concevoir les PGSZH selon :

- **une approche technique à large échelle**, cohérente avec la gestion de l'eau (sous-bassin versant, écorégion) pour laquelle des protocoles SIG pourraient permettre de localiser les fonctions vraisemblablement remplies et les pressions pour déduire de leur croisement les secteurs à enjeux ;
- **et une approche liée à la dimension territoriale qui permettrait d'intégrer les spécificités locales à une échelle plus fine**, a minima celle d'une collectivité dotée de la compétence GEMAPI, cohérente avec les structures locales capables de déployer des actions en faveur des zones humides.

L'automatisation par SIG de certains traitements a pour ambition de faciliter la mise en œuvre des PGSZH et de garantir leur cohérence à l'échelle des bassins Rhône-Méditerranée et Corse.

Proposition d'une double approche distinguant la dimension technique et territoriale dans le cadre des concertations visant à la définition de stratégies d'intervention



Légende

- Éléments issus de traitements SIG
- Éléments liés à la dimension territoriale et aux spécificités locales

A quoi correspond l'espace de référence ?

- Défini dans la note du secrétariat technique du SDAGE comme un espace dans lequel les caractéristiques physiques (lithologie, relief et conditions climatiques locales) concourent à la forte probabilité de présence de zones humides d'après le Guide pour la reconnaissance des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée (2012) ;
- Il s'agit d'un espace en relation avec le **fonctionnement des zones humides** ;
- Cet espace recoupe les **zones humides des inventaires** et souligne les **continuums fonctionnels** dans lesquels elles s'inscrivent ;
- Il met en lumière des secteurs dans lesquels des **zones humides banales** ou **dégradées** qui ne sont pas ou plus détectables, peuvent être présentes.



Qualification des fonctions

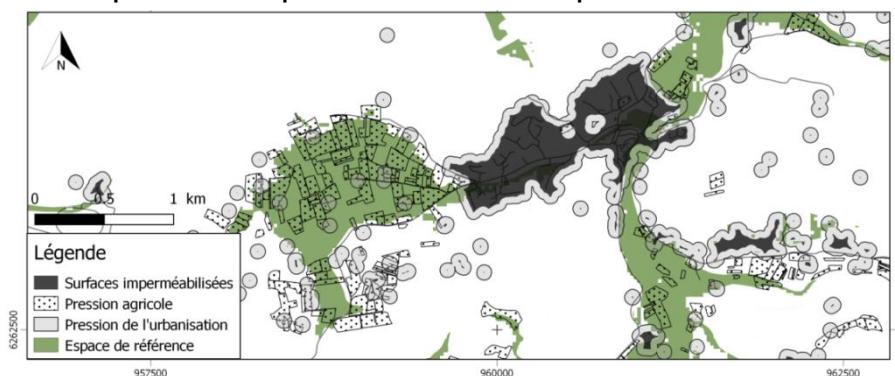
Dans un souci de cohérence avec le guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (Gayet et al., 2016), trois fonctions majeures sont distinguées : hydrologique, biogéochimique et biologique. Les premiers tests méthodologiques se sont attachés à la qualification des sous-fonctions à partir de descripteurs proposés dans de la littérature liés à la localisation dans le bassin, à l'occupation des sols et aux secteurs délimités pour des enjeux spécifiques.

Fonctions	Sous fonctions identifiées dans la méthode nationale (Gayet et al., 2016)	Sous fonctions identifiées par l'approche géomatique ici proposée	Indicateurs proposés
Hydrologique	<ul style="list-style-type: none"> N ✓ Recharge des nappes R ✓ Ralentissement des ruissellements S ✓ Rétention des sédiments 	<ul style="list-style-type: none"> Recharge des nappes Stockage des eaux en amont Epanchement des crues et dissipation des forces érosives Rétention des sédiments par ralentissement du ruissellement 	<ul style="list-style-type: none"> Secteurs plats et zones d'infiltration majoritaire Plans d'eau, dépressions et secteurs plats en dehors des fonds de vallée Fonds de vallée, secteurs plats et périmètres des Atlas Zones Inondables Rugosité de la végétation
Biogéochimique	<ul style="list-style-type: none"> Nv ✓ Dénitrification des nitrates C ○ Séquestration du carbone Nd ○ Assimilation végétale de l'azote Pa ○ Adsorption, précipitation du phosphore Pv ○ Assimilation végétale des orthophosphates 	<ul style="list-style-type: none"> Dénitrification Stockage du carbone 	<ul style="list-style-type: none"> Occupation du sol Occupation du sol
Biologique (accomplissement du cycle de vie des espèces)	<ul style="list-style-type: none"> S ✓ Support des habitats C ○ Connexion des habitats 	<ul style="list-style-type: none"> Support des habitats 	<ul style="list-style-type: none"> Occupation du sol, APB, Znieff de type 1, Natura 2000, réserves naturelles

Identification des pressions

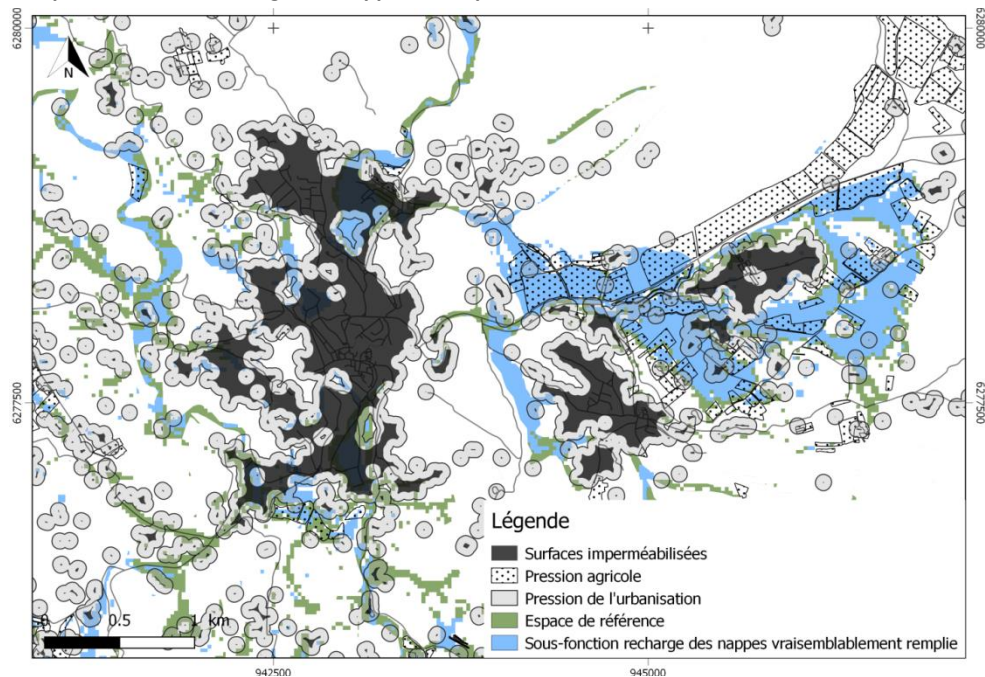
Deux types de pressions ont été identifiés lors des premiers tests méthodologiques : la pression d'urbanisation (à partir de la BD TOPO) et la pression agricole (à partir du RPG) selon les méthodes proposées dans le guide à outils Rhodan (2014).

Exemple de carte représentant l'espace de référence et les pressions identifiées dans le territoire



Exemple de carte représentant l'espace de référence dans lequel est vraisemblablement remplie la fonction recharge des nappes et les pressions identifiées dans le territoire

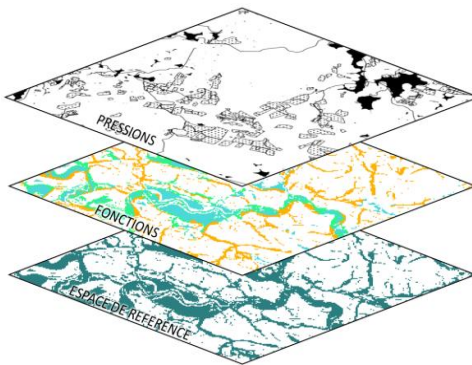
L'objectif à terme est que les couches d'information relatives à l'espace de référence, aux fonctions et aux pressions puissent servir de support lors des concertations territoriales pour repérer les secteurs à enjeux, c'est-à-dire là où les fonctions nécessaires pour le territoire sont menacées par des pressions. Cela doit permettre d'appuyer la prise de décision concernant les priorités d'actions.



Combien de temps est nécessaire pour disposer de ces couches d'information dans un bassin versant ?

L'espace humide de référence est aujourd'hui mis à disposition par l'agence de l'eau il n'est donc plus à calculer. Il en va de même pour les pressions (urbanisation-artificialisation, agriculture, indicateurs Rhoméo I12 et I13 calculés pour 3 dates : 2008, 2014, 2020).

Il faut compter 1 demi-journée pour la qualification des fonctions et pressions. Pour la version expérimentale de la méthode, il s'agit uniquement de lancer des requêtes.



Une méthode en cours de construction

Les premiers tests méthodologiques ont permis de dérouler la démarche sur quelques sous-bassins versants du SDAGE Rhône-Méditerranée. Cela a permis de mettre en évidence les perspectives que cela offrait mais aussi les verrous techniques à lever pour que la méthode s'adapte au mieux aux spécificités locales.

Une thèse de 3 ans doit permettre de proposer une nouvelle approche pour la spatialisation des fonctions et des pressions avec l'appui des structures locales.

D'après Suzanne CATTEAU (2018)

Doctorante Université Bordeaux Montaigne (UMR Passages 5319, ANRT, Tour du Valat, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse).

*** Vocabulaire**

Fonctions « activités ou actions qui ont lieu naturellement dans les zones humides, résultantes d'interactions entre les processus et la structure de l'écosystème » (Maltby et al., 1996)

Services bénéfiques que la société peut tirer des écosystèmes, tels que l'écrêtement des crues, le stockage du carbone ou la dénitrification (Barnaud & Fustec, 2007). Ces services incluent des bénéfices culturels et spirituels ou de provision, de régulation et de support (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

Fonctionnalité « aptitude des écosystèmes à réaliser ses fonctions et processus fonctionnels » (Aidoud & Clément, 2014). Terme non retenu par le SDAGE car génère des confusions.

Pression toutes activités humaines internes ou externes qui interfèrent avec des zones humides. Ces pressions sont susceptibles d'induire des dysfonctionnements des fonctions (hydrologique, biogéochimique, biologique) des zones humides et d'en altérer l'état.

Enjeu une fonction que l'on peut perdre ou gagner dans un territoire selon la gestion des pressions auxquelles elle est soumise (Duffy et al., 2013)

ANNEXE VII : INDICATEURS UTILISES PAR LES REQUETES GEOMATIQUES POUR LA QUALIFICATION DES FONCTIONS (CATTEAU, 2017).

Fonctions	Sous-fonctions	Indicateurs
Hydrologique	Désynchronisation des pics de crue	$PENTE < 2$ $GEOM == 1$ (Plat) $GEOM == 10$ (Dépression) $EAU_TOPO == 1$ $CLC == 512$ (Plans d'eau)
	Epanchement des crues et dissipation des forces érosives	$AZI == 1$ $FDV == 1$ $GEOM == 9$ (Vallée) & $PENTE < 2$
	Recharge des nappes	$IDPR < 1000$ $PENTE < 2$
	Ralentissement du ruissellement et rétention des sédiments	($GEOM == 8$ (Bas de pente) $PENTE > 2$) & ($CLC == 311$ (Forêts de feuillus) $CLC == 312$ (Forêts de conifères) $CLC == 313$ (Forêt mélangées) $CLC == 321$ (Pelouses et pâturages naturels) $CLC == 324$ (Forêts et broussailles en mutation) $CLC == 231$ (Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole))
Biogéochimique	Dénitrification	$PENTE < 2$ & ($EAU_TOPO == 1$ $CLC == 512$ (Plans d'eau) ($CLC == 311$ (Forêts de feuillus) $CLC == 312$ (Forêts de conifères) $CLC == 313$ (Forêt mélangées) $CLC == 321$ (Pelouses et pâturages naturels) $CLC == 324$ (Forêts et broussailles en mutation) $CLC == 231$ (Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole) $CLC == 512$ (Plans d'eau))
	Séquestration du carbone	$CLC == 311$ (Forêts de feuillus) $CLC == 312$ (Forêts de conifères) $CLC == 313$ (Forêt mélangées) $CLC == 321$ (Pelouses et pâturages naturels) $CLC == 324$ (Forêts et broussailles en mutation) $CLC == 231$ (Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole) $CLC == 411$ (Marais intérieurs) $CLC == 412$ (Tourbières)
	Protection de la ressource en eau potable	($AAC == 1$ $RSM == 1$) & ($CLC == 311$ (Forêts de feuillus) $CLC == 312$ (Forêts de conifères) $CLC == 313$ (Forêt mélangées) $CLC == 321$ (Pelouses et pâturages naturels) $CLC == 324$ (Forêts et broussailles en mutation) $CLC == 231$ (Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole) $CLC == 411$ (Marais intérieurs) $CLC = 412$ (Tourbières))
Biologique	Habitats	$APB == 1$ $ZNIEFF1 == 1$ $N2000 == 1$ $RN == 1$ & ($CLC == 311$ (forêts de feuillus) $CLC == 312$ (Forêts de conifères) $CLC == 313$ (Forêt mélangées) $CLC == 321$ (Pelouses et pâturages naturels) $CLC == 324$ (Forêts et broussailles en mutation) $CLC == 231$ (Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole) $CLC == 411$ (Marais intérieurs) $CLC == 412$ (Tourbières) $CLC == 512$ (Plans d'eau))

Pour ce travail expérimental, l'objectif est de mobiliser les bases de données disponibles dans le bassin versant pour qualifier les fonctions des zones humides à partir de différents critères (Catteau 2017) :

- *PENTE* : un raster de pente (*r.slope.aspect*) ;
- *GEOM* : un raster représentant les formes du relief (*r.geomorphon*) ;
- *CLC* : un raster de l'occupation des sols (*Corine Land Cover 2016 – niveau 3*) ;
- *EAU_TOPO* : un raster avec les surfaces en eau de la *BDTOPO®* ;
- *AZI* : un raster de l'Atlas des Zones Inondables ;
- *FDV* : un raster des fonds de vallées ;
- *IDPR* : un raster présentant les classes d'IDPR ;
- *AAC* : un raster avec les Aires d'Alimentation des Captages ;
- *RSM* : un raster avec les ressources stratégiques majeures (eaux souterraines) ;
- *APB* : un raster avec les Arrêtés de Protection Biotope ;
- *ZNIEFF1* : un raster avec les ZNIEFF de type 1 ;
- *N2000* : un raster avec les sites Natura 2000 ;
- *RN* : un raster avec les Réserves Naturelles.

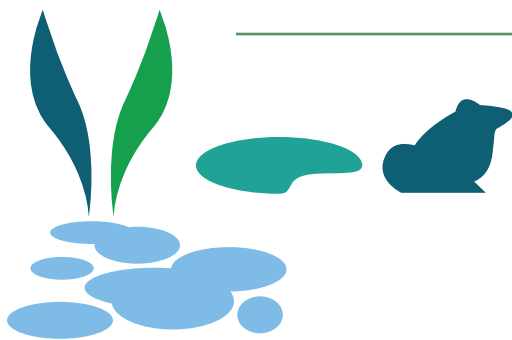
A l'aide de la calculatrice raster (*r.mapcalc*), il est possible de déduire du croisement de ces couches, les fonctions vraisemblablement réalisées par les zones humides à l'aide des opérateurs suivants :

- « & » exigeant la réalisation des deux conditions,
- « | » imposant la réalisation d'une des conditions,
- « == » pour donner la valeur exacte,
- Et le symbole « < » inférieur.

Pour plus de détail, se référer au tableau de l'annexe VII (Catteau 2017).

Nota bene : en alternative à la base de données d'occupation du sol de Corine Land Cover (échelle 1/100 000, basse résolution), il est possible d'utiliser la couche d'occupation du sol du CESBIO (THEIA/CNES) produite en 2019 (construite avec un balayage satellite Sentinel-2 de 2018). Cette base de donnée d'une résolution moyenne à haute (1/15 000) propose 23 classes d'occupation du sol.

Les données sont téléchargeables en suivant le lien <https://www.theia-land.fr/product/carte-doccupation-des-sols-de-la-france-metropolitaine/>. Cependant cette base de données récente n'autorise pas d'analyse diachronique antérieure.



L'ESPACE HUMIDE DE RÉFÉRENCE : UN NOUVEAU RÉFÉRENTIEL EN APPUI À LA GESTION DES ZONES HUMIDES

Concept, méthode, résultats, utilisation

Ce document présente l'espace humide de référence du bassin Rhône-Méditerranée. Il est illustré par des travaux de recherche et des résultats spécifiques au bassin.

Son objectif est de faire connaître et de faciliter l'appropriation de ce nouveau référentiel technique, pour la réalisation ou l'actualisation des plans de gestion stratégique des zones humides, en complément des connaissances et des outils déjà disponibles : les inventaires de zones humides, la note technique du SDAGE sur la réalisation de plans de gestion stratégique, les indicateurs de la boîte à outils Rhoméo et la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides.

Ce référentiel technique est mis à disposition des acteurs : techniciens des structures locales et des agences d'urbanisme, des gestionnaires des zones humides, des services de l'État et ses établissements publics. Il fournit les données pour estimer et localiser les étendues dans lesquelles sont présentes les zones humides, au sens de l'article L.211-1 du Code de l'environnement.

Le document expose également les principes et la méthode qui ont permis d'élaborer ce référentiel.

Il présente enfin une analyse de l'emprise de l'artificialisation et des pressions agricoles dans l'espace humide de référence. Pour la première fois, est évaluée la proportion de l'espace humide de référence disparue ou altérée par ces deux principaux facteurs d'anthropisation des bassins versants. Le référentiel technique sert également à une qualification des fonctions hydrologiques, biogéochimiques et biologiques des zones humides et de leur altération par les pressions décrites précédemment. Ces fonctions sont initialement des services offerts par les zones humides à la société.