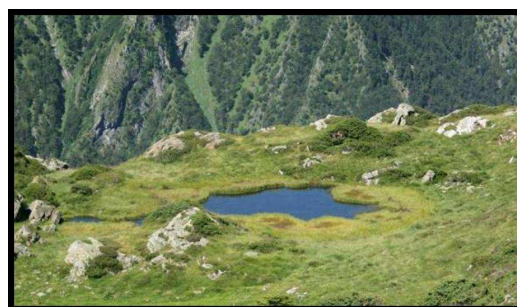
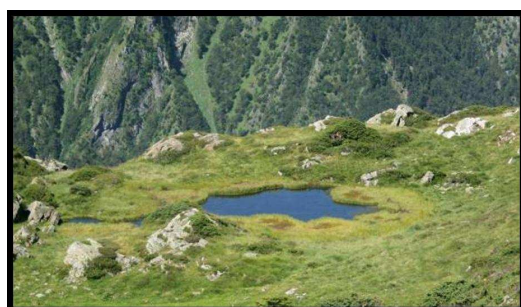


**CARTOGRAPHIE DES ZONES A DOMINANTE HUMIDE
ET
ENJEUX DES POLITIQUES PUBLIQUES ASSOCIEES**



Rapport méthodologique

**Etat d'avancement
Décembre 2011**



6-8 Espace Henry Vallée
69366 Lyon cedex 07



6 rue Basse des rives
42023 St Etienne cedex 2

SOMMAIRE

1	Rappel du contexte et des objectifs de l'étude	2
1.1	Les zones humides	2
1.2	Contexte du bassin Adour-Garonne	3
1.3	Objectifs de l'étude	3
2	Détermination des zones à potentiel humide	5
2.1	Les zones humides dans le bassin Adour-Garonne	5
2.2	Principe méthodologique	6
2.3	Présentation des critères de détermination	7
2.4	Croisement des données	18
2.5	Validation du modèle par la « réalité terrain »	21
2.6	Limites du résultat	24
3	Détermination des zones à dominante humide	26
4	Elaboration des indicateurs de suivi	27
4.1	Indicateurs d'état	27
4.2	Indicateurs de pression	27
4.3	Indicateurs de réponse	27
4.4	Indicateurs d'enjeux	28
5	Enseignements et perspectives d'amélioration de la méthode : bilan élaboré par l'Agence de l'eau	29
	Annexe 1 : Liste des figures et légendes	30
	Annexe 2 : Synthèse des données collectées	31
	Annexe 3 : Bibliographie	32
	Annexe 4 : Note explicative des fiches indicateurs	34

Crédit photo 1 – couverture : Zone humide perchée, massif du Vallier, Pyrénées ariégeoises
Crédit photo 2 – couverture : Lande humide, département des Landes

1 Rappel du contexte et des objectifs de l'étude

1.1 Les zones humides

Les zones humides sont des terres recouvertes d'eau peu profonde ou bien imprégnées d'eau de façon permanente ou temporaire. Elles se rencontrent à travers de nombreux paysages caractéristiques, tels que les estuaires, lagunes, étangs, marais, tourbières, prairies humides, forêts alluviales, etc.

Dans les milieux humides, l'eau est le facteur déterminant tant pour le fonctionnement de ces zones naturelles que pour la vie animale et végétale. La submersion des terres, la salinité de l'eau (douce, saumâtre ou salée) et la composition en matières nutritives subissent des fluctuations journalières, saisonnières ou annuelles, qui dépendent à la fois des conditions climatiques, de la localisation de la zone au sein du bassin hydrographique et du contexte géomorphologique (géographie, topographie).

Les zones humides exercent un rôle majeur dans les fonctionnements naturels, elles remplissent 3 grandes fonctions :

- Fonction hydrologique : les zones humides constituent des « éponges naturelles » qui reçoivent de l'eau, la stockent et la restituent.
- Fonctions physique et biogéochimique : les zones humides exercent un rôle de filtre naturel, en stockant et/ou dégradant différents éléments minéraux et/ou organiques présents dans les sols et l'eau. En particulier, les zones humides participent à l'autoépuration des milieux naturels au regard des pollutions diffuses (molécules phytosanitaires, nitrates, phosphates, etc.).
- Fonction écologique : de par la richesse de vie qui s'y abrite et se développe, les zones humides abritent une biodiversité exceptionnelle et constituent des réservoirs de biodiversité. Cette biodiversité est d'autant plus grande que les types de zones humides sont diversifiés (en fonction de la nature du sol, la présence d'eau, le relief, la salinité, la situation géographique dans le bassin versant, etc.), engendrant une grande diversité d'écosystèmes.

Les milieux humides rendent de nombreux services aux sociétés humaines :

- Services de régulation, englobant les contributions des zones humides dans la régulation du climat, de l'hydrologie, des pollutions et la prévention d'événements naturels exceptionnels (inondation, sécheresse).
- Services d'auto-entretien. Ils comptent l'ensemble des services nécessaires pour tous les autres services fournis par les écosystèmes, comme la biodiversité, la formation des sols, le cycle nutritif et la pollinisation.
- Services d'approvisionnement, regroupant les produits issus de ces milieux comme la nourriture, l'eau douce, les fibres, les matériaux de construction, les combustibles. On les nomme aussi services de prélèvement.

- Services culturels qui font référence aux bénéfices immatériels attachés à ces milieux comme l'esthétique, le récréatif et l'éducatif.

1.2 Contexte du bassin Adour-Garonne

Au cours du dernier siècle, plus de la moitié des milieux humides a été détruite en France métropolitaine. Ces milieux sont encore aujourd'hui menacés en raison de l'urbanisation, de l'intensification de l'agriculture ou encore des pollutions.

Ces menaces sont particulièrement présentes sur le bassin Adour-Garonne :

- autour des grandes agglomérations, la croissance démographique s'accompagne depuis 30 ans d'un étalement extrêmement important de l'urbanisation, au détriment, essentiellement, de parcelles agricoles et de zones humides.
- l'agriculture des plaines et de coteaux s'est fortement intensifiée, accompagnée de :
 - travaux de remembrement foncier (arasement de haies, comblement de zones humides) ;
 - travaux hydrauliques agricoles dans les cours d'eau (arasement des ripisylves, rectification, recalibrage, reprofilage),
 - création de nombreux plans d'eau pour l'irrigation
 - drainage des parcelles

Or à l'échelle des bassins versants, une grande part des zones humides est en interrelation et interdépendante des cours d'eau et de leurs nappes alluviales en raison des circulations d'eau. Ainsi, toute intervention humaine sur un maillon de la chaîne induit des perturbations sur l'ensemble du système. Le contexte perturbé dans les plaines et coteaux du bassin Adour-Garonne a ainsi conduit à la disparition de nombre de zones humides, par comblement et par assèchement (baisse du niveau des nappes affleurantes).

Or après compilation par l'Agence des divers inventaires déjà produits sur le bassin, il s'avère que les informations recueillies sont d'une grande hétérogénéité, tant du point de vue du contenu, de leur forme que de leur précision.

Dans le sous-chapitre « préserver, restaurer et gérer les milieux aquatiques à forts enjeux environnementaux » du SDAGE 2010-2015, la stratégie adoptée est claire : **stopper la dégradation des zones humides et intégrer leur préservation dans les politiques publiques.**

1.3 Objectifs de l'étude

La connaissance de l'existence de zones humides sur un territoire est un préalable à leur préservation et à leur restauration. L'identification et la localisation cartographique précise des zones humides sont une étape indispensable à leur prise en compte dans les politiques publiques. Dans un objectif de gestion durable de ces milieux, cohérent à l'échelle d'un bassin hydrographique, la caractérisation de leur nature (typologie d'habitats) et de leur fonctionnement (diagnostic fonctionnel) est également un élément primordial de connaissance.

Le but de l'étude est de disposer d'une cartographie précise des territoires naturellement humides sur le territoire du bassin Adour Garonne en l'absence d'activité anthropique. Il ne s'agit pas de réaliser un inventaire des zones humides réelles (ou effectives) à un échelon parcellaire, mais d'identifier des grands ensembles significatifs, à forte probabilité de présence de zones humides. Cette détermination a pour but d'aboutir à un référentiel de territoires, discrétisant le territoire, et permettant ainsi le calcul d'indicateur de caractérisation et de suivi.

Cette analyse permettra, à l'échelle du bassin Adour Garonne:

- De réaliser un état initial théorique
- D'avoir une vision homogène de la répartition de ces milieux sur le bassin
- De mettre en cohérence les enjeux de préservation au regard de la thématique « eau » et de leurs fonctionnalités
- De définir un lot de données de référence permettant à l'avenir d'agréger des informations liées aux politiques publiques (indicateurs financiers d'aides par exemple). Il s'agit d'élaborer une des fondations permettant la construction d'un tableau de bord de suivi des interventions et politiques publiques du Bassin.

En conséquence, les objets délimités au cours de cette étude seront désignés en tant que « zones à dominante humide » (ZDH).

Le travail s'est découpé en deux grandes phases :

1. Détermination des zones à dominante humide
2. Définition et mise en place d'indicateurs de suivi

La détermination des ZDH se fait en deux étapes :

Dans un premier temps nous déterminons **les zones à potentiel humide (ZPH)**. Ce zonage est issu de **traitements d'analyses spatiale et multicritère**. Il s'agit donc d'un **champ spatial continu (donnée pixelisée à 100m) représentant le caractère humide théorique**. Nous identifions et combinons des facteurs permettant de comprendre comment « apparaissent » les zones humides et donc de pouvoir les localiser.

Les ZDH sont ensuite déterminées, sur la base de ce travail, via une analyse géographique d'entités homogènes du territoire. Cette délimitation cartographique a été arbitrée dans un travail conjoint, avec des **règles de digitalisation adaptées à une utilisation au 1/250 000ème**.

Chaque ZDH a ensuite été caractérisée par le calcul d'une série d'indicateurs sur les volets Etat / Pression / Réponse. Ces indicateurs ont pour objet d'extraire, des données disponibles le maximum d'information objectives afin d'appuyer le travail des experts et décideurs.

2 Détermination des zones à potentiel humide

2.1 Les zones humides dans le bassin Adour-Garonne

Trois ensembles géographiques aux caractères très différents structurent le district hydrographique Adour-Garonne :

- Le bassin Aquitain, pays de plaines et de collines, dans des terrains sédimentaires où les marnes, les molasses et les sables argileux constituent l'essentiel des surfaces.
- Les Pyrénées, chaîne de montagne aux reliefs accentués qui conditionnent largement l'écoulement des eaux.
- Le massif Central, composé de plateaux étagés coupés de vallées étroites dans le socle et les terrains volcaniques, à l'amont, dans son enveloppe sédimentaire secondaire, souvent calcaire, au contact du bassin aquitain ; mais parfois cette enveloppe est constituée de bassins dans des formations argilo-marneuses, bassin de Brive, Rougier de Camarès...

Les modalités de l'écoulement, qui conditionnent le développement des zones humides sont différentes dans ces trois régions et ont dû faire l'objet de traitements adaptés.

Dans le Massif central, sur les plateaux de roches cristallines, les zones humides correspondent en général aux secteurs couverts d'épais manteaux d'arènes, au sein desquels l'écoulement des eaux est considérablement ralenti :

- têtes de vallons empâtés
- plateaux au drainage incertain, formés de cuvettes (alvéoles) séparés par des cloisons
- concavités de bas de versant noyées sous les dépôts de versants périglaciaires dont la perméabilité est réduite par les phénomènes périglaciaires quaternaires (compactations par la ségrégation de glace).

Sur les plateaux de laves, les zones humides sont localisées dans les dépressions de surface et autour des sources qui drainent les eaux à la base des coulées.

Les plateaux karstiques présentent un dispositif assez proche : les dépressions à la surface du karst bourrées de dépôts à teneur en argile importante, dits classiquement de décalcification peuvent abriter des zones humides (dolines, dépressions plus complexes souvent dérivées d'anciennes vallées subaériennes aujourd'hui abandonnées).

Les collines molassiques ont une topographie moutonnée qui se prête assez bien au développement de zones humides dans les vallons larges, dont beaucoup, en éventail sur le piémont pyrénéen sont aujourd'hui déconnectés de leur partie amont pyrénéenne par les réajustements du réseau hydrographique et présentent un écoulement diffus.

Les Pyrénées, en raison des fortes pentes présentent des zones humides essentiellement dans les vallées et sur les plateaux d'altitude particulièrement dans la partie occidentale de la chaîne, plus humide que la partie Est.

La partie englacée du massif avec une dynamique érosive bien plus efficace que dans le Massif Central, à cause de l'altitude de la chaîne est le lieu du développement, dans les vallées de nombreuses formes de surcreusement plus ou moins remblayées depuis la déglaciation, certaines encore imparfaitement, puisque subsistent des lacs glaciaires. Ici, la présence des zones humides est donc très dépendante de la dynamique glaciaire, les surcreusements, cirques, ombilics ou les barrages morainiques à l'aval constituant les sites favorables. Sur les pentes et les sommets récurés, l'absence de formation superficielle, rend leur présence rare et uniquement sur des pentes, des tourbières de taille réduite. Les critères topographiques sont donc déterminants dans ce cas de figure.

2.2 Principe méthodologique

La méthode proposée vise à estimer la probabilité de présence de zones à potentiel humide. Les facteurs climatiques, géologiques, géomorphologiques, topographiques et hydrologiques constituent les clefs de l'analyse, car ils déterminent le bilan positif ou neutre de l'eau indispensable au développement des zones humides. La méthode repose sur l'idée que l'implantation de zones humides obéit partout à la combinaison d'un certain nombre de facteurs naturels liés à l'altitude, à la pente, au contexte climatique, à la disposition du lieu par rapport à la densité de drainage et à la nature géologique (formation superficielle et faciès des terrains sous-jacents) ainsi qu'à l'histoire géologique et géomorphologique (surfaces d'érosion dans les régions de socle). L'échelle d'analyse nous a conduit à identifier **des paramètres simples et disponibles de manière homogène sur l'ensemble du bassin.** Certaines données comme la pédologie sont essentielles à l'analyse, mais n'ont pas été intégrées, car elles ne sont pas disponibles sur l'ensemble du bassin.

D'autres facteurs ont été intégrés a posteriori tels que les remontées de nappes, la délimitation par les hydro-écorégions afin de tenir compte de phénomènes locaux non mis en évidence par la modélisation à l'échelle du bassin Adour-Garonne.

En proposant une analyse critique des bases de données disponibles qu'il convient d'adapter à l'objectif poursuivi, des modèles de croisement de données adaptés au problème posé, il est possible de construire un modèle qui répartit le territoire entre des secteurs où la probabilité de trouver des zones à potentiel humide est faible car les facteurs sont globalement défavorables, et des secteurs où la probabilité est forte car ils sont favorables, toutes les situations intermédiaires se trouvant également.

La validité d'une telle démarche repose sur trois étapes qui nécessitent débat et qui constituent la limite d'un tel exercice (Etlicher et Bessaney, 1996) :

- la hiérarchisation des données en fonction de l'objectif recherché, autrement dit la pertinence des bases de données utilisées pour l'objectif recherché
- la construction du modèle de croisement de données qui doit permettre d'identifier les combinaisons de facteurs favorables et défavorables
- la hiérarchisation des résultats et la définition de classes de combinaison (favorables ou défavorables).

La méthode s'inspire de la réflexion mise en place par ASCONIT Consultants et ISTHME (ex-CRENAM) : « Prédétermination de zones humides sur le bassin Loire-Bretagne, 2008 ».

La pré-localisation est réalisée par analyse spatiale et multicritère, essentiellement en mode raster. Ce mode fait appel à l'utilisation de grilles de pixels, dont l'écartement constitue le pas de la grille, défini en unités terrain (100 m pour notre étude). Chaque pixel contient une valeur quantitative continue, discrète ou qualitative.

Le passage du mode vecteur vers le mode raster se fait par rasterisation, la transition inverse se faisant par vectorisation. La rasterisation nécessite la définition d'un pas pour la grille en sortie, et le choix d'une méthode d'interpolation si l'objectif est de générer une grille de valeurs continues : altitudes, pluviométrie par exemple (couches de lignes et de points principalement).

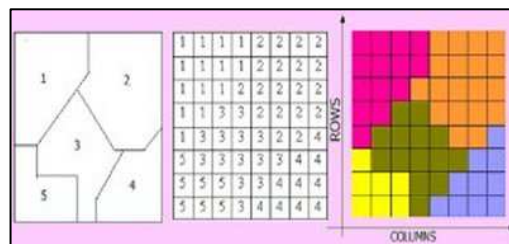


Figure 1 : Principe de rasterisation

Les logiciels utilisés sont le module Spatial Analyst d'ArcGIS, le logiciel SIG libre Grass pour les calculs spécifiques de courbure et de forme du relief et Idrisi pour l'analyse multicritère.

2.3 Présentation des critères de détermination

2.3.1 Topographie et climatologie

2.3.1.1 Principe théorique

La topographie est un facteur essentiel du développement des zones humides. En massifs montagneux anciens, les hautes surfaces à la topographie en relief « mous » sont éminemment favorables au développement d'un drainage incertain. Dès que la pente devient suffisante, l'écoulement s'organise et un réseau de vallons secondaire se met en place. L'altitude est un facteur supplémentaire par le biais des caractères climatiques (élévation des précipitations avec l'altitude, réduction des températures estivales et donc de l'évaporation). À son tour, l'engorgement des sols peut conduire au développement de végétation hygrophile, voire turfigène, qui est un des moteurs du développement des zones humides en altitude. Dans les plaines, c'est au contraire la planéité à basse altitude qui sera le critère essentiel.

C'est donc la combinaison des formes du relief, des pentes et de la climatologie qui joue un rôle primordial. Plutôt que de traiter individuellement chaque critère, nous les combinons pour obtenir un facteur « topographie-climatologie ».

À l'échelle de travail, avec un modèle numérique de terrain au pas de 100m, on peut espérer identifier les principales formes en creux (cuvettes, vallons plus ou moins dessinés, concavités de bas de versant reliant des plateaux étagés) qui constituent les principaux sites de zones humides. Certains algorithmes permettent d'estimer, à partir d'un MNT, un certain nombre

d'indices morphométriques (courbures du relief, indices topographiques...), qui décrivent les formes du terrain et sont susceptibles d'influer sur les circulations d'eau¹. Il est cependant nécessaire de porter attention à l'échelle de travail et notamment aux tailles des fenêtres d'analyse permettant l'estimation de ces indices en mode raster (Mazagol, 2006).

2.3.1.2 Critères topographiques : forme du relief et pente

Afin d'extraire les formes du terrain, nous avons utilisé les algorithmes présentés dans la thèse de Jo Wood et implémentés dans l'application Landserf 2.3 ainsi que un module de Grass 6.2.

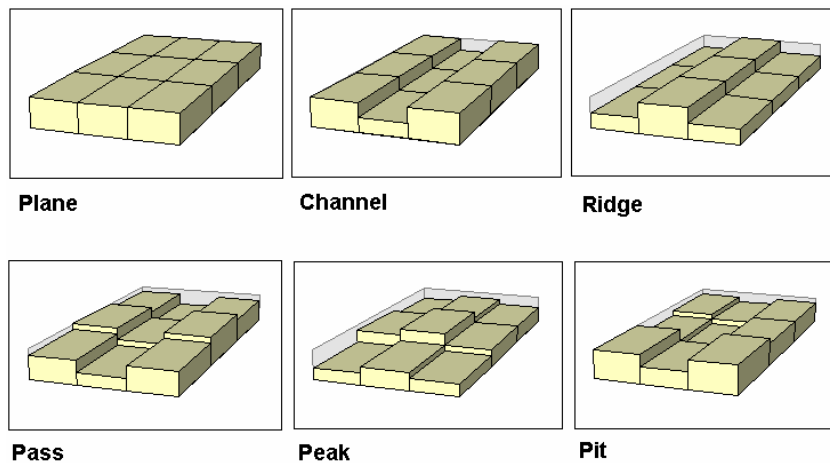


Figure 2 : Les six formes élémentaires de relief : Plan, Talweg, Crête, Col, Sommet, Dépression (d'après Wood)

Les calculs sont basés sur la dérivée seconde de la fonction d'altitude (ou dérivée de la pente), que l'on peut traduire de la façon suivante :

- une concavité est un point situé sur une ligne dont le point précédent est situé à une altitude plus élevée et a une pente plus importante et le point suivant est situé à une altitude plus faible avec une pente plus faible
- une convexité est un point situé sur une ligne dont le point précédent est situé à une altitude plus élevée et a une pente plus faible, et le point suivant est situé à une altitude plus faible avec une pente plus forte.

Forme	Critère d'analyse de la dérivée	Description
Sommet	$\begin{matrix} \delta^2 z & \delta^2 z \\ > 0, - > 0 \\ \delta x^2 & \delta y^2 \end{matrix}$	Point situé sur une convexité locale dans toutes les directions (points voisins tous à une altitude plus basse)

¹ Beven et Kirkby, 1979 ; Moore et al., 1991 ; Wood, 1996 ; Florinsky, 2000

Crête	$\begin{matrix} \delta^2 z & \delta^2 z \\ > 0, -= 0 \\ \delta x^2 & \delta y^2 \end{matrix}$	Point situé sur une convexité perpendiculaire à une ligne sans concavité ni convexité
Col	$\begin{matrix} \delta^2 z & \delta^2 z \\ > 0, -< 0 \\ \delta x^2 & \delta y^2 \end{matrix}$	Point situé sur une convexité locale perpendiculaire à une concavité locale
Plan	$\begin{matrix} \delta^2 z & \delta^2 z \\ = 0, -= 0 \\ \delta x^2 & \delta y^2 \end{matrix}$	Point qui n'est situé dans aucune concavité ni sur aucune convexité
Talweg	$\begin{matrix} \delta^2 z & \delta^2 z \\ < 0, -= 0 \\ \delta x^2 & \delta y^2 \end{matrix}$	Point situé dans une concavité perpendiculaire à une ligne sans concavité ni convexité
Dépression	$\begin{matrix} \delta^2 z & \delta^2 z \\ < 0, -< 0 \\ \delta x^2 & \delta y^2 \end{matrix}$	Point situé dans une concavité locale dans toutes les directions (points voisins tous à une altitude plus élevée)

Figure 3 : Définition des formes du relief en un point (d'après Wood)

L'extraction des formes du terrain se fait en trois étapes :

1. Extraction automatique des **principaux éléments du relief** (crêtes, talwegs, zones planes, cols, sommets, dépressions).
2. Calcul des **courbures verticales** permettant l'obtention d'une estimation de la concavité / convexité des versants. Cette valeur de courbure rend compte, pour les valeurs positives, de l'accélération des flux vers l'aval, les processus gravitationnels étant maximisés, ou de leur décélération pour les valeurs négatives.

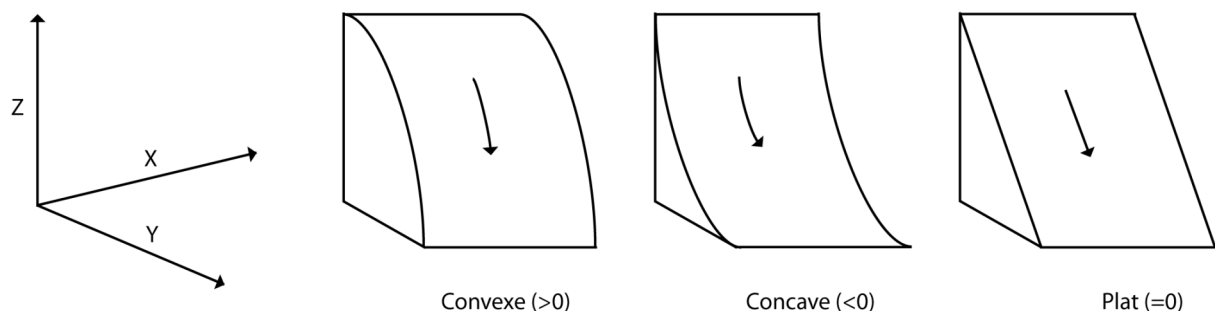


Figure 4 : Courbure verticale (d'après Florinsky)

3. Synthèse des deux couches précédentes reclassées, en ne conservant que :

- les zones de *crêtes* (et sommets)
- les zones de *talwegs* (et dépressions)

- les zones extraites comme « planes »

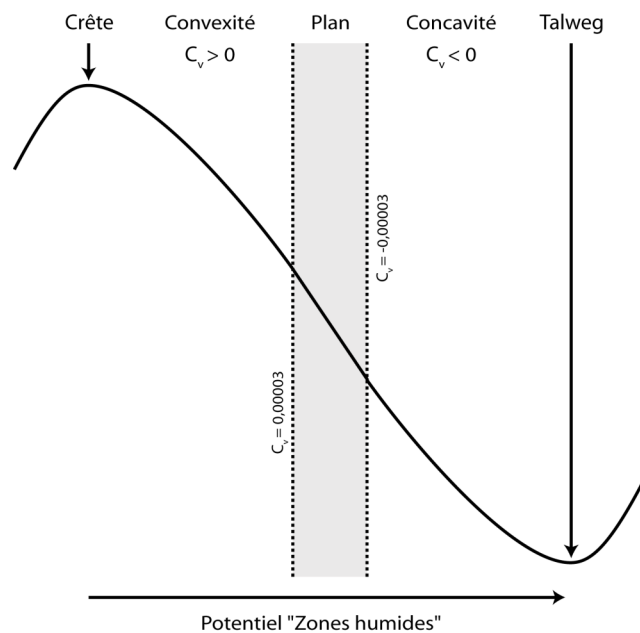


Figure 5 : Classification des grandes formes du relief

La grille de synthèse du relief obtenue comporte trois classes en fonction du Potentiel Zone humide de chaque pixel :

- valeur 1 (Zone à potentiel humide faible) : Crête, Convexité
- valeur 2 (Zone à potentiel humide moyen) : Col, Plan
- valeur 3 (Zone à potentiel humide élevé) : Talweg, Concavité.

Il convient de rappeler que les zones classées comme planes peuvent avoir toute valeur de pente, elles ne sont pas toutes horizontales.

Le critère de pente permet de classer les formes du terrain favorables ou non à la présence de zones à potentiel humide. En effet, la potentialité de présence de zones humides est très différente entre un talweg de vallée, dont la pente n'excède pas quelques degrés, et celle d'un talweg de torrent montagnard, dont la pente peut être très importante. Toutefois, il n'existe pas dans la littérature scientifique de seuils clairement établis pour discriminer les phénomènes d'accumulation ou de ralentissement de l'eau le long des versants. En effet, les phénomènes de circulation de l'eau dans le long des versants sont complexes et mettent en jeu non seulement les pentes, mais également les formations superficielles et la végétation de surface.

2.3.1.3 Critère climatologique : pluviométrie

Des zones humides alluviales aux zones humides de montagne, il existe en effet une grande diversité du type de zones humides sur le bassin. Les facteurs qui rendent possible la saturation permanente ou temporaire des sols sont d'ordre climatique (bilan hydrique positif ou nul) et topographique (accumulation ou ralentissement des écoulements).

La pluviométrie conditionne la présence de zones humides en tant que facteur d'alimentation en eau. Les secteurs de pluviométrie élevée sont ainsi potentiellement plus favorables que les secteurs de pluviométrie faible.

Les données pluviométriques utilisées dans cette étude s'appuient sur le modèle SIM de Météo-France qui est présenté en annexe. Nous avons extrapolé les valeurs sur la période 1971-2000, pour constituer une grille d'analyse de 100m. Nous avons utilisé la moyenne des précipitations totales, qui correspond à la somme des moyennes du cumul annuel des précipitations liquides et des précipitations solides.

Le résultat de l'interpolation a ensuite été reclassé afin d'obtenir trois classes de précipitation mettant en avant des zones altitudinales au sein desquelles les comportements interrégionaux pour la genèse du phénomène sont similaires. Cette délimitation est issue de la littérature. En d'autres termes la potentialité de présence de zone à potentiel humide est identique sur les secteurs moins pluvieux à faible pente que dans les secteurs plus pentus mais nettement plus arrosés (cf. figures 6 & 7). Les bornes de reclassement choisies sont 900 mm et 1345 mm par an.

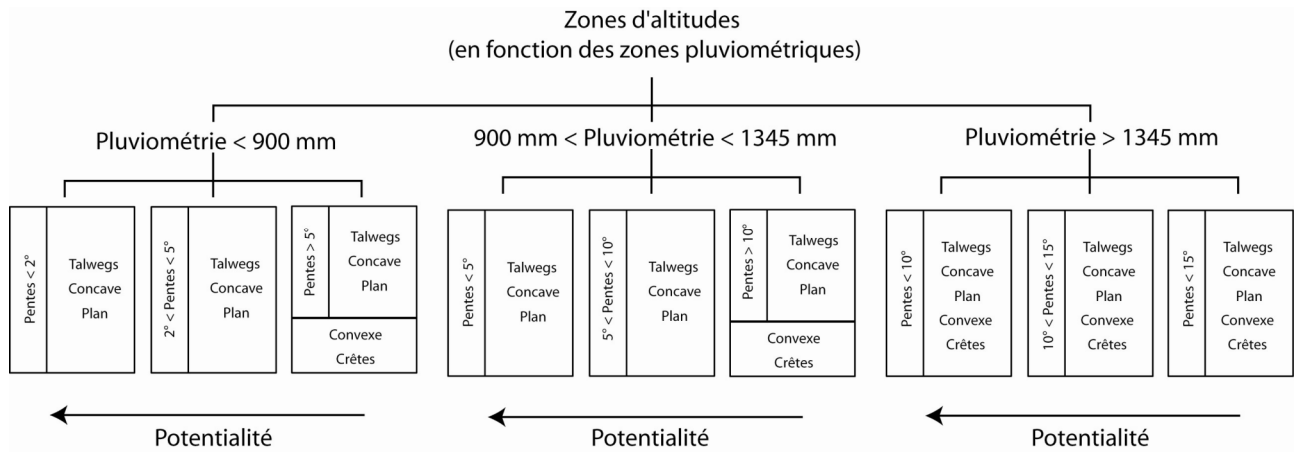


Figure 6 : Potentialité de présence de zones à potentiel humide – classification bassin

Un traitement spécifique aux Pyrénées a été réalisé afin de prendre en compte leur relief plus marqué sur lequel il y a des zones humides sur de plus fortes pentes. Nous n'avons tenu compte de la pluviométrie dans cette zone, puisqu'étant élevée elle joue partout le même rôle. Ce sont principalement les pentes et les formes du relief qui influencent la présence de zones à potentiel humide.

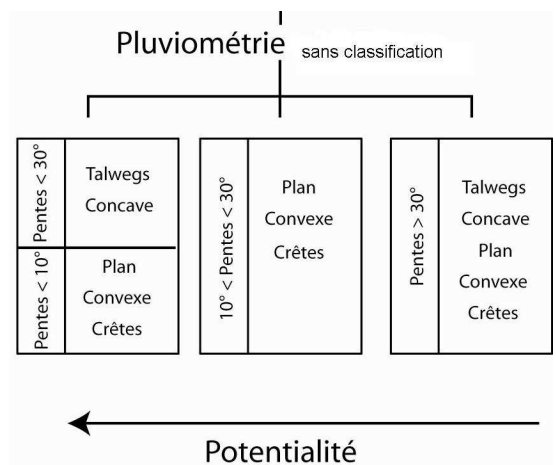


Figure 7 : Potentialité de présence de zones à potentiel humide – classification Pyrénées

2.3.2 Géologie

2.3.2.1 Théorie

Dans les terrains sédimentaires, l'identification des faciès favorables est relativement aisée. Dans le socle, l'analyse permet de sélectionner les ensembles géologiques aptes avec une approche distincte suivant les grands ensembles structuraux.

Concernant les roches éruptives et métamorphiques qui sont globalement considérées comme imperméables, la capacité de développement des zones humides dépend avant tout de la présence d'altérites superficielles suffisamment épaisses, jouant le rôle de compresse humide au-dessus de la roche saine.

Dans la mesure où la cartographie de ces couvertures n'est pas disponible, il faut utiliser des moyens indirects pour les identifier. Dans le Massif central, la quasi-totalité de ces couvertures résulte de l'altération in situ de la roche. Tout au plus, des remobilisations locales sur les versants lorsque les pentes sont suffisantes ont été mises en évidence ; ce sont les arènes en place, les arènes affectées par la gélifluxion, les « couverts d'arènes remaniées » (Valadas 1984 ; Etlicher 1986). De ce fait, la présence de ces couvertures peut être déduite de la topographie et de la sensibilité de la roche à l'arénisation.

Il est possible d'estimer l'extension de ces couvertures en identifiant les faciès les plus sensibles à l'arénisation. Pour une large part, cette résistance dépend des paramètres suivants : la composition minéralogique et chimique, la présence en quantité notable d'un certain nombre de minéraux constituant un facteur de fragilité. La biotite et les plagioclases sont connus (Godard et al. 1994), comme étant facteurs de faiblesse, l'orthose et la muscovite comme facteur de résistance. En revanche, il n'y a pas d'accord des spécialistes sur le rôle de la taille du grain ou leur arrangement. Enfin, la fracturation et la diaclasation jouent certainement un rôle essentiel dans la circulation des eaux météoriques dans les massifs. Malheureusement faute d'études structurales détaillées autres que localisées, il est difficile de prendre en compte ce paramètre. Une étude de la fréquence des réseaux de failles peut être utile, mais la méthode reste à valider. Les schistes et micaschistes, lorsqu'ils sont altérés sont favorables, les produits d'altération ayant en général, une forte teneur argileuse.

2.3.2.2 Mise en place du critère

L'utilisation de la carte géologique au 1 / 1 000 000^{ème} présente plusieurs intérêts. Document relativement récent et homogénéisé par rapport aux diverses couvertures au 1 / 50 000^{ème}, il est plus facile à interpréter. L'imprécision de l'échelle est compensée par une meilleure homogénéisation des taxons. Les levés où les formations superficielles ne sont qu'imparfaitement prises en considération ont cependant été autant de difficultés à surmonter.

À partir de ces contours, une hiérarchie des faciès a été élaborée en fonction de la composition chimique et minéralogique des roches du socle. En complément des données de la carte, l'identification sera précisée par les données de la littérature par grandes unités structurales (type granite du Velay). L'échelle de résistance prendra en compte la composition chimique et minéralogique moyenne, teneur en plagioclases et biotite comme facteur de fragilité, en orthoses notamment comme facteur de résistances.

L'incertitude sur le rôle des paramètres texturaux des faciès, taille du grain, arrangement, a conduit à ne pas utiliser ces paramètres. Il est également difficile d'utiliser des paramètres liés à la fracturation et à la diaclasation moyenne. Bien que ce facteur soit important, on ne dispose d'aucune étude homogène sur le réseau de fracturation du socle. Si certains secteurs

ont fait l'objet d'analyses sur les champs de contraintes (Forez, Limousin) ils n'ont qu'exceptionnellement donné lieu à une cartographie détaillée utilisable dans notre contexte.

La nature géologique (faciès) des terrains joue un rôle déterminant par le facteur perméabilité/imperméabilité ; cette information n'est pas directement présente dans la base de données où le champ identifiant la formation est l'âge. Un reclassement est réalisé dans la table de la couche vecteur afin d'affecter à chaque polygone une note en fonction de son comportement face à l'écoulement des eaux. On a distingué les roches sédimentaires et volcaniques d'une part et le socle cristallin d'autre part.

Classification en région sédimentaire :

- Secteur 1 : ensembles perméables (sables, calcaires et laves massives)
- Secteur 2 : ensembles moyennement perméables (calcaires marneux, grès...)
- Secteur 3 : ensembles plutôt imperméables (marnes et marno-calcaires, grès schistes et shales quartzites, sédimentaires primaires, souvent peu ou pas différenciés)
- Secteur 4 : roches très imperméables (argiles, nappes d'altération argileuses type argile à silex alluvions de crues des rivières, remplissages flandriens...)

Classification en région de socle (roches plutoniques, cristallines et métamorphiques)

- Secteur 5 : roches altérables susceptibles de porter une couverture d'arènes autochtones continue, pouvant faire office de compresse humide en surface
- Secteur 6 : roches peu arénisables, couverture mince et discontinue. Ici aussi l'utilisation de la couche unité fonctionnelle a été précieuse car les taxons sont classés en fonction de l'âge de la granitisation.

Nous relèverons cependant un certain nombre de limites à ce reclassement :

- l'imprécision sur le faciès, cette information n'étant pas disponible pour certains taxons. Nous nous sommes aidés de la carte au 1/50000e lorsque c'était possible.
- le recouvrement formation superficielle/roche en place qui peut être de comportement très différent. On a privilégié la formation superficielle, mais celle-ci peut être discontinue et reposer sur plusieurs faciès différents.
- l'hétérogénéité des regroupements du BRGM : le jurassique n'est divisé qu'en trois unités alors que les faciès imposeraient comme sur la carte au 1/50 000e une division en au moins sept étages distincts aux faciès assez précis. On a retenu le faciès qui paraît dominant tel que le calcaire marneux pour J1 qui correspond au lias et qui comporte des bancs de calcaire franc entre les couches marneuses. D'autre part, si les trois distinctions sont présentes sur certains secteurs du bassin, dans d'autres, la carte mentionne un unique taxon J indifférencié sans préciser à quelles subdivisions il correspond dans les autres parties du bassin. Ce problème

est majeur et se retrouve pour presque tous les étages, différenciés dans une région et pas dans l'autre.

- les taxons mal définis recouvrant des dépôts d'origines très diverses comme les dépôts quaternaires où le « q3 » regroupe tant des cordons dunaires que des moraines glaciaires, sans possibilité de les extraire automatiquement.
- les erreurs de report ou d'interprétation des dépôts.

2.3.3 Géomorphologie

2.3.3.1 L'histoire géomorphologique

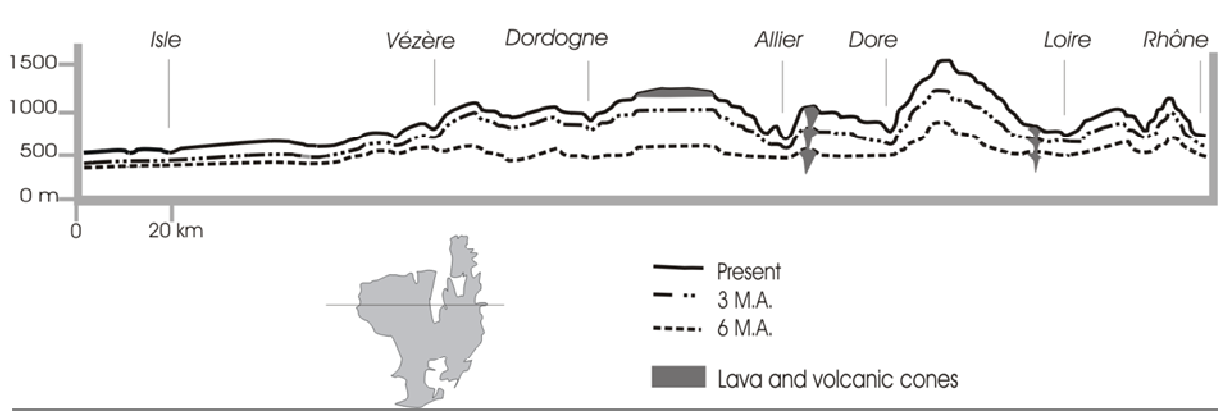
L'histoire géomorphologique est également une donnée essentielle qui conditionne le développement des couvertures d'altérites sur le socle. Toutes les études ont mis en évidence le caractère ancien de ces couvertures d'altérites qui remontent pour l'essentiel au Tertiaire. Il est donc clair que les secteurs exhumés récemment d'une couverture sédimentaire, ce qui est souvent le cas sur les bordures des socles, notamment au nord, (contact Marche-Boischaut par exemple) ou qui ont connu un déblaiement de ces altérites par les actions périglaciaires ou glaciaires quaternaires échappent aujourd'hui au domaine des régions à couverture suffisante et continue.

La synthèse de l'évolution géomorphologique Tertiaire est bien connue depuis les travaux de Le Griel (Le Griel 1991) et de Klein (Klein 1975, 1990, 1997) sur l'ensemble du Massif Central. Il y a de nombreuses références sur diverses parties du socle et toutes mettent en évidence l'existence de trois étapes fondamentales :

Une phase d'altération principale d'âge Secondaire/début du Tertiaire qui conduit à la mise en place de la surface fondamentale dite « éogène » par Baulig, Méso Tertiaire ou S2 par Claude Klein (Klein 1986, 1990, 1997) et constitue en de nombreux endroits, la surface fondamentale des hauts plateaux du Massif Central. C'est elle qui est responsable de l'allure tabulaire des hautes surfaces qui se sont conservées jusqu'à nos jours. Sans entrer dans le détail complexe et discuté de cette élaboration, la cartographie de cette surface est un héritage géomorphologique essentiel pour comprendre la répartition des plateaux aux surfaces molles et au drainage incertain. Seuls des reliefs très limités en étendue, dominant cette surface générale. Souvent associés à des facteurs de résistance ou structuraux du socle locaux, ils ne masquent pas la planéité générale (Granodiorites de Pierre-sur-Haute en Forez au-dessus du granite du Velay, Massifs leuco granitiques de Saint Goussaud en Limousin etc.).

Une phase de soulèvement tectonique au milieu du Tertiaire, Miocène surtout et parfois Pliocène, qui affecte et déforme la surface précédente : ce soulèvement prend tantôt la forme de bombement à grand rayon de courbure, tantôt prend un style cassant avec horsts et grabens. Ce dernier cas de figure est plus répandu à l'Est, où le soulèvement a été plus énergétique mais il existe ailleurs. Il est à l'origine d'une reprise d'érosion générale et du développement de niveaux inférieurs d'aplanissements localisés organisés autour du réseau hydrographique qui se met en place à cette période.

Figure 8 : Importance relative du soulèvement Mio-Pliocène dans le Massif Central²



Ces niveaux d'aplanissements localisés, positionnés en bordure des bassins sédimentaires, sous forme de pédiments, élaborés probablement au Tortonien sont dominés par les plateaux précédents et constituent l'amorce d'un cycle inférieur qui se prolonge en leur sein par un système de larges vallées et alvéoles où les phénomènes d'érosion différentielle sont essentiels. Ces systèmes et leurs prolongements amont se caractérisent par leur âge, par leur organisation, en relation avec le réseau hydrographique actuel, ce qui n'est nullement le cas des aplanissements sommitaux d'âge éogène. Partout, la couverture d'altérites y est assez faible et discontinue, contrairement aux surfaces précédentes et elle est peu propice au développement de zones humides, excepté dans les vallons à faible pente qui ne font pas l'objet d'un drainage énergétique.

Une phase d'incision vigoureuse liée à une deuxième phase de surrection Tertiaire constitue la troisième étape, provoquant l'encaissement du réseau hydrographique dans la partie basse des vallées en bordure du massif, avec une évolution régressive vers l'amont plus ou moins étendue. Nulle part, cette phase n'a pu pénétrer assez loin à l'amont pour « défoncer » la surface sommitale. En revanche, les pédiments miocènes ont parfois été totalement « défoncés » par des réseaux de gorges (Ex : Valcivières en Livradois) parfois au contraire été remarquablement conservés (Ex : Chalmazel en Forez) suivant les caractères du dispositif local. Cette évolution explique que ces ensembles morphologiques soient défavorables à la conservation de vastes couvertures d'altérites continues et donc de secteurs humides.

² From (Le Griel 1991), in Etlicher, Physical geography of north western Europe (Etlicher 2004)

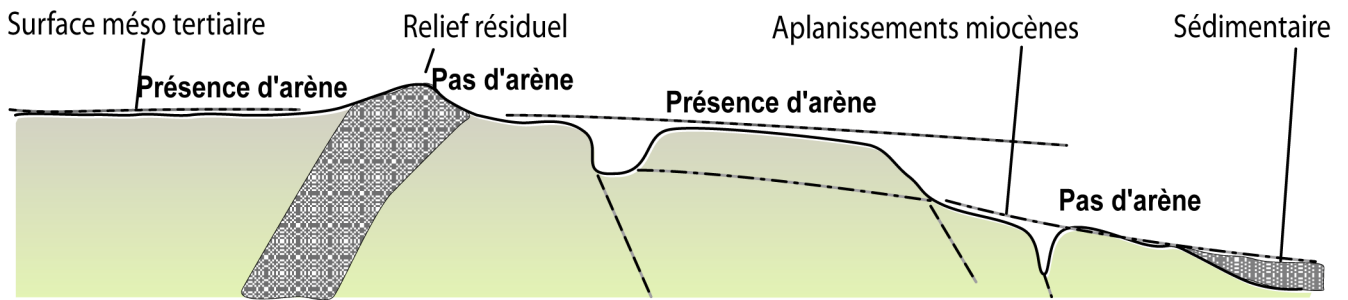


Figure 9 : Principales unités topographiques du socle (Synthèse de nombreux auteurs)

Au contact avec le bassin Aquitain, le dispositif se caractérise par l'abaissement des surfaces recouvertes d'altérites anciennes jusqu'à des altitudes très basses, comme le démontrent les travaux de R. Simon sur les plateaux du Ségala notamment (Godard A et al. 1994). La faiblesse du soulèvement fini Tertiaire en Aquitaine est bien évidemment à l'origine de cette situation. Dans ce contexte, les replats sans arène, bien visibles n'ont pas l'extension qu'ils ont dans les secteurs de l'Est du Massif Central. Ils s'observent néanmoins localement le long des cours d'eau (vallée du Lot ou de la Vézère), mais ont toujours une extension très réduite et sont à une faible dénivelée sous la surface générale.

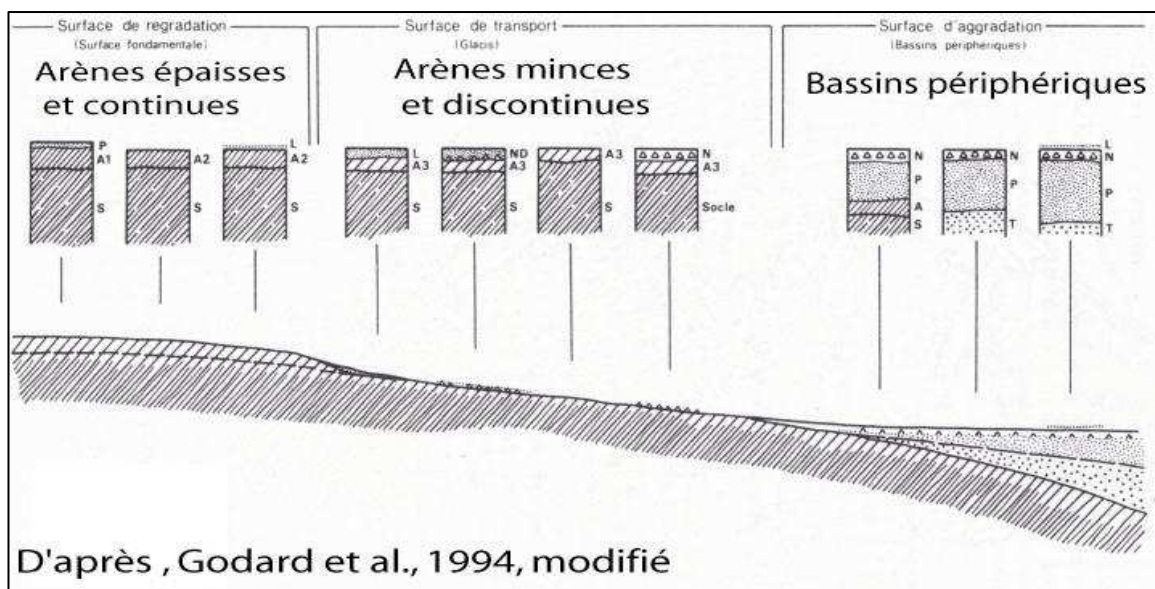


Figure 10 : Surfaces et plateaux couverts d'arènes sur la bordure aquitaine du Massif Central

2.3.3.2 Mobilisation du critère

L'objectif est ici à partir de critères topographiques, d'isoler les surfaces planes favorables en ne retenant que la surface « Méso Tertiaire » et en excluant les pédiments miocènes et lambeaux de surfaces exhumés à basse altitude, ainsi que toutes les gorges des secteurs périphériques du massif.

Compte tenu du gauchissement et de la déformation du massif, de son morcellement en horst et graben une limite altitudinale unique ne peut être retenue. La carte géologique doit permettre de définir les grandes unités structurales du socle. On recherche donc soit la construction d'une surface théorique à partir de points où l'altitude de la surface est connue et datée d'après les données de la littérature, soit / et / par une analyse statistique des altitudes du MNT. Cette méthode dite des « surfaces enveloppes » a fait l'objet de plusieurs applications

dans le secteur concerné (Freytet et Morel 1987 ; Freytet 1988 ; Lerouge et Freytet 1988) dans le Limousin (Chafchafi 1994) et dans le Velay. Ces cartes constituent des documents de validation du résultat obtenu.

La position des surfaces d'érosion sur le socle du Massif Central en identifiant les zones de pentes inférieures à 8°, se trouve à une altitude supérieure à 400m.

Dans les Pyrénées, la situation est évidemment différente en raison de l'intensité de la surrection et du développement de l'érosion glaciaire. Les surfaces étendues dans les roches cristallines en altitude, hors de la zone englacée où les éventuelles arènes tertiaires ont été raclées et n'existent que dans les massifs batholithiques intrusifs dans les séries schisteuses bien connus dans la partie orientale de la Chaîne (Roquefort de Sault, Quérigut,...). Ils affectent très peu le bassin, uniquement dans le Couserans et ont été simplement délimités à partir de la carte géologique au 1/200 000e franco espagnole (BRGM, 2009). Nous avons également numérisé les glaciers depuis cette carte essentiellement pour retirer les zones qui seraient favorables en raison des autres critères. Les glaciers ayant tout « balayé » à leur passage, il ne reste plus d'arène.

2.3.4 Densité du réseau hydrographique

La présence du réseau hydrographique constitue à la fois un indice du degré de perméabilité locale du substrat géologique, et un facteur favorable à la présence de zones humides par l'alimentation potentielle directement ou indirectement des nappes d'eau souterraine libre situées à proximité (à certaines périodes de l'année, généralement en hautes voire moyennes eaux).

Ce facteur peut traduire deux réalités différentes :

- En région sédimentaire, l'absence de drainage peut traduire la présence d'une zone perméable induisant l'absence de zones humides.
- En région de socle, elle peut indiquer une incapacité du réseau hydrographique à s'organiser ou la présence d'un substrat « en éponge » indiquant la possibilité de zones humides.

On note donc que ce facteur est considéré inversement selon que l'on se trouve en région de socle ou en région sédimentaire.

Une grille au pas de 100 m est générée à partir de la couche vectorielle du réseau hydrographique (entités linéaires naturelles de la BD Carthage), contenant pour chaque cellule un indice de densité hydrographique calculé en fonction de la proximité d'un cours d'eau en utilisant l'algorithme « Densité de lignes » d'ArcGIS.

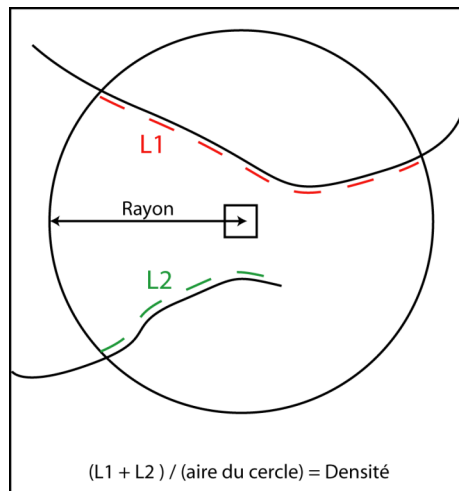


Figure 11 : Principe de fonctionnement de l'algorithme "densité de lignes"

Ce dernier calcule la longueur totale de cours d'eau par unité de surface (notre choix étant le km²) au sein d'un cercle de rayon défini (1km). Les valeurs obtenues sont ensuite reclassées en trois classes d'intervalles égaux.

2.4 Croisement des données

2.4.1 Principe d'analyse

Le principe de l'analyse multicritère est de combiner plusieurs facteurs en prenant en compte l'importance particulière de chacun d'entre eux. Les fonctionnalités de la méthode développée par Saaty (1987) sont proposées dans Idrisi avec le module M.C.E. (Multi-Criteria Evaluation).

L'utilisateur compare 2 à 2 les facteurs en indiquant le poids du facteur analysé au regard de chacun des autres critères par rapport à l'influence qu'il a dans la genèse du phénomène.

Dans le cadre de notre étude deux grilles d'analyse ont été conçues, l'une pour la région sédimentaire et l'autre pour la région de socle, puisqu'il y a un paramètre supplémentaire.

	Densité	Topo / Climato	Perméabilité
Densité	1		
Topo / Climato	7	1	
Perméabilité	3	1/5	1

Figure 12 : Grille de pondération sur la région sédimentaire

	Densité	Surf. érosion	Topo / Climato	Perméabilité
Densité	1			
Surf. érosion	5	1		
Topo / Climato	7	5	1	
Perméabilité	3	1	1/7	1

Figure 13 : Grille de pondération sur la région de socle

Augmentation du niveau d'importance	9	le critère en ligne est extrêmement plus important
	8	
	7	
	6	le critère en ligne est fortement plus important
	5	
	4	le critère en ligne est modérément plus important
	3	
	2	
Egalité	1	les deux critères ont le même niveau d'importance
Diminution du niveau d'importance	1/2	
	1/3	
	1/4	le critère en ligne est modérément moins important
	1/5	
	1/6	le critère en ligne est fortement moins important
	1/7	
	1/8	
	1/9	le critère en ligne est extrêmement moins important

Figure 14 : Critère analysé (en ligne) par rapport à celui comparé (en colonne)

2.4.2 Adaptation locale de la modélisation

2.4.2.1 Cas des Landes et des grandes vallées alluviales

La probabilité de zones à potentiel humide sur l'HER des landes et les grandes vallées alluviales étaient uniformément trop élevées, bien que ces zones soient à haute potentialité. Il semble intéressant de discriminer ces territoires, grâce au critère de remontée de nappe du BRGM.

La remontée de nappe constitue un indice de présence de zones humides. Nous avons donc ajouté du poids à la modélisation sur les classes fortes de remontée de nappe favorisant la présence de zones humides. Une fois reclassée, cela permet d'obtenir une modélisation moins homogène.

Les enveloppes des vallées alluviales importantes ont été reprises à partir des alluvions de la couche géologie. Les cours d'eau retenus sont les suivants :

La vallée de la Garonne et ses affluents importants :

- Le Lot depuis Trentels
- L'Ariège depuis Crampagna et son affluent le Grand Hers depuis Vals
- La Louge depuis Terrebasse
- Le Touch depuis Savères
- Le Tarn depuis Arthes et l'affluent L'Aveyron depuis Montricoux

La vallée de l'Adour depuis Ordizan et ses affluents principaux :

- La vallée de Gave de Pau depuis Igon
- La vallée de Gave d'Oloron depuis sa confluence avec la Gave d'Aspe et son affluent le Saison sur ses $\frac{3}{4}$ avals
- L'Echez depuis Hibarette
- La confluence avec la Midouze
- Le Luy depuis Ozourt

La vallée de la Dordogne depuis Varennes et ses affluents Isle depuis Mussidan et la Dronne depuis Bazac.

Pour les Landes nous avons pris l'ensemble de sa HER et l'extrême nord de la HER des coteaux molassiques Nord Aquitain.

La modélisation sur ces zones n'est représentée qu'avec les trois classes ayant les plus fortes probabilités (moyenne à très forte).

La couche remontée de nappe se décompose en six classes de nulle à très forte, comprenant également les nappes sub-affleurantes. Nous n'avons retenu que les classes de quatre à six comme influençant positivement la modélisation. Ces dernières croisées avec notre résultat permettent de discriminer notre ensemble initialement trop homogène.

2.4.2.2 Cas des régions karstiques

La probabilité de zones à potentiel humide sur les zones de causses calcaires est trop forte par rapport à la connaissance du territoire. En effet la HER des Grands Causses et Cévennes, les

Prépyrénées ariégeoises (Bordure pyrénéenne centrale) et l'arc allant du Poitou Charente jusqu'aux causses du Quercy et aux Causses de Dordogne sont des zones plus sèches car il y a peu de densité de drainage en raison de la forte infiltration des eaux.

Pourtant, lors de notre classification des faciès géologiques, nous avons attribué une faible note à l'imperméabilité de ce type de roches, mais la combinaison avec les autres critères relève la probabilité. La solution est donc de renforcer, avec un traitement supplémentaire, le poids de la lithologie karstique sur le bassin, plutôt que de revoir l'intégralité de la pondération en risquant d'avoir des résultats moins satisfaisants par ailleurs, car c'est l'ensemble de la modélisation qui va varier.

Nous avons identifié les éléments de la lithologie karstique depuis les données attributaires de la couche géologique contenant des valeurs du jurassique (Champs N_CAISSEON : j+j1+j2+j3+j3c).

Pour réduire la probabilité sur les zones karstiques, il a été retenu de faire descendre la valeur brute des pixels de 100, ceci appliquant un passage des zones trop humides dans la classe inférieure, cette valeur a été attribué de façon à concorder à la vérité terrain. Cette étape a également été réalisée sur la modélisation spécifique aux Pyrénées, qui ont quelques massifs karstiques.

2.4.2.3 Cas des HER du Massif Central et de l'Adour

En confrontant notre modélisation avec la connaissance « terrain » du maître d'ouvrage, il ressort que certaines HER semblent trop ou pas assez humides :

- Coteaux molassiques bassin de l'Adour : HER trop humide
- Hautes Terres Limousines : HER trop sèche
- Hautes Terres Volcaniques humides : HER trop sèche
- Plateau Limousin du Massif Central : HER trop sèche
- Versant occidental du Massif Central : HER trop sèche

Le croisement de l'ensemble des critères mobilisés au cours de notre méthodologie donne des notes pour qualifier la présence de zones à potentiel humide de zéro à deux cent cinquante cinq. Un travail de mise en classe global à l'échelle du district Adour-Garonne permet d'obtenir les cinq catégories finales. Compte-tenu des nuances locales et précises apportées par le maître d'ouvrage, c'est principalement un problème de mise en classe que de pondération qui a été mis en avant. Nous avons donc réalisé une classification spécifique à chacune des HER précédemment citées. Le travail de mise en classe ne doit toutefois pas être trop accentuée du côté « sec » ou « humide », afin de ne pas biaiser l'analyse de départ mais également de ne pas avoir une trop grande variabilité interrégionale et donc des limites de HER trop « marquées ».

2.5 Validation du modèle par la « réalité terrain »

La confrontation de notre modélisation avec les inventaires déjà réalisés sur le terrain permet de déterminer un degré de fiabilité à notre modèle. Nous avons au préalable créé la couche de validation qui est un regroupement de l'ensemble des inventaires disponibles sur le bassin et

ensuite réalisé des analyses statistiques afin d'étudier le niveau de recouvrement des zones à potentiel humide et des zones humides réelles.

La validation au fur et à mesure des tests de pondération permet de valider le modèle et de le corriger sur les secteurs n'étant pas entièrement satisfaisants tels qu'au préalable sur les secteurs de karsts, des landes, des grandes vallées alluviales, des Pyrénées et certaines HER.

2.5.1 Principe de construction de la couche de validation

Nous avons synthétisé l'ensemble des inventaires disponibles sur le bassin Adour-Garonne en une seule couche d'information géographique. Nous avons attribué un niveau de confiance et un degré de fiabilité à chaque entité issue d'un inventaire. Nous devons être en mesure de savoir si les inventaires sont pertinents pour valider le modèle.

Le niveau de fiabilité (forte, bonne, moyenne, faible) donne une indication sur la fiabilité de la donnée par rapport à la méthodologie utilisée pour déterminer l'inventaire. Les inventaires issus d'un travail de terrain ont une « forte fiabilité », contrairement à des inventaires jugés faibles lorsque la méthode n'est pas mentionnée et/ou nettement plus douteuse. Cette notation correspond parfois directement à l'information communiquée par les personnes ayant réalisé les inventaires.

Le niveau de confiance (de 0 à 3) juge de la pertinence du critère de fiabilité. Sans information précise sur ce dernier, le jugement est lié à l'appréciation du géomaticien par rapport à sa prise de connaissance de l'ensemble des inventaires du bassin. Le niveau 0 correspond à une absence d'information sur la méthodologie utilisée, alors que le niveau 3 est souvent indiqué lorsque la notation est fournie dans les tables attributaires.

Nous avons également porté un jugement sur la précision du tracé de l'enveloppe de zone humide. Ce critère est purement visuel et défini selon la précision du contour.

2.5.2 Analyse statistique

Les tableaux suivants permettent d'apprécier le niveau de fiabilité que l'on peut accorder à notre modélisation.

Le tableau de la figure 15 donne la répartition par HER des zones humides inventoriées selon les classes de probabilité de présence de notre modélisation.

Nous précisons que les zones humides inventoriées ayant une superficie inférieure à 1 hectare ont été retirées avant de réaliser les statistiques. Notre modélisation ne nous permet pas d'obtenir des entités si précises. Cette dimension est un compromis entre la quantité de zones humides à conserver pour valider notre modèle et la taille minimale de détection (pixel de 100m). Toutefois compte tenu de la précision des données utilisées et notamment la géologie, nous ne pouvant pas garantir une détection fiable de cette dimension.

A l'échelle du bassin Adour-Garonne, 55% des zones humides inventoriées se trouvent dans notre classification « très forte probabilité ». Ce ratio est de 82% si l'on tient compte des fortes et très fortes probabilités.

En observant les résultats par HER, nous constatons qu'il y a douze HER sur les dix-neuf qui ont plus de 70% de zones humides inventoriées dans nos catégories « forte et très forte probabilité ». Pour les HER des Landes, des coteaux molassiques Nord Aquitaine, des hautes

terres limousines, de l'étage alpin et subalpin occidental des Pyrénées le ratio est de plus de 87%.

En revanche les résultats sont nettement moins satisfaisants dans les HER des collines calcaires de Dordogne, des Causses du Quercy, des hautes terres granitiques, des grands Causses et des Cévennes avec plus de 40% de zones humides dans nos classes de probabilité « très faible et faible ». Nous précisons toutefois que pour ces quatre HER, la superficie couverte par des inventaires est faible et très localisée. Nous rappelons également que la précision de nos données n'est pas comparable à la précision des résultats issus d'un inventaire terrain. La superposition des entités géographiques lors du traitement statistique a un impact.

De plus, nous ne disposons pas des périmètres des secteurs sur lesquels ont été réalisés des inventaires. Ils permettraient de confirmer nos résultats statistiques.

HER : Nom et code		Probabilité de présence de zones à potentiel humide modélisées				
		Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Landes	21	0%	1%	3%	27%	69%
Collines Calcaires de Dordogne (cahors)	64	31%	47%	0%	4%	17%
Causses du Quercy	65	22%	36%	3%	0%	39%
Coteaux molassiques Nord Aquitaine	66	2%	9%	1%	35%	52%
Bordure Pyrénéenne Centrale	67	15%	21%	4%	16%	45%
Coteaux molassiques Est Aquitaine	68	5%	13%	3%	53%	26%
Bordure Pyrénéenne atlantique	69	0%	27%	4%	15%	53%
Coteaux molassiques bassin de l'Adour	77	1%	3%	12%	26%	58%
Coteaux molassiques Centre Aquitaine	78	2%	25%	1%	48%	24%
Hautes Terres Limousines	89	1%	2%	5%	41%	50%
Hautes Terres Granitiques – Margeride	90	23%	20%	5%	19%	33%
Hautes Terres Volcaniques humides	91	11%	5%	11%	62%	11%
MC Plateau Limousin	92	1%	5%	16%	49%	29%
MC versant occidental	93	22%	8%	4%	39%	26%
Pyrénées Etage alpin et subalpin occidental	94	1%	8%	4%	51%	37%
Pyrénées Etage alpin et subalpin central	95	2%	12%	13%	55%	18%
Pyrénées Etage montagnard	96	1%	13%	5%	35%	47%
TC – Charente Poitou	97	1%	16%	0%	1%	83%
Grands Causses et Cévennes	113	14%	27%	43%	2%	13%
Total		4%	9%	4%	27%	55%

Tableau 15 : Pourcentage de zones humides inventoriées en fonction des zones modélisées par HER

Le tableau 16 correspond à la répartition de notre classification au sein de chaque HER. A l'échelle du bassin Adour-Garonne, 20% du territoire est couvert par notre classification très forte probabilité de présence de zones à potentiel humide. Il est de 52% pour les deux classes les plus fortes.

Si nous analysons les deux tableaux simultanément, nous constatons que sur 20% du district Adour-Garonne en très forte probabilité nous retrouvons 55% des zones humides inventoriées.

Nous rappelons que le filtre occupation du sol n'a pas encore été réalisé, puisque l'agence souhaite avoir une vision globale sans ce paramètre.

HER : Nom et code		Probabilité de présence de zones à potentiel humide				
		Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Landes	21	0%	1%	12%	41%	46%
Collines Calcaires de Dordogne (cahors)	64	31%	53%	0%	13%	4%
Causses du Quercy	65	64%	27%	1%	5%	4%
Coteaux molassiques Nord Aquitaine	66	8%	29%	1%	48%	14%
Bordure Pyrénéenne Centrale	67	40%	22%	4%	20%	15%
Coteaux molassiques Est Aquitaine	68	9%	31%	1%	49%	10%
Bordure Pyrénéenne atlantique	69	0%	14%	6%	30%	49%
Coteaux molassiques bassin de l'Adour	77	4%	8%	34%	21%	33%
Coteaux molassiques Centre Aquitaine	78	5%	35%	0%	43%	17%
Hautes Terres Limousines	89	5%	8%	11%	40%	36%
Hautes Terres Granitiques – Margeride	90	23%	23%	10%	11%	32%
Hautes Terres Volcaniques humides	91	27%	13%	14%	42%	5%
MC Plateau Limousin	92	7%	7%	12%	47%	28%
MC versant occidental	93	25%	16%	3%	43%	13%
Pyrénées Etage alpin et subalpin occidental	94	15%	29%	11%	23%	23%
Pyrénées Etage alpin et subalpin central	95	15%	31%	10%	28%	16%
Pyrénées Etage montagnard	96	7%	31%	4%	17%	41%
TC - Charente Poitou	97	20%	60%	0%	2%	17%
Grands Causses et Cévennes	113	71%	20%	3%	5%	1%
Total		16%	25%	7%	32%	20%

Tableau 16 : Pourcentage des zones à potentiel humide modélisées par HER

2.6 Limites du résultat

La relative simplicité de la méthodologie qui a toutefois une portée scientifique, eut égard à la diversité et l'hétérogénéité des cas de figures sur l'ensemble du terrain d'étude ne permet pas d'obtenir une modélisation suffisamment précise à grande échelle sur le bassin Adour-Garonne. La méthodologie a été pensée de manière à correspondre à une approche globale du bassin et avec des informations disponibles sur l'ensemble du territoire. Elle est donc totalement dépendante des données qui l'alimentent.

Plusieurs problèmes peuvent être identifiés :

- le manque de données pertinentes à l'échelle de travail notamment la pédologie
- l'utilisation de données « qualitatives » au nombre de classes réduites. Cet aspect a un impact fort lors de l'analyse multicritère. C'est notamment le cas dans la région de socle par l'importance prise par la géologie.
- une part de subjectivité lors de la comparaison deux à deux des différents facteurs prise en compte, même si cela relève d'une concertation.

Une solution serait de réaliser ce travail par ensemble régional tel que les HER, mais il s'oppose au principe de base qui était de traiter de manière homogène le bassin Adour-Garonne. Celle-ci ne peut être envisagée qu'à deux conditions :

- avoir préalablement réfléchi à un découpage répondant aux objectifs, en termes de résultats mais également de temps. En effet, la manipulation des données et les différents réglages, sur de petites zones, multiplient de fait la complexité de la méthodologie et donc sa mise en application.
- disposer de données utilisables et plus précises à l'échelle des sous-entités.

Cette solution peut toutefois introduire des disparités interrégionales très fortes rendant plus difficile l'analyse à l'échelle du district hydrographique, tels que nous avons eu le cas entre les régions sédimentaire et de socle.

Nous rappelons deux éléments essentiels : la qualité des données et l'échelle de travail, composantes qui influent sur toutes démarches de modélisation et de traitement via les outils SIG :

- Les données disponibles et leur qualité influencent directement le résultat. D'autres jeux d'informations plus précis et/ou complémentaires tels que la pédologie ou la carte géologique au 1/250 000ème auraient permis d'apporter plus de précision au résultat, en alourdissant/complexifiant toutefois les traitements.
- L'échelle est une notion qui prend en compte aussi bien l'étendue de la zone que la précision des données (taille des pixels, fenêtres de calcul, échelle d'utilisation de la donnée brute). Elle est étroitement liée à celle d'utilisation du résultat final. En résumé des données initiales au 1/1 000 000^e ne permettent pas d'extraire un résultat exploitable au 1/25 000^e.

Le résultat obtenu ne constitue pas un inventaire, mais est bien une cartographie des zones à potentiel humide en fonction des facteurs analysés. Il s'agit une première étape à la détermination de zones à dominante humide, voire une aide préalable à la mise en place d'inventaires par photo-interprétation et/ou campagnes de terrains.

Nous précisons que le critère final d'occupation du sol sera intégré lors de la cartographie finale des zones à dominante humide, afin d'avoir une idée des zones à potentiel humide hors activités anthropiques.

3 Détermination des zones à dominante humide

Comme nous l'avons précisé auparavant, la détermination des zones à dominante humide (ZDH) découle des zones à potentiel humide (ZPH), via une analyse géographique du territoire.

La méthodologie est moins détaillée puisqu'il ne s'agit pas d'une chaîne de traitement et de calculs aussi avancés que pour les ZPH.

La délimitation des ZDH a été réalisée en tenant compte de la typologie faite au sein des zones à potentiel humide, mais également en fonction des facteurs explicatifs. Si un critère est plus déterminant que les autres pour justifier de la présence d'une zone à dominante humide, c'est sur ce dernier qu'a été fixé le découpage.

Chaque proposition de ZDH a fait l'objet d'une validation avec le maître d'ouvrage et le comité de pilotage. La validation permet d'éliminer certaines propositions de ZDH qui ressortent malgré tout à travers la modélisation et/ou d'élargir certains périmètres via la connaissance des acteurs locaux. Cette étape nous a conduit à adopter d'autres approches sur les Landes et les Pyrénées, puisqu'aucun élément de la modélisation ne permet d'identifier facilement de grands ensembles homogènes. En raison de la grande superficie de ces territoires, il était opportun de les morceler afin d'affiner la connaissance et le suivi.

Pour les Landes, malgré l'intégration des remontées de nappes afin de mieux discriminer le résultat de la modélisation, il n'a pas été possible d'identifier des grands ensembles homogènes, comme sur le reste du bassin Adour Garonne. La logique de découpage a donc été hydrographique.

Pour les Pyrénées, la logique est également hydrographique. Nous avons toutefois proposé un premier morcellement en photo-interprétant les Pyrénées selon les habitats, qui permettent de mettre en avant une typologie de zones à dominante humide :

- Versant boisé de la Garonne
- Versant de la Garonne à pelouse et sol nu
- Versant de l'Adour à végétation clairsemé et sol nu
- Versant de l'Adour à végétation arbustive et herbacée

Ce test n'a pas été retenu par le maître d'ouvrage, puisque le découpage hydrographique permettait de définir des entités plus « simples » en termes de gestion et surtout plus proches d'une situation « naturelle ».

Ce travail de détermination des zones à dominante humide a permis d'identifier dix-sept zones de niveau 1 et soixante-deux niveau 2. Le niveau 2 correspond à une subdivision géographique du niveau 1.

4 Elaboration des indicateurs de suivi

Chaque zone à dominante humide de niveau 2 fait l'objet d'une fiche indicateur composée de quatre parties. Nous présentons sommairement dans ce rapport les indicateurs, mais il est préférable de consulter les fiches pour avoir une meilleure idée de leur pertinence et de leur représentation finale. Elles s'accompagnent d'une notice explicative définissant le mode de calcul de l'indicateur, ainsi que l'origine et la date des données exploitées.

4.1 Indicateurs d'état

Ils permettent d'avoir une connaissance de l'état de la ZDH :

- Situation géographique
- Facteurs explicatifs
- Etat de la connaissance des zones humides
- Répartition de l'occupation du sol

Afin d'améliorer la pertinence de ce type d'indicateur, il est intéressant d'intégrer au fur et à mesure des réalisations, les inventaires de zones humides à venir, ainsi que les périmètres d'études. L'actualisation de l'occupation du sol est une donnée à prendre en considération.

4.2 Indicateurs de pression

Ils mettent en avant les pressions qui s'exercent sur la ZDH :

- Population et urbanisation
- Prélèvements en eau
- Activités agricoles

Les indicateurs associés aux activités agricoles ont été calculés avec le RGA 2000 et le RPG 2007. Il serait intéressant de les actualiser avec le RGA 2010 et le RPG 2008 à 2011 afin de mettre en évidence les évolutions.

4.3 Indicateurs de réponse

Ils correspondent aux actions entreprises pour faire face aux pressions :

- Protection et gestion des milieux naturels
- Mesures ou zone en lien avec la qualité des eaux

Pour compléter les indicateurs liés à la gestion des milieux, il faudrait intégrer les réserves naturelles régionales.

4.4 Indicateurs d'enjeux

Ils mettent en avant les principaux enjeux qui s'exercent sur la ZDH :

- Enjeux quantitatifs
- Enjeux qualitatifs par rapport à la DCE
- Enjeux écologiques

A terme il serait également intéressant d'intégrer les SRCE, afin de compléter les enjeux présents sur le territoire.

5 Enseignements et perspectives d'amélioration de la méthode : bilan élaboré par l'Agence de l'eau

Ce chapitre a été rédigé par l'agence de l'eau, afin de donner au lecteur la vision du maître d'ouvrage sur les conclusions de cette étude.

Cette méthode a permis une approche homogène et exhaustive dans le bassin, qui faisait défaut jusqu'alors. Elle permet également de contourner les limites des approches par détection satellitaire, qui ne montre que des occupations du sol, sans expliquer les facteurs explicatifs et théoriques de la présence de zones humides. Elle a permis également un travail de cartographie pour délimiter les zones à dominantes humides, très difficile à mener sans ce support.

Cette exploration méthodologique est donc validée par l'agence de l'eau. Dans le cadre d'une démarche d'amélioration, ou d'une application de la méthode à une autre échelle (trame verte régionale, SAGE..) **les facteurs suivants pourraient cependant être améliorés :**

- La précision des données de relief utilisée peut être améliorée : Le MNT 100 m traité en mailles de 9 pixels donne une information tous les 900m. Cela est insuffisant pour des microreliefs plus fins. Une résolution à 25 m donnerait un maille d'environ 200m, plus proche d'usages au 1/250 000ème. **Il faudra veiller à utiliser des outils industriels pour des tels calculs sur des surfaces comme le Bassin Adour Garonne (1/5ème de la France).**
- La donnée géologique de référence au 1/1000 000 n'est pas suffisamment fine au niveau cartographique, et pas assez riche sur l'information lithologique. Ce même travail sur la base des cartes 1/50 000 numérisées devrait être envisagé
- Les données pédologiques, indisponibles de manière exhaustive sur le Bassin n'ont pas été utilisées. Elles sont pourtant critiques pour identifier les sols à potentiel hydromorphe. De grandes entités telles que les vallées alluviales souffrent de ce manque d'information et ont hérité d'un découpage insatisfaisant. Un autre exemple concerne le Rougier de Camares, véritable cuvette d'accumulation d'eau, mais sur des sols argilo-ferreux extrêmement secs. L'identification de cette zone aurait pu être corrigée. **Il est donc extrêmement important d'avancer dans la constitution du référentiel pédologique du programme IGCS national dans les régions du Bassin.**
- Les données de Bd Topo du thème hydrographique, moyennant un traitement de classification pour estimer le caractère naturel ou artificiel des drains, permettrait un calcul d'un indicateur de drainage naturel, et un calcul d'indicateur de drainage artificiel. Ce calcul peut-être très utile pour les vallées alluviales de l'Adour et les Landes.

Annexe 1 : Liste des figures et légendes

<i>Figure 1 : Principe de rasterisation</i>	7
<i>Figure 2 : Les six formes élémentaires de relief : Plan, Talweg, Crête, Col, Sommet, Dépression (d'après Wood)</i>	8
<i>Figure 3 : Définition des formes du relief en un point (d'après Wood)</i>	9
<i>Figure 4 : Courbure verticale (d'après Florinsky)</i>	9
<i>Figure 5 : Classification des grandes formes du relief</i>	10
<i>Figure 6 : Potentialité de présence de zones à potentiel humide – classification bassin</i>	11
<i>Figure 7 : Potentialité de présence de zones à potentiel humide – classification Pyrénées</i>	11
<i>Figure 8 : Importance relative du soulèvement Mio-Pliocène dans le Massif Central</i>	15
<i>Figure 9 : Principales unités topographiques du socle (Synthèse de nombreux auteurs)</i>	16
<i>Figure 10 : Surfaces et plateaux couverts d'arènes sur la bordure aquitaine du Massif Central</i>	16
<i>Figure 11 : Principe de fonctionnement de l'algorithme "densité de lignes"</i>	18
<i>Figure 12 : Grille de pondération sur la région sédimentaire</i>	18
<i>Figure 13 : Grille de pondération sur la région de socle</i>	19
<i>Figure 14 : Critère analysé (en ligne) par rapport à celui comparé (en colonne)</i>	19
<i>Tableau 15 : Pourcentage de zones humides inventoriées en fonction des zones modélisées par HER</i>	23
<i>Tableau 16 : Pourcentage des zones à potentiel humide modélisées par HER</i>	24

Annexe 2 : Synthèse des données collectées

Les données listées ci-dessous ont été exploitées dans la première partie de l'étude, pour la détermination des ZPH et ZDH. Les données utilisées pour les calculs d'indicateurs sont présentées dans l'annexe 4.

Altitude : Modèle Numérique de Terrain BD Topo (IGN), grille raster au pas de 25 m. Pour éviter d'alourdir les traitements et pour avoir un niveau de précision cohérent à l'échelle du bassin, la taille des pixels a été ramenée à 100 m.

Réseau hydrographique : Tronçons hydrographiques naturels de la BD Carthage 2010 (IGN-Agences de l'eau).

Géologie : Référentiel géologique vecteur au 1/1 000 000ème du BRGM. Scan géologique BRGM 1/50 000ème.

Géomorphologie : Recherche bibliographique. Les données SIG ont été numérisées depuis les supports consultés (thèses, cartes, rapports).

Pluviométrie : modèle SIM (Sadran-Isba-Modcou) de Météo France, grille raster au pas de 8 km. Il s'agit d'un outil hydrométéorologique utilisé pour estimer les bilans de surfaces spatialisées. Ce modèle est composé de trois modules, Sadran, Isba, Modcou. La pluviométrie totale (neige + pluie) a été retenue.

Remontée de nappe : indicateur national mis à disposition par le BRGM.

Fond de plan : IGN Scans IGN, BD Ortho de l'IGN et BD Topo 2010.

Inventaire de zones humides : Ensemble des inventaires disponibles au démarrage de la prestation. Les méthodologies employées et le niveau de précision sont très hétérogènes. Une analyse qualitative a été réalisée. Ces données sont issues de la compilation des inventaires disponibles au format informatique à l'été 2007 à l'agence de l'eau Adour Garonne. Les inventaires parus de 2007 à 2011 ont été ajoutés et qualifiés pour l'étude.

Annexe 3 : Bibliographie

- Beven K. J., Kirkby M. J., 1979.** A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological sciences bulletin*. 29. p. 43-69.
- Chafchafi A., 1994.** Méthodes morphostructurales : applications à la connaissance du socle du Velay, Thèse de doctorat de 3ème cycle. Crenam, Université Jean Monnet, Saint-Étienne. 296 p.
- Etlicher B., 1986.** Les massifs du Forez, du Pilat et du Vivarais : régionalisation et dynamique des héritages glaciaires et périglaciaires en moyenne montagne cristalline, Doctorat d'État. Université Lyon II, 687 p.
- Etlicher B., 2004.** French and Belgian Uplands. In: Koster E. A. (dir.) - *The Physical Geography of Western Europe*. Oxford University Press, p. 231-241.
- Florinsky I. V., 2000.** Relationships between topographically expressed zones of flow accumulation and sites of fault intersection: Analysis by means of digital terrain modeling. *Environmental Modelling and Software*. 15. p. 87-100.
- Freytet P., 1988.** Quelques réflexions à propos du relief limousin. *Norois*. 35. p. 201-221.
- Freytet P., Morel J.-L., 1987.** Réhabilitation de la morphométrie en tant que méthode d'étude des surfaces d'aplanissement. *Revue de géomorphologie dynamique*. 31 ; 3. p. 77-78.
- Godard A., Lagasque J.-J., Lageat Y., 1994.** Les régions de socle. Apports d'une école française de Géomorphologie. Clermont-Ferrand: Presses universitaires Blaise Pascal, 328 p.
- Klein C., 1975.** Massif armoricain et Bassin parisien. Contribution à l'étude géologique et géomorphologique d'un massif ancien et de ses enveloppes sédimentaires, Thèse. Presses universitaires de Strasbourg, 882 p.
- Klein C., 1986.** Le relief du Limousin. Les avatars d'un géomorphotype. *Norois*. 33. p. 23-49.
- Klein C., 1990.** L'évolution géomorphologique de l'Europe hercynienne occidentale et centrale. Aspects régionaux et essai de synthèse. Mémoires et Documents de Géographie. Paris: Ed. CNRS, 178 p.
- Klein C., 1997.** Du polycyclisme à l'acyclisme en géomorphologie. *Ophrys*, 299 p.
- Le Griel A., 1991.** L'évolution géomorphologique du Massif central français. Essai sur la genèse d'un relief, Thèse d'État. Université Lyon II, 2 tomes, 660 p.
- Lerouge G., Freytet P., 1988.** Le Sud Est du Massif Armoricain et le Nord Ouest du Massif Central : essai de reconstitution de la néotectonique par l'analyse structurale et géomorphologique. *Géologie de la France*. 4. p. 41-54.
- Mazagol P.-O., 2006.** Recherche de variables contribuant à l'organisation d'un paysage de moyenne montagne : le cas des Hautes Chaumes du Forez, Thèse de doctorat de 3ème cycle. CRENAM, Université Jean Monnet, Saint-Étienne. 302 p.
- Mazagol P.-O., Martin R., Porteret J., Thyriot C., Etlicher B., 2008.** Pré-détermination de zones humides sur le bassin Loire-Bretagne, Forum SIG 2008, Versailles.

Moore I. D., Grayson R. B., Ladson A. R., 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes*. 5. p. 3-30.

Saaty, R.W., 1987. The analytic hierarchy process - what it is and how it is used. *Mathematical Modeling* 9, 3, 161-176.

Valadas B., 1984. Les hautes terres du Massif Central : contribution à l'étude des morphodynamiques récentes sur versants cristallins et volcaniques, Doctorat d'Etat. Université de Paris I -Panthéon-Sorbonne, Paris. 927 p.

Wood J., 1996. The geomorphological characterisation of Digital Elevation Models, University of Leicester.

Annexe 4 : Note explicative des fiches indicateurs



CALCULS DES INDICATEURS

ZONE A DOMINANTE HUMIDE

FICHE INDICATEUR – version novembre 2011

La typologie dominante de la ZDH est définie par ASCONIT.

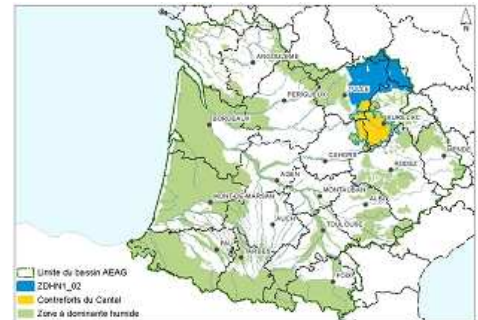
Le rattachement au niveau 1 est fait sous SIG.

La superficie totale est issue du SIG.

Les pourcentages par rapport à la superficie de niveau 1 et à l'échelle du bassin sont directement calculés depuis la base de données.

La couche SIG utilisée est la dernière version validée (ZDH10.shp).

Situation dans le bassin Adour Garonne



INDICATEURS D'ETAT

SITUATION GEOGRAPHIQUE

Contexte administratif



Contexte hydrographique



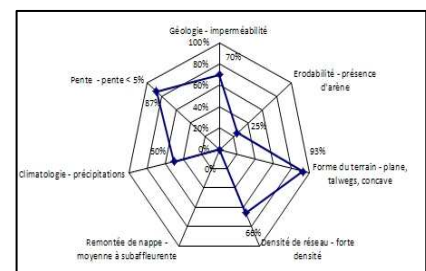
FACTEURS EXPLICATIFS

Les données utilisées sont celles produites au cours de l'étude pour la détermination des ZDH via l'analyse spatiale.

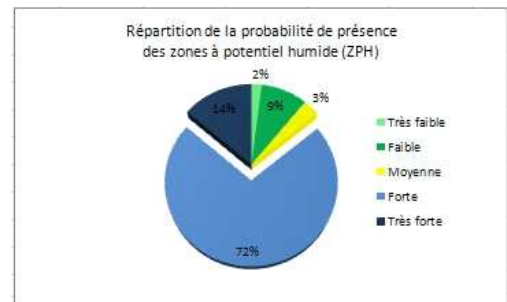
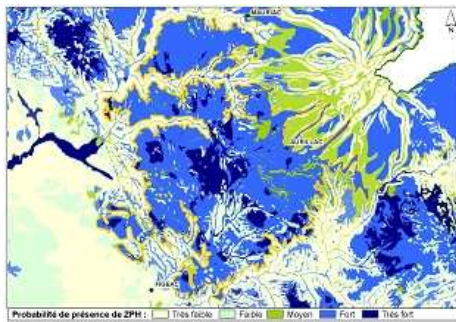
Les pourcentages de chaque branche correspondent au prorata de surface entre les valeurs favorables pour chaque critère et la ZDH.

Les valeurs favorables pour chaque critère sont :

- Géologie : plutôt perméable, imperméable (valeur 3 et 4)
- Géomorphologie : zone de transition, arène (valeur 2 et 3)
- Forme du terrain : plat, concave, talweg (valeur 3, 4 et 5)
- Hydrographie : moyenne et forte (valeur 3 et 4)
- Remontée de nappe (uniquement sur la partie Landes et grandes vallées alluviales (cf. rapport méthodologique) : forte, très forte et sub-affleurante (valeur 4, 5 et 6)
- Pente : pente inférieure à 5° (valeur 1 et 2)



Localisation des zones à potentiel humide



La carte et le diagramme utilisent la même donnée source. Il s'agit de la couche raster finale des zones à potentiel humide.

Le pourcentage correspond au ratio de surface entre les probabilités de présence des ZPH et la surface de la ZDH.

INVENTAIRE ZONES HUMIDES

La couche des inventaires utilisée est celle qui a été exploitée lors de la détermination des ZDH et qui a notamment servi à valider la modélisation.

Nous avons combiné l'ensemble des inventaires fournis par l'agence de l'eau au sein de cette couche. Nous précisons toutefois que l'agence a choisi de retirer les inventaires « trop généraux » pour le calcul de l'indicateur et le listing.

Le pourcentage est issu d'un calcul SIG. Il s'agit du ratio entre la surface couverte par les inventaires et la surface de la ZDH.

La liste des inventaires présents sur la ZDH a été déterminée par croisement SIG. Il s'agit d'un « intersecte », une seule petite entité d'un inventaire suffit pour lister l'inventaire.

Localisation des cartographies de zones humides



OCCUPATION DU SOL

La répartition des surfaces d'occupation du sol provenant de Corine Land Cover 2006 est issue du croisement (Intersecte) avec la couche des ZDH.

Les données Corine-Land-Cover sur les parties espagnoles concernées par le bassin Adour Garonne ont été téléchargées sur le site de European Environment Agency et rajoutées à la couche française pour obtenir la couverture de l'ensemble du territoire.

Les plans d'eau sont issus de la BD Topo fournie par l'agence. L'ensemble des éléments surfaciques de la couche hydro ont été pris en considération pour l'estimation des plans d'eau. Toutefois nous avons retiré les cours d'eau qui étaient identifiés dans le champ « Type_AG ».

Compte tenu de la fonctionnalité « intersecte » utilisée, un même plan d'eau peut être comptabilisé dans plusieurs ZDH. En revanche la superficie totale des plans d'eau correspond à la superficie intersectée dans la zone. Les plans d'eau ont été découpés.

Rappel de principe de CORINE land cover :

L'échelle est le 1/100 000ème. Elle est bien adaptée aux besoins nationaux et européens de suivi et de gestion de l'environnement ou d'aménagement de l'espace. Par ailleurs, elle est compatible avec les contraintes de coût de production et d'actualisation ainsi qu'avec celles de délais de réalisation et permet

d'envisager une mise à jour régulière. De plus, la plupart des pays de l'Union européenne disposent d'une cartographie régulière à cette échelle. Des limites d'usage découlent de ce choix : la gestion locale d'espaces sensibles ou la surveillance de territoires précis relèvent d'échelles plus précises comme le 1/50 000 ou le 1/25 000 et nécessitent la description d'unités de moins de 25 hectares.

L'unité spatiale au sens de CORINE Land Cover est une zone dont la couverture peut être considérée comme homogène, ou être perçue comme une combinaison de zones élémentaires qui représente une structure d'occupation. Elle doit présenter une surface significative sur le terrain et se distinguer nettement des unités qui l'entourent. De plus, sa structure doit être suffisamment stable pour servir d'unité de collecte pour des informations plus précises. La surface de la plus petite unité cartographiée (seuil de description) est de 25 hectares pour les bases complètes et de 5 hectares pour les bases de changements. Ce choix a été fait pour faciliter la digitalisation des documents d'auteur et l'impression de cartes lisibles, pouvoir représenter les éléments essentiels de la réalité du terrain et conduire à un rapport coût du projet / satisfaction des besoins compatible avec les contraintes financières du projet.

La nomenclature de CORINE Land Cover est une nomenclature hiérarchisée en 3 niveaux qui permet de couvrir l'ensemble du territoire. Elle comprend 5 postes au niveau 1, 15 au niveau 2 et 44 au niveau 3. Le premier niveau (5 postes) correspond aux grandes catégories d'occupation du sol repérables à l'échelle de la planète, le second niveau (15 postes) est utilisable pour les échelles de 1/500 000 et 1/1 000 000 et le troisième niveau (44 postes) est utilisé au 1/100 000. Les codes d'occupation du sol sont construits par juxtaposition des numéros de postes de chaque niveau de la nomenclature. Exemple : 221 représente les Vignobles (2 : territoires agricoles, 2 : cultures permanentes, 1 : vignobles).

COMMENTAIRE

INDICATEURS DE PRESSION

POPULATION

Les chiffres de population sont issus du fichier de recensement transmis par l'agence de l'eau. Pour les communes et/ou années manquantes, il a été complété avec les données historiques de population téléchargées sur le site de l'INSEE.

Pour les communes n'étant pas entièrement incluses dans la ZDH, la population communale est estimée selon le prorata de surface dans la ZDH.

La population de la ZDH correspond à la somme des populations de chaque commune intersectée par la ZDH.

L'évolution de la population est directement calculée dans la base de données.

La population totale 2008 du bassin AG est évaluée à 7 489 709 habitants.

Pour estimer la densité de population, nous nous sommes servis de la superficie hydrographique et non administrative du bassin AG, soit 117 650 km².

La typologie des territoires artificialisés correspond à la classification niveau 2 de Corine land cover. Les pourcentages correspondent au ratio entre la surface de chaque classe et la ZDH. Pour rappel la partie espagnole a été comblée avec corine land cover Espagne.

PRELEVEMENT EN EAU

Les chiffres calculés ont été fournis par l'agence de l'eau (volume et nombre de points de prélèvement). Il s'agit des volumes moyens (2007-2009), par usage et type de ressource redevance, estimés aux points de prélèvements (à partir des volumes déclarés aux compteurs).

Pour les points dits « géolocalisés », l'affectation du volume est faite selon l'appartenance du point à une ZDH (croisement géographique).

Pour les points dits « non géolocalisés », l'affectation du volume est faite au prorata de la surface de la commune couverte par la ZDH.

L'origine des prélèvements concerne les regroupements des milieux suivants :

Superficiel : cours d'eau, retenue

Souterrain : nappe captive, nappe libre

ACTIVITES AGRICOLES

Les données sont issues du RGA 2000.

Les données brutes issues du RGA sont rattachées à la commune. Comme pour la population, chaque valeur communale correspond à un prorata de surface lorsque la commune n'est pas entièrement incluse dans la ZDH. Les informations de synthèse concernant le cheptel sont rattachées au canton, le prorata est donc réalisé à l'échelle cantonale et non plus communale.

Nous précisons que ces indicateurs sont à analyser avec précaution sur les ZDH de petite superficie, la méthode de calcul est discutable à grande échelle.

Le calcul pour l'indicateur cheptel (et son évolution) n'a pas été calculé puisque les données uniquement disponibles à l'échelle cantonale ne permettent pas d'obtenir un UGB/ha.

A noter :

Les communes d'OUSSE (64439) et SENDETS (64518) ne figurent pas dans les données du RGA2000. Les ZDH suivantes sont concernées :

- OUSSE : ZDHN2_52
- SENDETS : ZDHN2_50 et ZDHN2_52

Pour la ZDHN2_59 nous ne disposons pas des données espagnoles.

Les données des surfaces irriguées ne figurent pas dans le RGA 2000 pour les départements suivants :

- 12, 15, 19, 23, 31, 43, 46, 48, 65, 87.

Les données des surfaces drainées ne figurent pas dans le RGA 2000 pour les départements suivants :

- 12, 65, 82.

Les valeurs « c » c'est-à-dire non communiquées ont été comptabilisées comme égales à 0.

Le graphique sur la répartition des surfaces agricoles est réalisé avec les données de Corine Land cover niveau 2 pour la partie agricole. Comme pour les territoires artificialisés, il s'agit d'un prorata de surface entre la superficie de chaque élément de la typologie et la superficie de la ZDH.

Les données du RPG 2007 exploitées sont issues de la couche fournies par l'agence d'eau. Cette couche a fait l'objet d'un nettoyage par l'agence au niveau des doublons et des problèmes de topologie des parcelles agricoles.

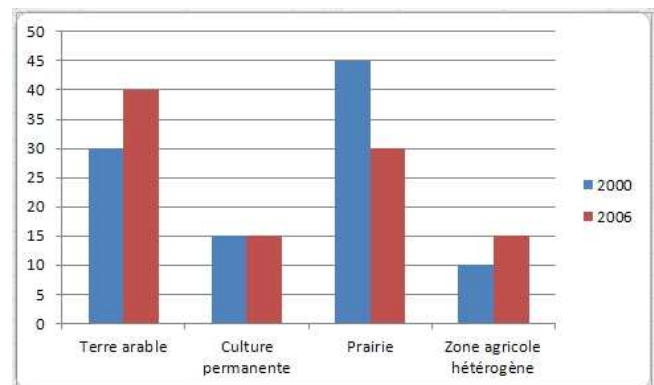
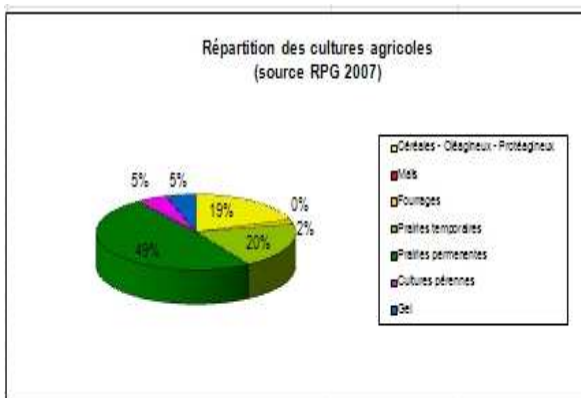
Les différentes cultures ont été regroupées afin d'obtenir les catégories suivantes :

- Céréales annuelles : non regroupée
- Gel : non regroupée
- Maïs : non regroupée
- Oléagineux : non regroupée
- Prairies : non regroupée
- Prairies temporaires : non regroupée
- Cultures permanentes : vignes + arboriculture
- Autres : légumes/fleurs + fourrage + protéagineux + semence + autres

Comme pour les autres indicateurs, il s'agit d'un prorata de surface lorsque les parcelles ne sont pas entièrement comprises dans la ZDH.

Nous rappelons que depuis 2009, il n'est plus obligatoire pour les exploitants d'avoir à minima 10% de son territoire en gel. Il peut donc y avoir un écart entre l'indicateur RPG 2007 et la situation actuelle pour cette classe.

Evolution et répartition des surfaces agricoles



COMMENTAIRE

INDICATEURS DE REPONSE

PROTECTION / GESTION DES MILIEUX NATURELS

Les données ont été téléchargées sur le site de l'INPN en août 2011.

Les indicateurs correspondent à un prorata de surfaces entre chaque élément et la superficie de la ZDH.

Pour ne pas surestimer les superficies, nous précisons que les entités d'un même élément ont été fusionnées afin d'avoir une enveloppe globale pour définir la superficie et ne pas comptabiliser plusieurs fois les zones de recouvrement.

Ainsi les ZPS et les SIC sont regroupés pour former une seule enveloppe de NATURA, c'est également le cas des différents types de réserves naturelles. Les réserves naturelles comptabilisées comprennent les arrêtés de protection de biotope, les réserves naturelles de chasse et faune sauvage, les réserves biologiques, les réserves de biosphère et les réserves naturelles nationales.

GESTIONNAIRES DE MILIEUX

Les périmètres de SAGE ont été récupérés sur Gest'eau et les périmètres de parcs naturels sur le site de l'INPN.

Les autres informations (EPCI, CATZH, CDL et CREN) ont été fournies par l'agence de l'eau. Nous précisons que les couches SIG ont été traitées en l'état, aucune sélection d'information n'a été réalisée après la réception des données.

L'agence de l'eau avait directement sélectionné les EPCI ayant la compétence « rivière ».

Comme pour la majorité des indicateurs, il s'agit d'un prorata de surface entre l'information brute et la ZDH.

QUALITE DES EAUX

Les données des zones vulnérables et des zones sensibles ont été téléchargées sur le site du SANDRE. Ces indicateurs correspondent à un prorata de surface.

Les informations relatives aux captages SDAGE et Grenelle ont été transmises par l'agence de l'eau. Les captages superficiels et souterrains sont identifiés à partir des aires d'alimentation, avec la couche AAC Grenelle Adour Garonne 2010 (Etudes 2009-2011). Les indicateurs sont issus d'une sélection des points uniquement (hors aires de captages) intersectant les zones à dominantes humides soit au total 35 captages sur les 60 présents dans le bassin Adour Garonne.

COMMENTAIRE

INDICATEURS D'ENJEUX

ENJEUX QUANTITATIFS

Les données brutes proviennent de la base de données GASPAR, téléchargée sur le site Prim.net.

Une sélection des communes ayant un PPRI (quel que soit l'état d'avancement de ce dernier) a été réalisée au sein de Gaspar. Nous avons uniquement retenu « l'appellation PPRI », les anciennes dénominations n'ont pas été prises en considération (PES, R111.3...) car elles sont jugées obsolètes.

Les zones de répartition des eaux sont téléchargées sur le site du SANDRE. Il s'agit d'un prorata de surface.

Le calcul a été fait en regroupant les ZRE des eaux superficielles et souterraines. Pour ne pas surestimer les surfaces, les zones de superposition entre les types de milieux n'ont été prises en considération qu'une seule fois.

L'information concernant les bassins déficitaires a été transmise par l'agence de l'eau. Il s'agit également d'un prorata de surface. Nous précisons que nous n'avons pas distingué les classes jugées déficitaires. Elles ont toutes été prises en compte dans le calcul.

Les bassins déficitaires correspondent à l'écart entre les volumes prélevables affinés et les volumes prélevés en année quinquennale sèche. Ce travail datant de juillet 2011 est en cours de validation par l'agence de l'eau.

Les ZAEPF ont été fournies par l'agence de l'eau. Le calcul a été fait en directement sous SIG en distinguant les eaux superficielles des eaux souterraines.

ENJEUX QUALITATIFS

Les données brutes relatives aux états écologique, chimique et quantitatif ont été récupérées sur le SIE de l'agence de l'eau. Il s'agit des états 2006-2007 pour les eaux superficielles et 2000-2008 pour les eaux souterraines.

L'association masses d'eau et ZDH a été réalisée par traitement SIG (intersection). Toutefois pour ne pas prendre en considération les petites portions de masses d'eau intersectées, nous avons uniquement rattachées à la ZDH les masses d'eau ayant à minima 10% de leur longueur pour les masses d'eau cours d'eau au sein de la ZDH et 10% de leur superficie pour les plans d'eau et les eaux souterraines.

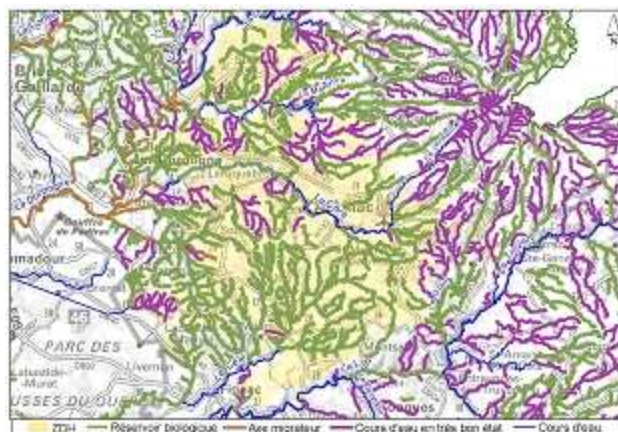
ENJEU ECOLOGIQUE

Les données concernant les ZNIEFF ont été téléchargées sur le site de l'INPN en août 2011. Il s'agit d'un prorata de surface. Pour ne pas surestimer les superficies, nous précisons que les entités d'un même élément ont été fusionnées afin d'avoir un enveloppe globale pour définir la superficie et ne pas comptabiliser plusieurs fois les zones de recouvrement.

Ainsi les ZNIEFF 1 et 2 ont été regroupées pour former une seule entité.

Les données concernant les réservoirs biologiques, les cours d'eau en très bon état (LEMA) et en axes migrateurs ont été téléchargées sur le SIE de l'agence de l'eau.

Les indicateurs correspondent à un prorata de longueur des cours d'eau entre la couche d'enjeu écologique et les cours d'eau codifiés de la BD Carthage.



COMMENTAIRE