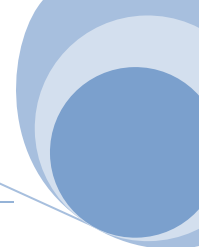


Cartographie de la présence potentielle de zones humides dans le bassin versant de la Dore.



Céline SACCA
Pierre-Olivier MAZAGOL
Bernard ETLICHER



Sommaire

Sommaire.....	2
Introduction	3
1. Terrain d'étude.....	3
2. Approche méthodologique.....	5
3. Méthode	6
3.1. Données disponibles et mobilisées.....	6
3.2. Les facteurs retenus.....	8
3.2.1. La topographie.....	8
3.2.2. La géologie, les formations superficielles et la géomorphologie	11
3.2.2.1. La géologie et les formations superficielles	11
3.2.2.2. Les surfaces d'érosion	12
3.2.3. Le facteur climatique	14
3.2.4. Les sources	15
3.3. Combinaison des facteurs	17
4. Résultats.....	18
4.1. La carte des zones humides potentielles	18
5. Des zones humides potentielles à l'inventaire des zones humides	22
5.1. Densité de zones humides potentielles.....	22
5.2. Croisement avec l'occupation du sol	23
5.3. Typologie des zones humides potentielles	26
Conclusion et recommandations.....	30
Bibliographie	31
Table des figures.....	33
Annexes :	34

Introduction

Ignorées, délaissées voire détruites jusqu'aux années 1990, les zones humides continentales constituent depuis la loi sur l'eau de 1992, un enjeu déterminant pour la protection et le bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Aucune politique de gestion de l'eau ne peut désormais se soustraire à un diagnostic préalable de l'état de ces milieux et de leur rôle en matière de protection de la ressource, de régulation des débits des cours d'eau et de conservation de la biodiversité. Ces principes ont été transcrits dans le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux du bassin Loire-Bretagne (SDAGE) pour être mis en œuvre localement dans le cadre des schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE).

Lancé à l'initiative du Parc Naturel Régional du Livradois-Forez, le SAGE Dore a identifié la préservation des zones humides comme un enjeu fort pour son territoire. Pour ce faire, la commission locale de l'eau (CLE) qui pilote le SAGE a besoin d'éléments simples, concrets et suffisants pour définir des priorités et des orientations d'actions. Parmi ces éléments figure au premier rang l'inventaire des zones humides du bassin versant.

Les méthodologies mises en œuvre jusque là pour recenser les zones humides distinguent plusieurs grandes étapes de réalisation dont l'identification des zones humides potentielles à laquelle succède l'identification des zones humides effectives (Agence de l'Eau Loire Bretagne 2010). C'est à l'amont de la démarche lors de l'identification des zones humides potentielles qu'est intervenu le laboratoire EVS-ISTHME sous la forme d'un contrat de collaboration avec le PNR Livradois-Forez. Le travail qui suit a donc eu pour objectif de cartographier les enveloppes de présence potentielle des zones humides à l'échelle du bassin versant de la Dore. Il s'agit de délimiter les sites de forte probabilité de présence permanente ou temporaire d'eau.

1. Terrain d'étude

Le bassin versant de la Dore couvre 1716 km². De forme oblongue, il s'inscrit dans la moyenne montagne granito-gneissique du massif du Livradois et des Monts-du-Forez. La Dore traverse son bassin versant selon une direction subméridienne et sert de trait d'union entre les deux unités morphostructurales qui le composent : une moyenne montagne granito-gneissique et un bassin sédimentaire tertiaire (Cubizolle 1997).

La moyenne montagne granito-gneissique occupe les 5/6 de l'espace. Les altitudes varient de 500 m dans la plaine d'Arlanc à 1634 m à Pierre-sur-Haute. Cet espace possède une double spécificité. D'une part, la vigueur des dénivellations et le morcellement du relief

entraînent un cloisonnement du paysage. D'autre part, l'existence du fossé tectonique d'Ambert, bassin intramontagnard d'une centaine de km² dont le fond est occupé par la plaine d'Arlanc introduit au sein de l'ensemble montagneux une notable diversité morphologique.

Le fossé sédimentaire oligocène qui s'étend au Nord-Ouest, du domaine montagneux dans le pays thiernois, est une extension de la grande Limagne. Cet espace constitue du fait de sa géologie, de la modestie des altitudes- moins de 400 m en général- et de la douceur des modelés, un domaine géographique fort différent (Cubizolle 1997).

La topographie du bassin versant se caractérise par trois traits fondamentaux. L'étagement des grandes unités de relief est le premier d'entre eux. Entre un niveau inférieur qui se compose de la plaine d'Arlanc, du couloir forézien de la Dore et de la Limagne, et un niveau supérieur constitué par les Bois Noirs, du Forez, des plateaux de la Chaise-Dieu et du Livradois, s'interpose un niveau intermédiaire, parfois double séparé des deux autres par des talus rectilignes ou sinueux bien marqués topographiquement, identifié pour la première fois par R Etienne (Etlicher, 1986).

Une seconde caractéristique réside dans la dislocation de ces grandes composantes topographiques, les alvéoles en constituant l'élément structurant fondamental. Plus rarement la tectonique a découpé la surface en petits horst et graben ménageant dans leurs intervalles de larges fonds plats.

Enfin, l'observation du relief à grande échelle révèle un véritable émiettement qui génère une multitude de pentes d'inclinaison variable mais généralement forte.

Du point de vue des formations superficielles, on peut schématiquement opposer les formations à texture essentiellement sablo-limoneuse de la moyenne montagne à celles à dominante argileuse ou sablo-graveleuse des plaines. Sur le plan hydraulique, les premières ont une capacité de stockage non négligeable du fait d'une bonne perméabilité. Cette capacité doit cependant être minorée par l'épaisseur modeste des formations, une faible microporosité et par l'hydromorphie des espaces plans. En outre la forte déclivité générale, favorise l'évacuation rapide de l'eau par gravité. Dans les plaines, les espaces hydromorphes couvrent des superficies importantes, spécialement dans le lit majeur (Cubizolle 1997).

2. Approche méthodologique

La mise en place d'une zone humide traduit un bilan hydrique positif ou nul. L'approche suivie privilégie donc une réflexion sur les facteurs physiques susceptibles d'influencer ce bilan et de favoriser ainsi la mise en place des milieux humides. Elle repose sur l'idée que le développement de zones humides résulte de la combinaison d'un certain nombre de facteurs naturels tels que l'altitude, la pente, la nature géologique (formations superficielles et faciès des terrains sous-jacents), du contexte climatique ainsi que de l'histoire géologique et géomorphologique. Dans le Massif central, la littérature (Cubizolle et Etlicher à paraître, Mazagol et al. 2008, Porteret 2008, Etlicher 1986) montre que les zones humides correspondent en général aux secteurs couverts d'épais manteaux d'arènes, au sein desquels l'écoulement des eaux est considérablement ralenti. Parmi les secteurs favorables, figurent les têtes de vallons empâtés, les plateaux au drainage incertain, formés de cuvettes (alvéoles) séparés par des cloisons, et les concavités de bas de versant noyées sous les dépôts de versant périglaciaires dont la perméabilité est réduite par les phénomènes périglaciaires quaternaires (compactions par la ségrégation de glace) (Etlicher 1986, Mazagol et al. 2008).

La méthode proposée vise la construction d'un modèle qui répartit le territoire entre des secteurs où la probabilité de trouver des zones humides est faible car les facteurs sont globalement défavorables et des secteurs où la probabilité est forte car les facteurs sont favorables, toutes les situations intermédiaires figurant également. La validité d'une telle démarche repose sur trois étapes (Etlicher et Bessenay 1996) :

- la hiérarchisation des données en fonction de l'objectif recherché, ou 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 combinaisons (favorables ou défavorables).

Ces trois aspects seront abordés simultanément au fil du texte.

3. Méthode

L'identification des secteurs potentiellement humides repose en premier lieu sur l'identification des facteurs favorisant l'hydromorphie et sur la collecte des données disponibles correspondantes. Celles-ci devant être parfois adaptées à l'objectif de la présente étude. Quand tel est le cas, le texte le mentionne.

3.1. Données disponibles et mobilisées

Les données tant par leurs aspects quantitatifs que qualitatifs ont été un élément primordial qui a conditionné le déroulement de l'étude et en assujettit les résultats. Dans cette étude, nous avons disposé :

- du Modèle Numérique de Terrain du Centre Régional Auvergnat de l'Information Géographique (CRAIG). Celui-ci d'une résolution initiale à 10 m a été lissé afin de résoudre trois types de problèmes (Figure 1).
 - 1 : des erreurs inter-dalles se manifestant par des décalages de valeurs aux niveaux des limites départementales (notamment Puy-de-Dôme et Haute-Loire),
 - 2 : des erreurs intra-dalles,
 - 3 : et dans une moindre mesure, de nombreux artefacts liés aux micro-reliefs créés par les aménagements (routes, voies ferrées...)

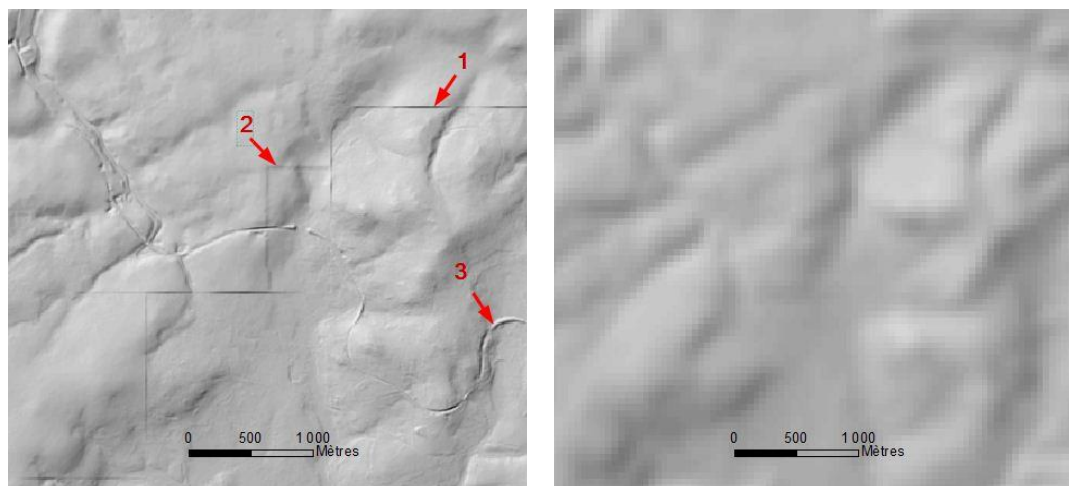


Figure 1 : Les imperfections du MNT-CRAIG et son lissage

Nous avons opté pour une double manipulation :

- un ré-échantillonnage pour disposer d'un MNT au pas de 50 m
- puis un lissage par filtre passe-bas 3 par 3.

En outre, il ne couvre pas la partie ligérienne du bassin versant, certes minime.

- des données géologiques du BRGM au 1/50 000^e. Il faut souligner une hétérogénéité importante, qui s'explique largement par la date des levés très différente d'une feuille à l'autre ainsi que par le domaine de compétence de leurs auteurs. Cette hétérogénéité se traduit soit par des informations manquantes sur certaines cartes et présentes sur d'autres (c'est le cas pour les formations superficielles) soit par des interprétations différentes des mêmes substrats. Il en ressort une information hétérogène d'une carte à l'autre dont l'harmonisation présente une fiabilité limitée faute d'étude de terrain complémentaire.
- des données climatiques de MétéoFrance concernant les précipitations (26 stations) et les températures (18 stations) sur les 4 dernières années.

POSTE	Station	Altitude	Précipitations	Température
42039001	Chalmazel_Man	860	x	
42039002	Chalmazel	855	x	x
42039003	Chalmazel_Ra	990	x	x
42040001	Col de la Loge	1265	x	x
42159001	Noiretable	730	x	
42204002	Saint-Bonnet-le-Chateau	850	x	x
42248002	Saint_Just-en-Chevalet	610	x	x
42328001	Verrieres_en_Forez	770	x	x
43071001	Chomelix	910	x	
43093001	Felines	1020	x	x
43096001	Fontannes	435	x	x
43178003	St-Didier-sur-Doulon	675	x	x
43212001	St-Pal-en-Chalencon	890	x	x
63003003	Ambert_ville	540	x	
63003004	Ambert	555	x	x
63066002	Celle-sur-Durolle	658	x	x
63125002	Courpiere	455	x	x
63132002	Cunhlat	700	x	x
63157001	Fayet-le-chateau	585	x	x
63271001	Paslieres	331	x	
63298001	La Renaudie	805	x	
63353003	St-Germain-l'Herm	1070	x	x
63319002	St-Anthème	1260	x	
63384001	Col du Béal	1393	x	x
63393001	St-Remy-sur-Durolle	685	x	
63415001	Sauxillanges	460	x	x
63441001	Valcivieres	855	x	

Figure 2 : Tableau des stations Météo France utilisées

- des orthophotos sur l'ensemble du bassin versant. Précisions toutefois qu'elles résultent de campagnes différentes 2005, 2006 et 2009 et ne possèdent donc pas la même qualité visuelle ce qui rend parfois la lecture moins aisée.

- de la BD Carthage malgré les biais qu'on lui connaît (cours d'eau qui ne coulent pas dans le talweg, présents sur la carte topographique mais absents de la base de données...)
- de la BD_TOPO de l'IGN (2006). Et, bien que la qualité de l'information soit critiquable comme en atteste la figure ci-dessous (Figure 3), elle apporte néanmoins des éléments utiles.

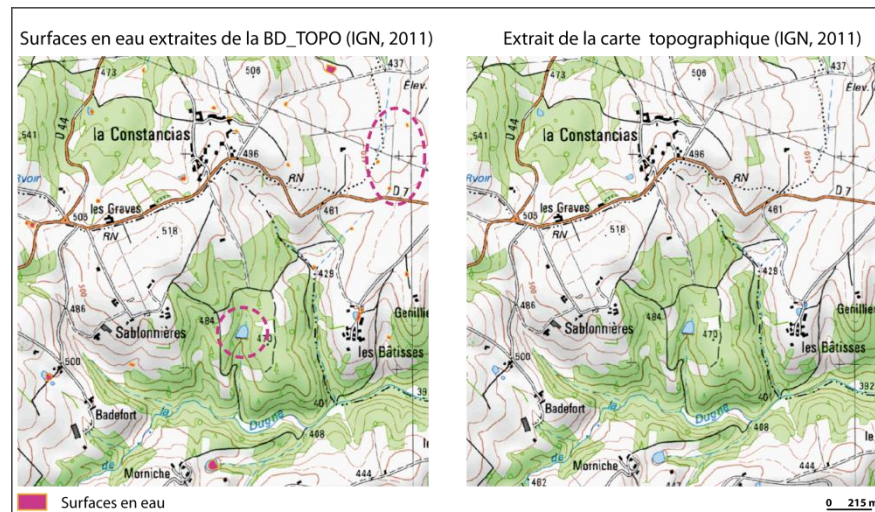


Figure 3 : Les imperfections de la BD-TOPO relatives aux surfaces en eau

3.2. Les facteurs retenus

3.2.1. La topographie

Dans les massifs anciens, la topographie est l'un des principaux facteurs à l'origine du développement des zones humides. Les surfaces sommitales au relief « mous » sont éminemment favorables au développement d'un drainage incertain. Dès que la pente devient suffisante, au-dessus de 7° (Tricart 1981) soit 12.3%, l'écoulement s'organise et un réseau de vallons secondaires se met en place. Les formes du terrain apparaissent donc essentielles. Elles sont appréhendées sous deux angles différents à partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT).

Premièrement, les formes de relief à proprement parler sont extraites du MNT grâce au module « r.param.scale » du logiciel Grass 6.2 (Wood 1996). L'extraction automatique est effectuée sur des fenêtres de 5 pixels par 5 (soit 250 m de côté) et des fenêtres de 15 par 15 (soit 750 m de côté). Les 2 fichiers sont ensuite croisés pour obtenir un fichier synthétique qui mette en évidence les principaux éléments du relief, les crêtes, les talwegs et les zones planes

(mais pas forcément horizontales) tout en intégrant l'information des deux échelles spatiales. La potentialité de présence des zones humides étant évidemment croissante des crêtes aux talwegs (Figure 4).

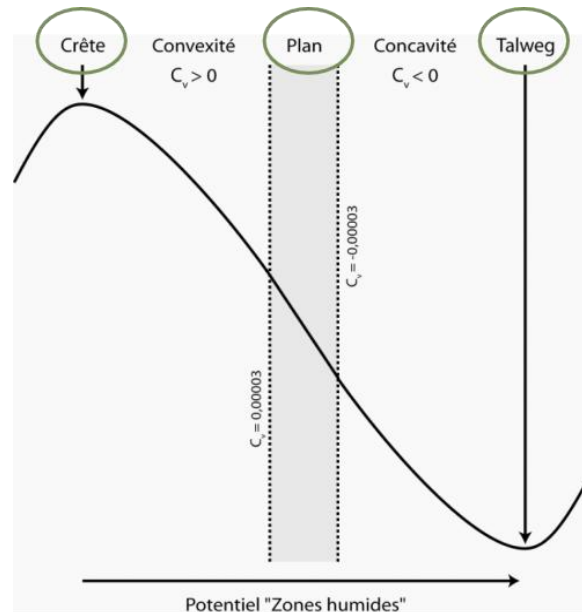


Figure 4 : Les 3 types de formes du relief extraites

Deuxièmement, la topographie est abordée sous l'angle du rôle qu'elle joue sur la circulation de l'eau. Ainsi à partir du MNT, il est possible de calculer un indice topographique (Figure 5). Celui-ci repose sur l'idée qu'au sein d'un bassin versant, toutes les zones ne contribuent pas de la même façon aux flux d'eau (concept des aires contributives). Inspiré de l'indice bien connu de Beven Kirkby (1979), il est obtenu à partir d'un algorithme qui considère la partie amont de chaque pixel (aire contributive) ainsi que la pente locale selon la formule suivante :

$$\text{Wetness Index} = \ln(a/\tan\beta) \quad \text{où } a = \text{surface spécifique (= aire contributive/longueur du côté d'un pixel)} \\ \beta = \text{pente locale}$$



Figure 5 : Cartographie de l'indice topographique

3.2.2. La géologie, les formations superficielles et la géomorphologie

3.2.2.1. La géologie et les formations superficielles

La connaissance géologique est indispensable à la modélisation de la répartition des formations superficielles dont la présence est déterminante pour le développement des zones humides. Elles favorisent en effet le maintien d'une nappe phréatique superficielle favorisant l'hydromorphie. Ne disposant d'aucune données géologiques numériques sur le secteur d'étude, la première tâche a consisté à digitaliser l'information à partir des cartes géologiques au 1/ 50 000^{ème}. À partir de la couche produite, les substrats et les formations superficielles ont été caractérisés puis hiérarchisés selon leur rôle plus ou moins favorables dans la mise en place des zones humides.

Géologie et formations superficielles	Classe (de la moins favorable à la plus favorable)
Socle	1
Socle couvert d'arène	2
Formations tertiaires	3
Socle colluvionné	4
Alluvions anciennes et nappes résiduelles	5
Alluvions modernes et würmiennes	6

Figure 6 : Hiérarchisation des substrats et des formations superficielles

En lien avec le facteur géologique et les formations superficielles, la géomorphologie et plus particulièrement les héritages géomorphologiques sont également un facteur déterminant bien étudié et renseigné par la littérature (Cubizolle et Etlicher à paraître, Porteret 2008, Etlicher 1986).

3.2.2.2. Les surfaces d'érosion

La présence de surfaces planes est un facteur favorable à la stagnation de l'eau dans les sols. Plusieurs niveaux de surfaces sont connus sur le secteur d'étude et bien caractérisés mais toutes ces surfaces relativement planes n'offrent pas les mêmes conditions géologiques et géomorphologiques (Cubizolle et Etlicher *à paraître*). Deux grands types se dégagent :

- Tout d'abord la surface sommitale qui a été élaborée pendant au moins 50 millions d'années, à la fin du Mésozoïque et au début du Cénozoïque (Baulig 1928, Klein 1990). Cette surface sommitale présente toutefois des reliefs résiduels de quelques dizaines de km² dégagés dans des roches particulièrement résistantes comme les granodiorites porphyroïdes du massif de Pierre-sur-Haute qui constituent les plus hauts sommets.

- Entre 600 et 900 m d'altitude ce sont des aplanissements intermédiaires qui se sont développés, le long des grandes vallées miocènes, sous forme d'alvéoles, de couloirs et de pédiments sur les piedmonts des principaux massifs (Etlicher 1983, Klein 1990, Le Griel 1991, Mandier 1989). Ces aplanissements ont été élaborés dans des conditions hydro-climatiques permettant au réseau hydrographique d'avoir un important pouvoir d'érosion latéral. Côté Livradois, ces replats s'étagent de 500 m à 800 m.

Sur les surfaces sommitales, les couvertures d'arènes ont été largement conservées. Sur les aplanissements intermédiaires en revanche, les couvertures sont toujours minces, voire absentes et ce pour deux raisons : l'efficacité de l'érosion générée par l'installation du réseau hydrographique d'une part, et la faiblesse de l'altération depuis cette période d'autre part (Pierre 1990). Il apparaît donc que les surfaces d'érosion favorables au développement de l'hydromorphie, celles sur lesquelles la couverture d'arène est la plus épaisse, peuvent s'individualiser à partir d'un seuil altitudinal et d'un seuil de pente. Ceux-ci ont été respectivement fixés à 800 m et 5° soit 8,75% (Figure 7).

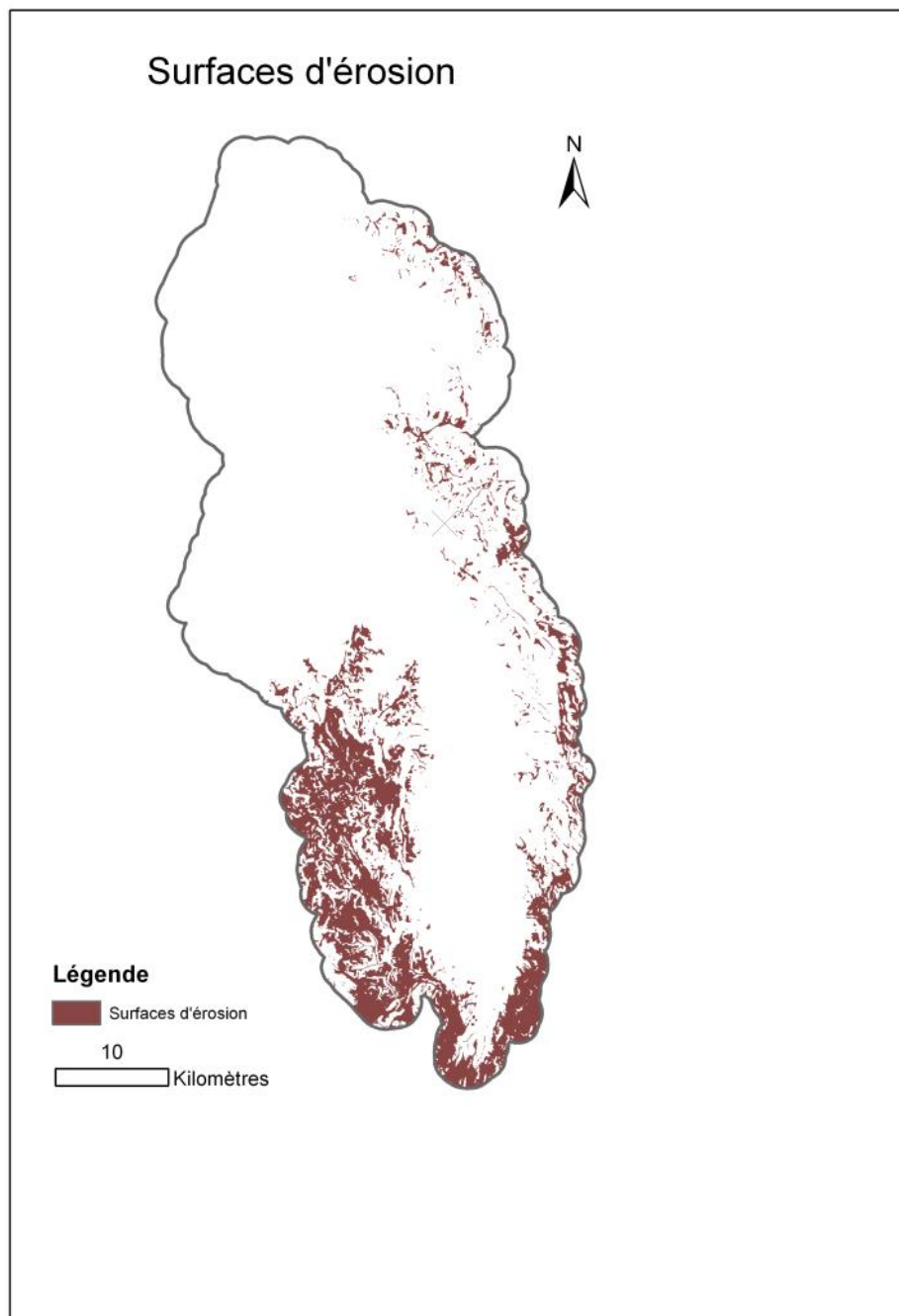


Figure 7 : Cartographie des surfaces d'érosion

Fortement lié au facteur géologique et parce qu'elles permettent également d'identifier sur notre terrain d'étude les secteurs recouverts d'arène, les surfaces d'érosion ont été intégrées au facteur géologique. Ainsi, les zones recouvertes d'arène délimitées à partir des données géologiques, ont été élargies pour correspondre aux surfaces d'érosion identifiées précédemment (Figure 8).

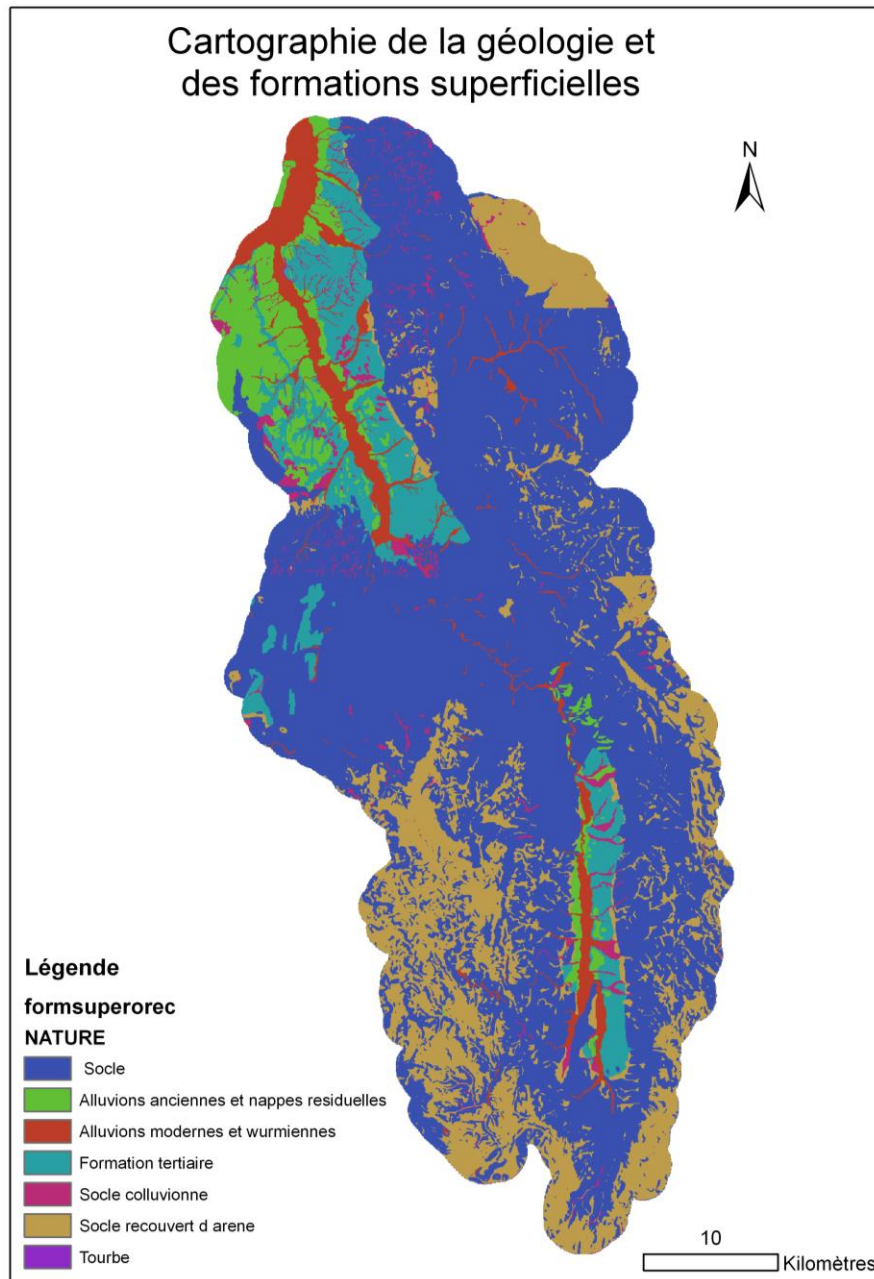


Figure 8 : Cartographie de la géologie et des formations superficielles intégrant les surfaces d'érosion

3.2.3. Le facteur climatique

Parmi les facteurs qui rendent possible la saturation permanente ou temporaire des sols en eau, il y a sans conteste le facteur climatique, lui-même lié à l'altitude. En effet selon le schéma général, les précipitations augmentent avec l'altitude alors que les températures diminuent notamment en été, et avec elles, l'évaporation est réduite. Ce facteur est abordé ici à travers l'indice de Gaussen qui synthétise les deux paramètres fondamentaux que sont les précipitations et les températures sous la forme du rapport $P/2T$ (précipitations sur 2 fois les

températures). La cartographie de cet indice sur l'ensemble du bassin versant (Figure 9) est obtenue grâce à l'interpolation des données de MétéoFrance (26 stations pour la pluviométrie et 18 concernant les températures) sur les quatre dernières années. Elle fait apparaître très nettement les secteurs très arrosés telles que les Hautes-Chaumes du Forez (violet foncé) de ceux qui le sont moins comme le bassin d'Ambert (teinte parme).

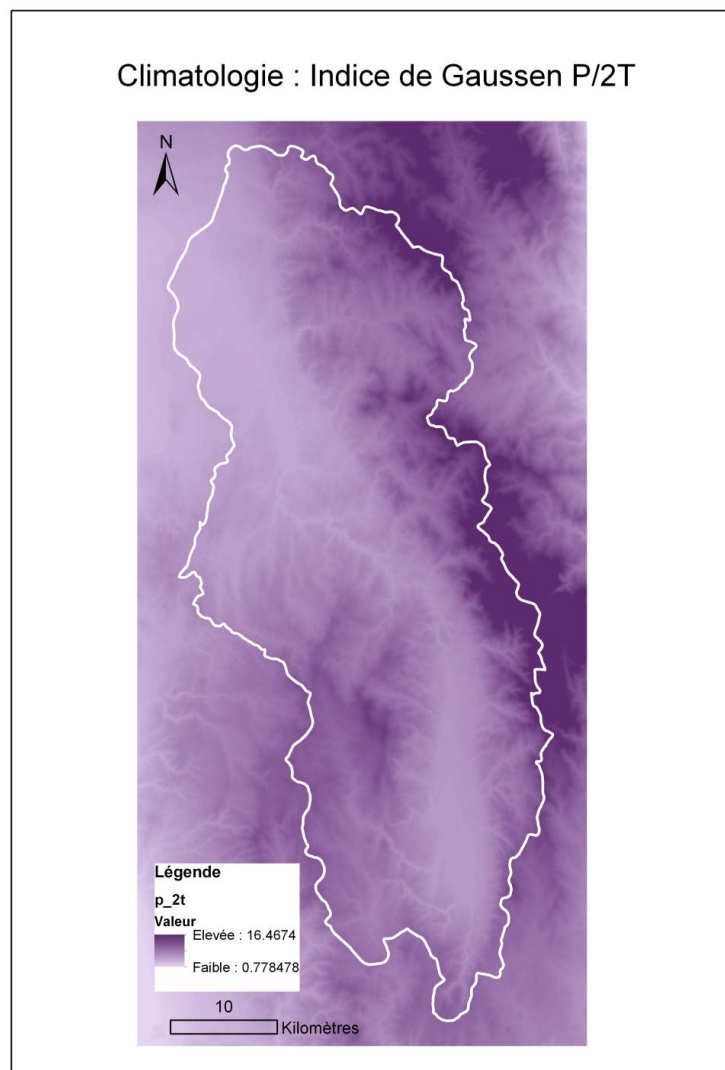


Figure 9 : Cartographie de l'indice de Gaussen

3.2.4. Les sources

Les sources sont sans conteste un indicateur de présence de zones humides. Certes les cas de figure peuvent être nombreux et variés, mais la prise en compte de facteurs tels que la pente ou la géologie peut permettre de caractériser sommairement les secteurs soligènes. Ainsi, il est intéressant au regard de ce que nous avons dit plus haut de distinguer les sources localisées sur les surfaces d'érosion de celles se trouvant sur des versants relativement pentus.

Les sources ont été extraites de la BD_TOPO. Pour pallier les nombreuses lacunes, la couche a été complétée sur la base de la carte topographique (1/25000). Ensuite, pour chaque source recensée, il a été calculé grâce à la fonction « downslope area » du logiciel SAGA l'aire potentiellement drainée par chacune. L'intégration des valeurs de pente et des surfaces d'érosion a permis comme l'illustre le schéma suivant (Figure 10) de hiérarchiser les zones soligènes selon leur rôle sur la mise en place de zones humides.

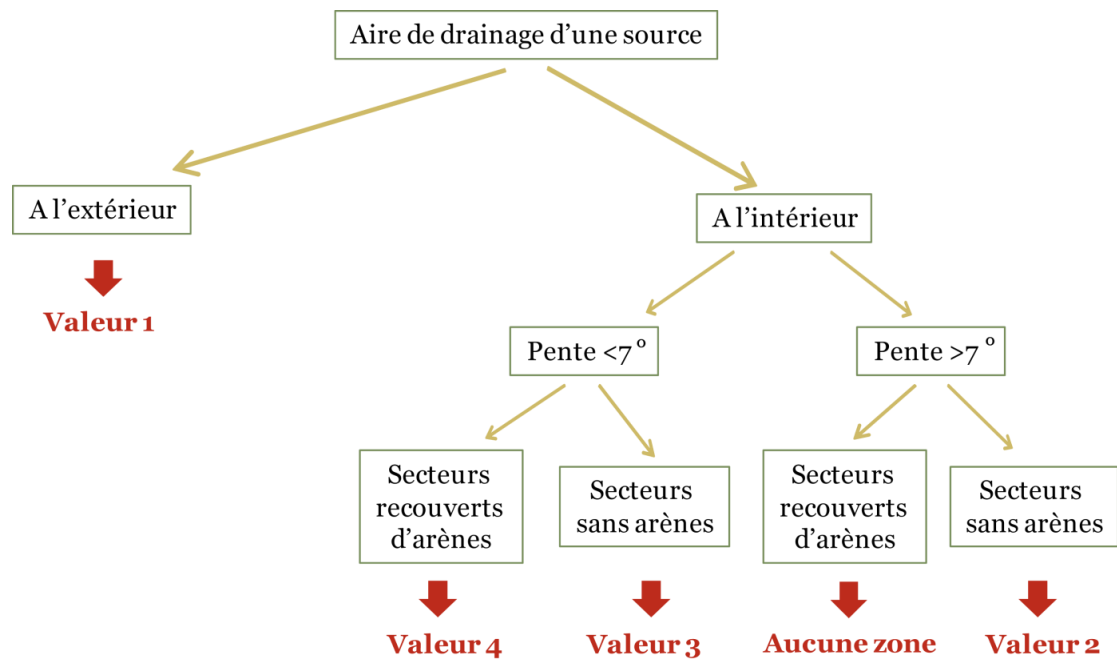


Figure 10 : Schéma explicatif de la prise en compte des sources

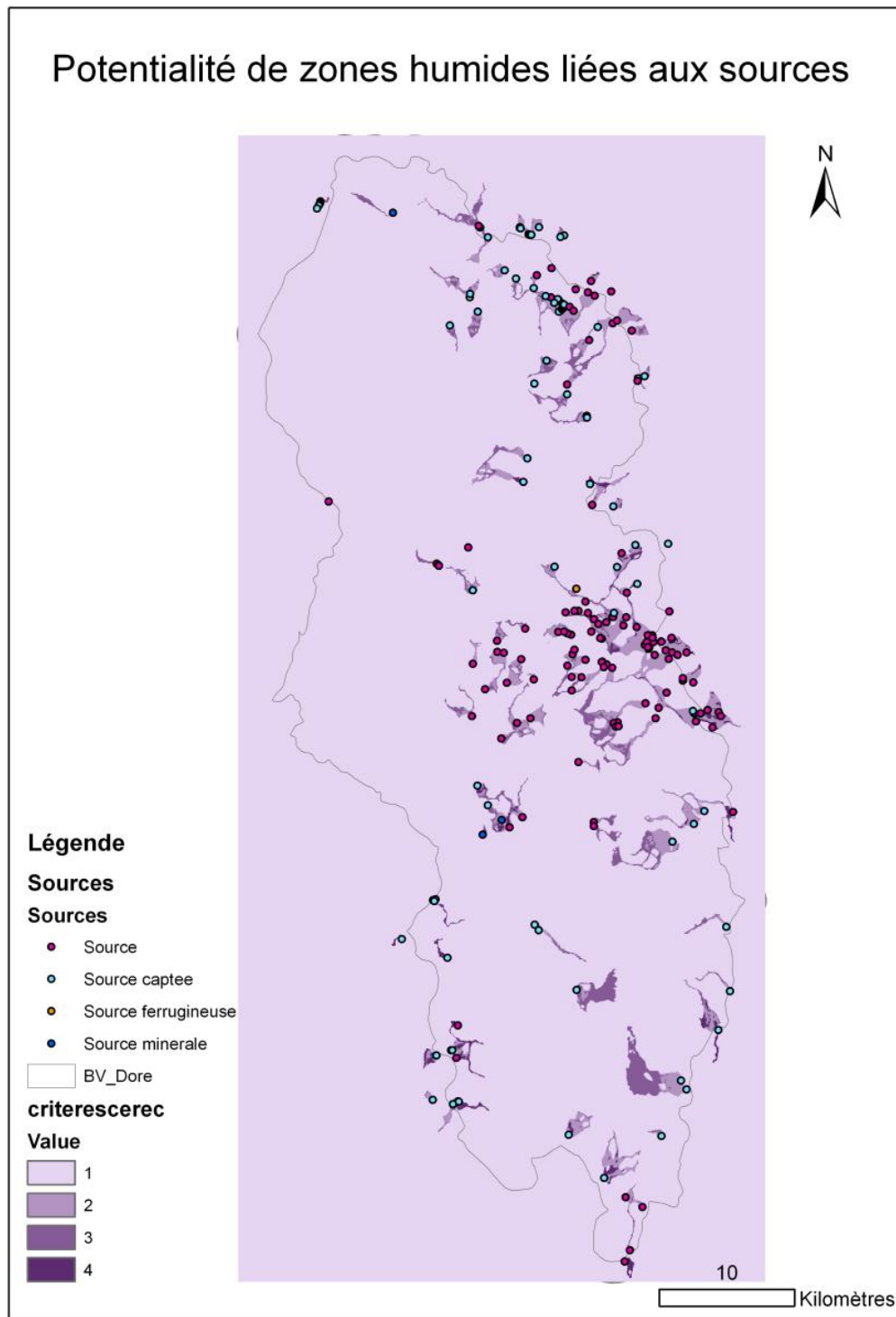


Figure 11 : Cartographie de la potentialité de zones humides liées aux sources

Nous l'avons dit, le principe de la méthode repose sur l'idée que les zones humides résultent de la combinaison de facteurs. Une fois ces facteurs identifiés, ceci justifie techniquement le recours aux méthodes d'Analyse MultiCritère (AMC) et leur capacité à combiner comme leur nom l'indique, plusieurs critères.

La première étape consiste à pondérer les facteurs en jeu. On s'interroge alors sur l'importance de chacun : est-elle identique? Sinon comment se décline t-elle ? Dans notre cas, plusieurs essais de pondération différentes des facteurs ont été réalisés (méthode Saaty) mais ils se sont révélés infructueux d'autant qu'une partie des données en particulier celles ayant trait à la géologie n'était pas suffisamment fiables, homogènes et précises pour ne pas engendrer des biais. Par conséquent, le même poids a été affecté à tous les facteurs.

La seconde étape concerne l'agrégation de tous les critères. À ce titre, le logiciel Idrisi offre un outil intéressant de combinaison à travers le module « Multi-Criteria Evaluation » (MCE). Ce module évalue chaque pixel de la carte et ce pour chacun des facteurs. Il fait ensuite une somme pondérée (tenant compte des poids fixés précédemment) des cartes de chaque facteur avant de « ranger » les pixels du plus au moins favorable à la présence de zones humides potentielles.

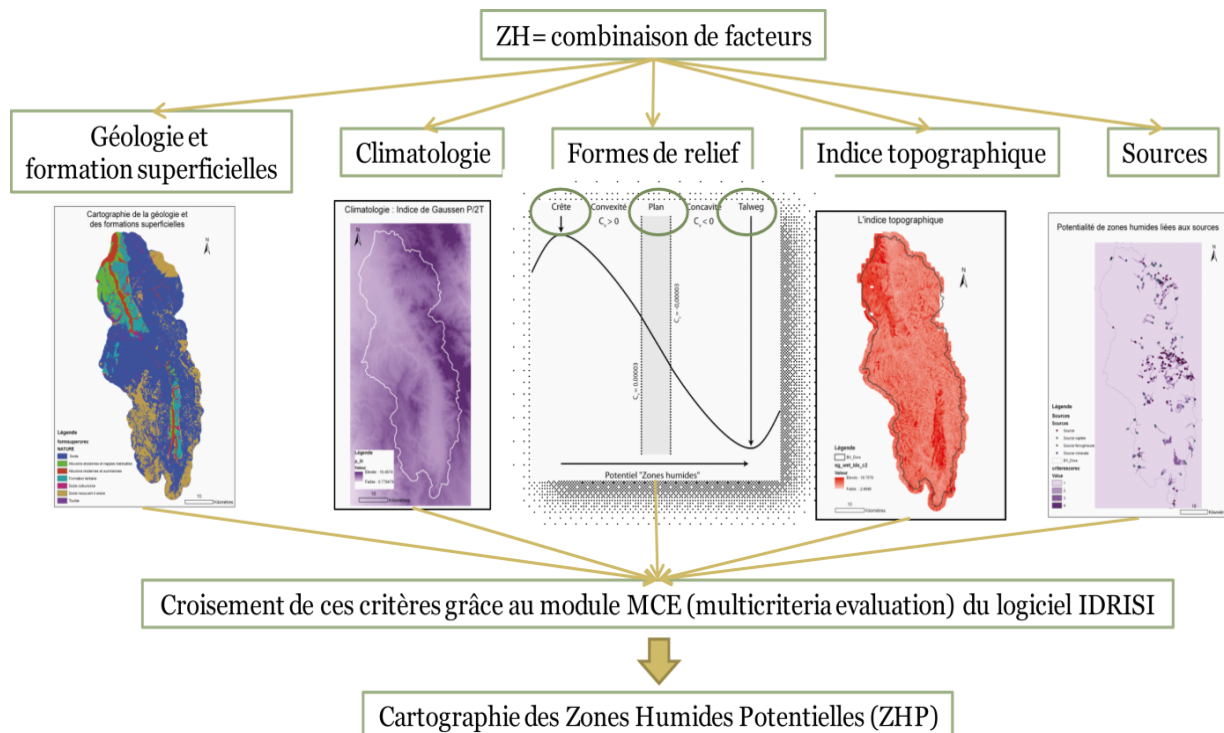


Figure 12 : Schéma récapitulatif de la méthode

4. Résultats

4.1. La carte des zones humides potentielles

La carte produite affiche des valeurs qui s'étendent de 6 à 188. Le seuillage de ces valeurs est une nécessité avant même d'en proposer une lecture. Un seuillage des valeurs de l'histogramme en 3 classes selon les seuils de Jenks (seuils naturels) a été une première base de travail. Nous l'avons affiné par la suite à l'aide des orthophotos. À cette occasion, il est

apparu intéressant de hiérarchiser la légende de façon non linéaire, ainsi passe t-on des zones à très faible probabilité aux zones à forte puis très forte probabilité de présence de zones humides (Figure 13). La confrontation avec les orthophotos a en effet mis en évidence le très faible réalisme de la classe 1 (très faible probabilité) alors qu'elle a souligné le caractère révélateur des deux autres classes (2 : forte et 3 : très forte probabilité) si bien que pour la suite de l'analyse et de l'étude nous nous concentrerons sur ces deux dernières (2 et 3).

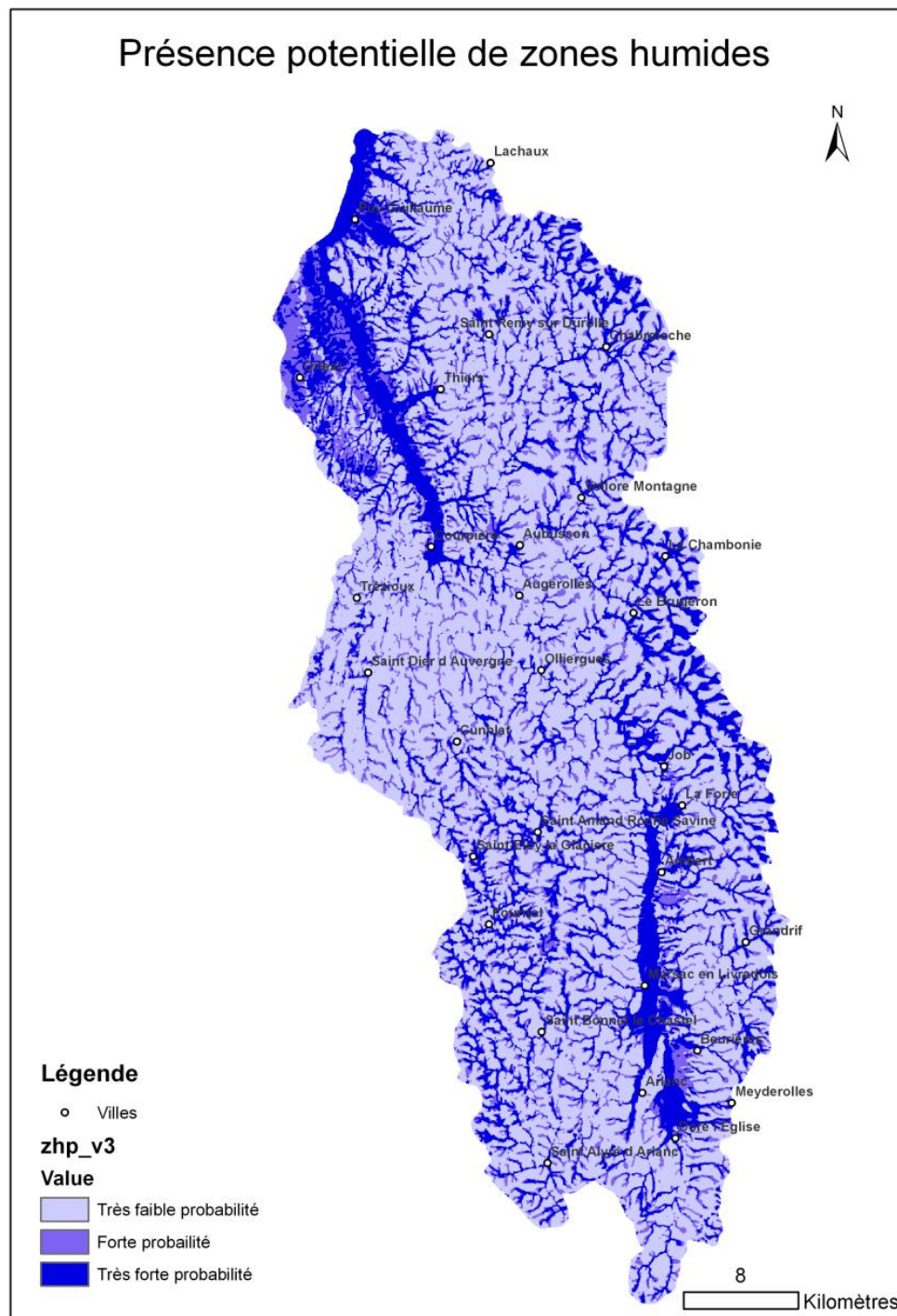


Figure 13 : Cartographie de présence potentielle de zones humides

D'une façon générale et au regard des orthophotos et des sorties de terrain effectuées, les résultats semblent satisfaisants. Sur un territoire réparti en 3 catégories qui occupent respectivement 61.1%, 16.3% et 22.6% du bassin versant (Figure 14), les résultats montrent que les secteurs à très forte probabilité se concentrent dans les plaines et dans une grande partie des talwegs. Ils présentent ensuite un éventail de secteurs de forte probabilité. Parmi eux, on retrouve avec une extension variable des secteurs situés en plaine mais l'on voit également apparaître des secteurs en altitude qui correspondent à des plateaux, des zones de replats (fond d'alvéole par exemple) ou à des versants plus ou moins escarpés.

Probabilité de présence de zones humides	Surface du bassin versant concernée (en %)
Très faible	61.1 %
Forte	16.3 %
Très forte	22.6 %

Figure 14 : Répartition du bassin versant selon la probabilité de présence de zones humides

Malgré une potentialité moindre, la classe 2 est intéressante. D'une part, si elle révèle les zones humides de façon moins systématique que la classe 3, elle permet néanmoins d'en identifier une partie.

D'autre part, elle offre en association avec la classe 3 la possibilité d'identifier dans certains cas des zones humides de transition. La délimitation d'une zone humide est en effet rarement franche. Il y a souvent autour des zones humides, une frange au sein de laquelle le gradient d'humidité diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la zone véritablement humide. Or, cette zone communément appelée « zone de transition » présente des intérêts en termes de biodiversité et de fonctionnalité.

L'analyse révèle aussi un plus grand réalisme des résultats dans les secteurs de moyenne et haute altitude que dans les secteurs de plaine où le facteur anthropique est prépondérant. À titre d'illustration, on peut prendre l'exemple des communes de Beurrière et du Chambon-sur-Dolore.

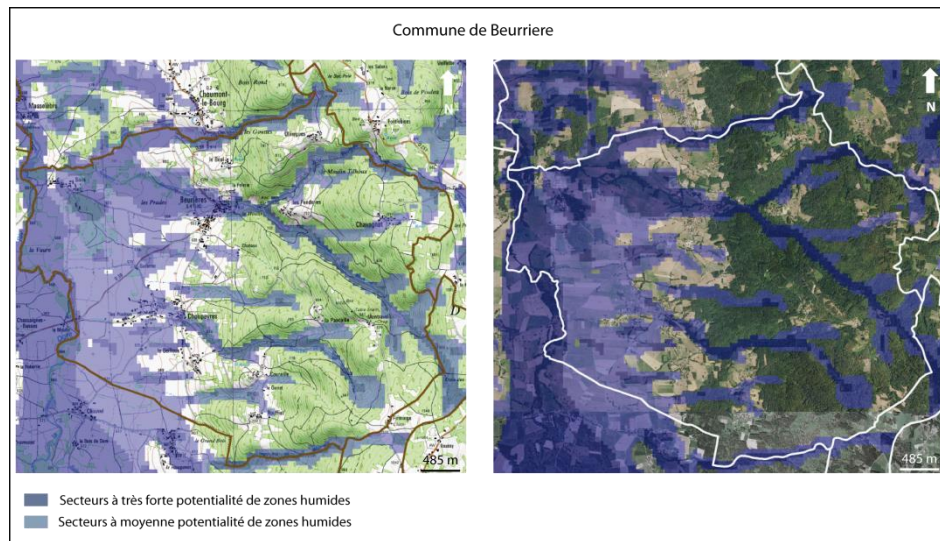


Figure 15 : Les zones humides potentielles : commune de Beurrière

Malgré des surfaces importantes de forte et très forte potentialité de zones humides, l'orthophoto ne les révèle pas.

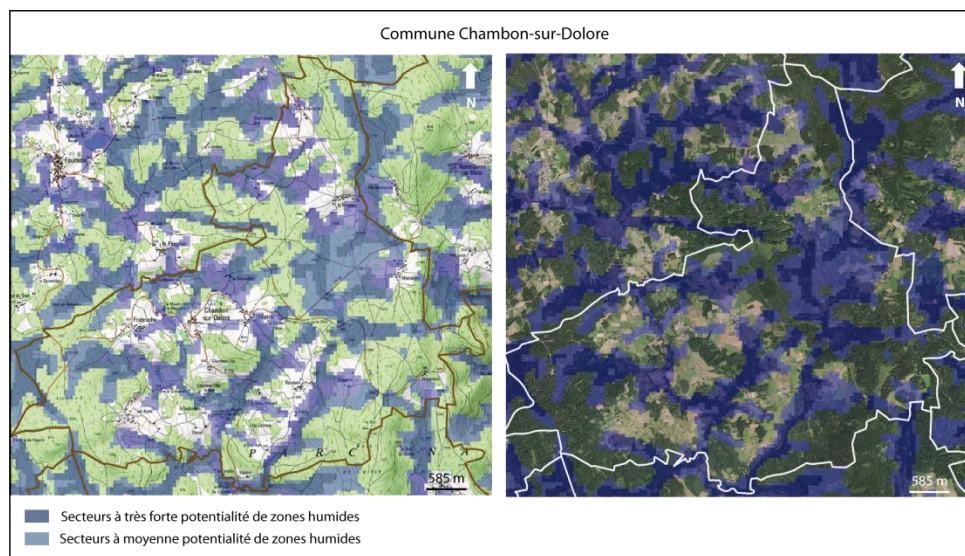


Figure 16 : Les zones humides potentielles : commune du Chambon-sur-Dolore

En revanche, l'orthophoto atteste ici de la présence de zones humides dans les enveloppes de potentialité identifiées.

Les zones humides potentielles localisées, il convient maintenant d'envisager la portée opérationnelle de ces résultats. Pour cela, il faut pouvoir opérer une sélection des zones précédemment identifiées afin d'orienter leur prospection. Plusieurs pistes sont proposées.

5. Des zones humides potentielles à l'inventaire des zones humides

5.1. Densité de zones humides potentielles

Forte de l'analyse qui met en lumière l'intérêt des classes 2 et 3, la première piste consiste à calculer la densité des secteurs de forte (classe 2) et très forte potentialité de zones humides (classe 3). On obtient ainsi une partition du bassin versant selon la densité de forte et très forte potentialité de présence de zones humides (Figure 17). Selon cette logique, les zones les plus denses offrent la plus forte probabilité de trouver des zones humides. Si ce raisonnement est valable pour les secteurs montagnards, il l'est considérablement moins en plaine malgré de fortes densités. En effet, dans les plaines potentiellement très favorables aux zones humides, le facteur anthropique (zones urbanisées, activités agricoles, industrielles) prend le pas sur les facteurs naturels pour expliquer la répartition des zones humides. Il semble donc que la piste offerte par la densité des plus fortes probabilités de présence des zones humides soit principalement exploitable en dehors des secteurs de plaines pour lesquels l'approche doit être nécessairement différente.

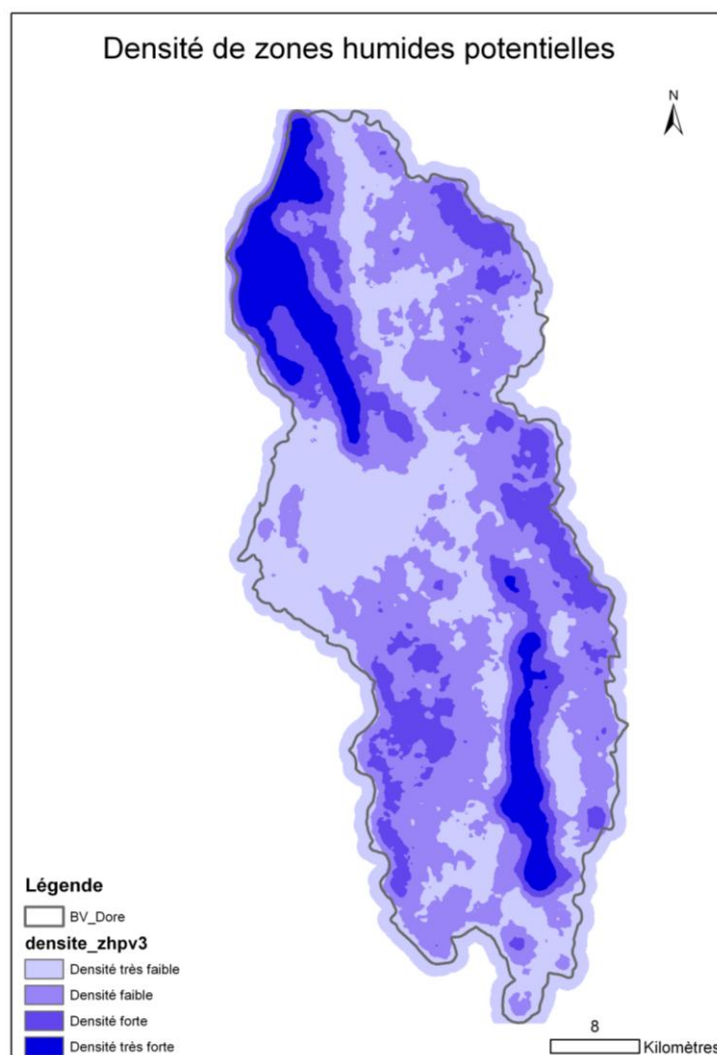


Figure 17 : Cartographie de la densité de zones humides potentielles

Densité de Zones Humides Potentielles (ZHP)	Surface du bassin versant concernée (en %)
Densité très faible	38.7 %
Densité faible	38.2 %
Densité forte	15.2 %
Densité très forte	7.7%

Figure 18 : Répartition des densités de zones humides potentielles au sein du bassin versant

5.2. Croisement avec l'occupation du sol

La seconde piste repose sur le croisement de la carte des zones humides potentielles avec l'occupation du sol. Elle possède un double intérêt.

Premièrement, elle permet d'exclure des secteurs de zones humides potentielles tels que ceux situés en zones urbanisées par exemple. On peut, à titre d'illustration, citer le marais au sud-ouest de Thiers visible sur la carte de Cassini, identifié comme une zone humide potentielle sur notre carte et à la place duquel se trouve aujourd'hui une zone d'activité (Zone artisanale La Varenne/Matussière). Seules de petites zones persistent. Dans les secteurs de plaine, un grand nombre de zones humides potentielles n'existent plus aujourd'hui ou sont considérablement réduites.

Deuxièmement, le croisement avec l'occupation du sol peut orienter la prospection si des classes d'occupation apparaissent révélatrices de zones humides. En outre, il est également possible d'esquisser les enjeux. La réflexion ne sera en effet pas la même selon que l'on se trouve dans des zones de « Cultures et prairies de basse altitude » ou de « Prairies et cultures de moyenne altitude ». La pression agricole, la nature des cultures et les systèmes agraires différents laissent envisager à la fois divers types de zones humides et une plus ou moins grande compatibilité avec les pratiques agricoles.

Dans le cadre de la cartographie du réseau écologique potentiel du Parc Naturel Régional Livradois-Forez, le laboratoire EVS-ISTHME (ex CRENAM) a été amené à produire une occupation du sol précisée et adaptée au territoire du Parc à partir de 3 sources : la base de données Corine Land Cover (CLC), la base de données Park View (PkV) et les données de l'Inventaire Forestier National (IFN) (Mazagol et Etlicher, 2010). C'est donc cette occupation que nous avons utilisée pour l'analyse qui suit (Figure 19).

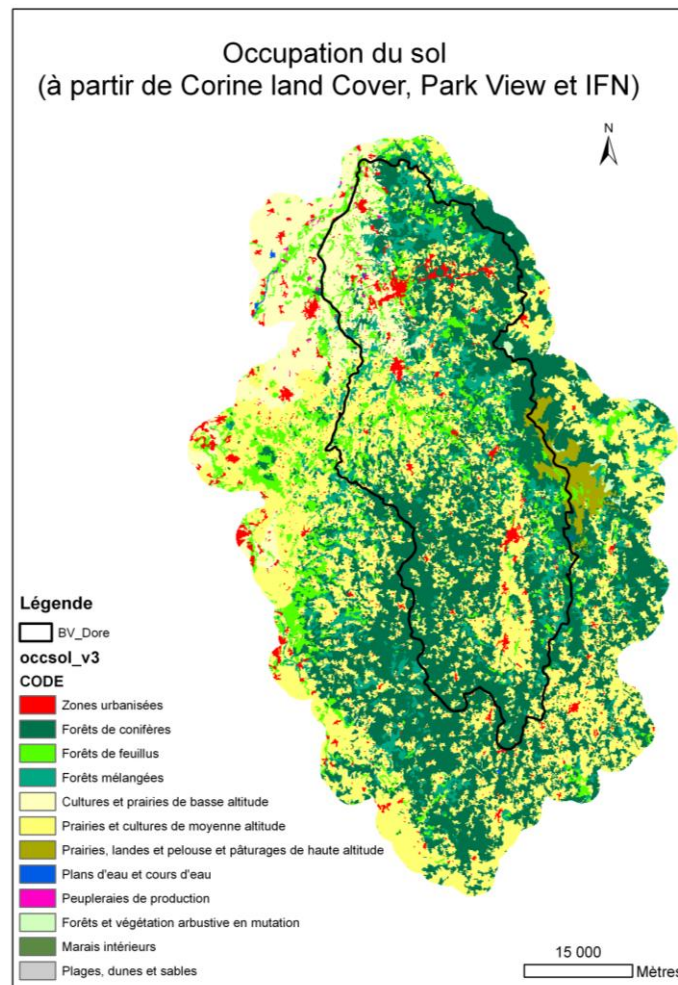


Figure 19: Cartographie de l'occupation du sol

L'analyse simultanée sur l'ensemble du bassin versant des cartes des zones humides potentielles, de l'occupation du sol et des orthophotos s'est portée, uniquement sur les secteurs à très forte probabilité (classe 3). Elle montre que cette classe se répartit principalement entre 5 catégories d'occupation du sol (Figure 20).

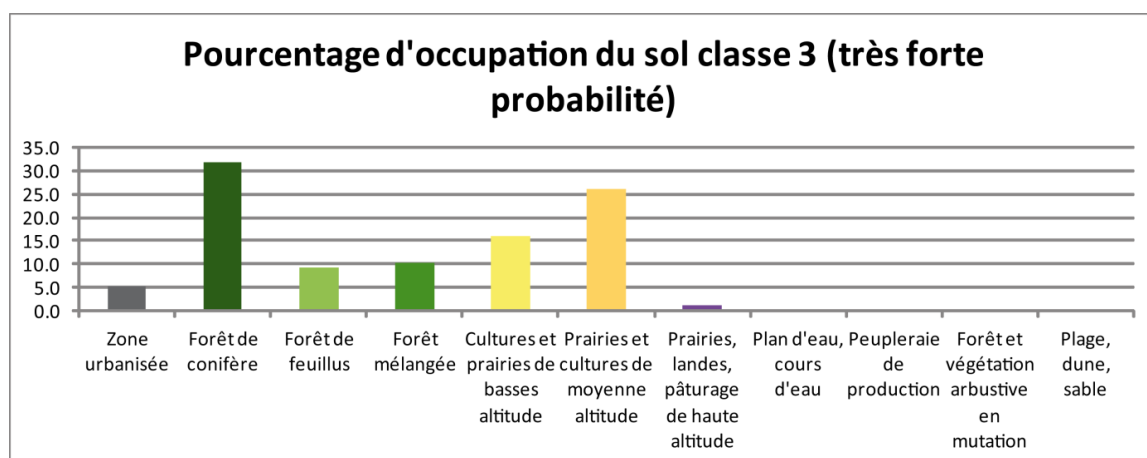


Figure 20 : Répartition de l'occupation du sol pour la classe de très forte probabilité

L'analyse comparée de chaque catégorie fait ressortir des catégories révélatrices de zones humides. C'est le cas des classes intitulées « Forêt de conifères » et « Prairies et cultures de moyenne altitude » (Figure 21).

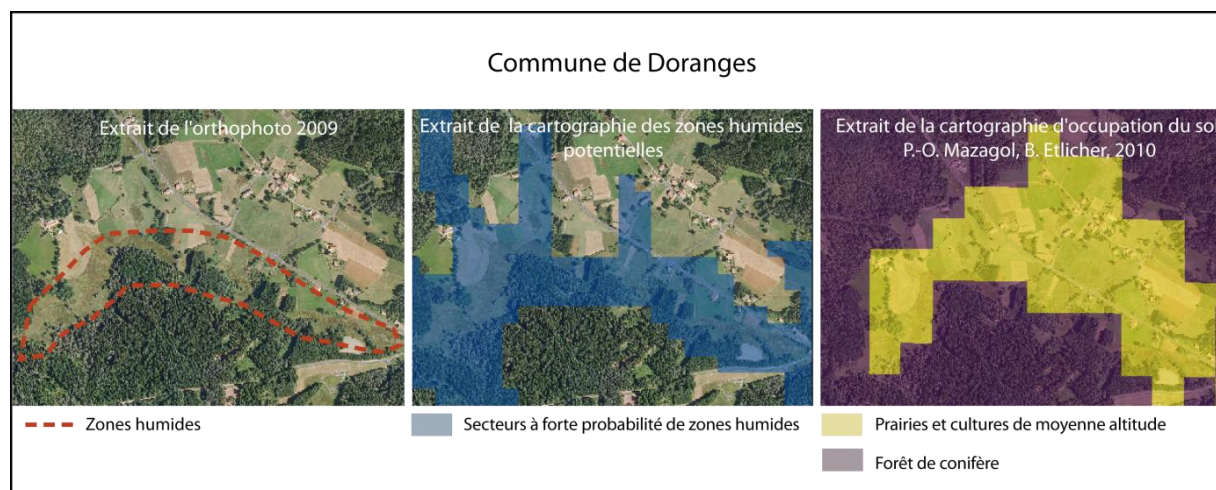


Figure 21 : Comparaison orthophoto/ cartographie des ZHP /occupation du sol : commune de Doranges

En revanche, les secteurs à forte probabilité qui se trouvent dans les catégories « Zone urbanisée », « Forêt de feuillus » et dans une moindre mesure « Forêt mélangée » ne semblent pas très révélateurs. La situation est plus contrastée en ce qui concerne le type « Cultures et prairies de basse altitude ». La situation est plus contrastée en ce qui concerne le type « Cultures et prairies de basse altitude ». Concentré dans la basse vallée de la Dore, de Courpière à Puy-Guillaume, ce type souvent associé ou à proximité immédiate d'espaces urbanisés laisserait supposer une faible présence voire une absence de zones humides ; pourtant dans certains secteurs (Figure 22), il recouvre des zones manifestement humides que seule une prospection pourra confirmer et en évaluer l'intérêt.

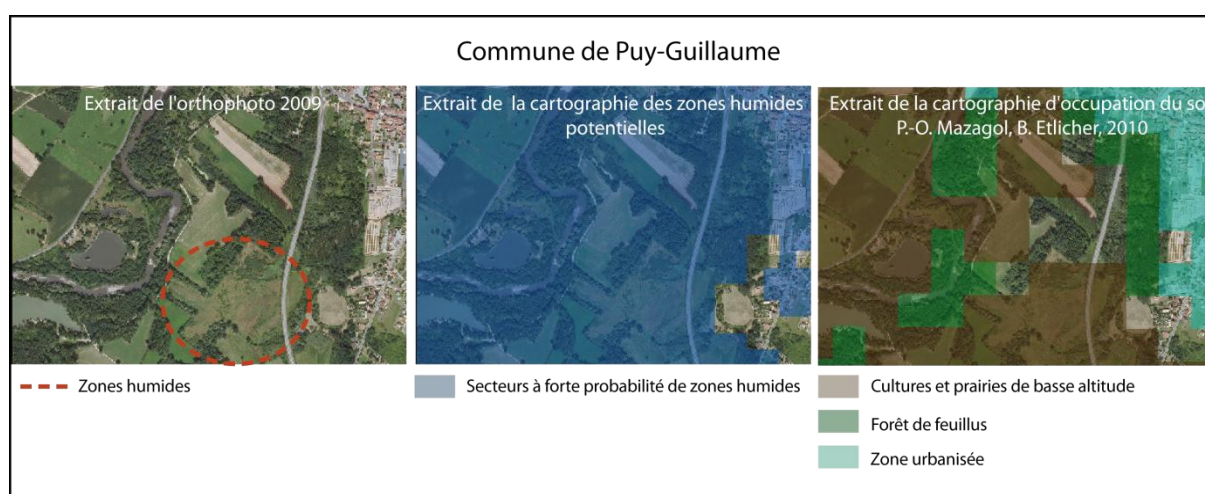


Figure 22 : Comparaison orthophoto/ cartographie des ZHP /occupation du sol : commune de Puy-Guillaume

5.3. Typologie des zones humides potentielles

La troisième piste proposée diffère des deux précédentes en ce sens qu'elle ne vise pas directement la sélection de secteurs potentiellement riches en zones humides potentielles et intéressants à prospecter mais qu'elle s'attache davantage à caractériser les zones humides potentielles identifiées. Elle se situe donc plus à l'aval de la démarche et présente l'intérêt de fournir des éléments qui permettent d'esquisser les différents enjeux liés aux types de zones humides rencontrés. C'est la typologie élaborée par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne dans le cadre du SDAGE ((Agence de l'Eau Loire Bretagne 2010) qui a servi de base, et seuls les types encadrés méritent l'intérêt car présents majoritairement dans le bassin versant (Figure 23).

Typologie des zones humides applicable aux Sdage et Sage				
DOMINANTES		TYPES-MAJEURS	SDAGE	SAGE (SOUS-TYPE)
SALINITÉ	RÉGIME HYDRIQUE			
EAU SALÉE SAUMÂTRE	Eau courante influencée par la marée	Côtières Estuariennes	1 Grands estuaires	Herbiers Récifs
	Eau stagnante		2 Baies et estuaires moyens plats	Vasières Prés-salés
	Pas influencée	Zones humides aménagées saumâtres	3 Marais et lagunes côtiers	Arrières - dunes Lagunes
EAU DOUCE	Eau courante inondée de manière :			
	✓ Permanente ✓ Saisonnière	Fluviales	5 Zones humides des cours d'eau et bordures boisées 6 Plaines humides mixtes liées aux cours d'eau	Ripisylve et fourrés alluviaux Herbacée (prairies inondables), Palustre (roselière, cariçaie) à végétation submergée
	✓ Permanente ✓ Saisonnière		7 Zones humides de montagnes, collines et plateaux	Marais d'altitude (source, combe à neige) Tourbières Zones humides de bas-fond en tête de bassin Zones humides boisées
EAU DOUCE	Eau stagnante :			
	✓ Temporaire ✓ Saisonnière ✓ Permanente	Lacustres (lac, étang)	8 Régions d'étangs 9 Bordures de lacs	Herbacée (roselières, prairies inondables) Palustres (roselières, cariçaies) Végétation submergée
	✓ Temporaire ✓ Saisonnière ✓ Permanente	Marais, marécages	10 Marais et landes humides de plaine	Landes humides Prairies tourbeuses
	✓ Permanente ✓ Saisonnière	Zones humides ponctuelles	11 (Zones humides liées à un plan d'eau ponctuel)	Petits lacs, mares, ...
	✓ Temporaire ✓ Saisonnière		12 (Prés-salés continentaux)	Prés-salés continentaux
	✓ Permanente ✓ Temporaire	Zones humides aménagées en eau douce	13 Marais agricoles aménagés 14 Zones humides aménagées diverses	Rizières, Prairies amendées, Peupleraies Réservoirs - barrages Carrières en eau Lagunages
		7 types majeurs	13 types / SDAGE	28 types / SAGE

Figure 23 : Typologie des zones humides dressée par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne

Cinq paramètres sont déterminants et susceptibles de caractériser les zones humides potentielles.

- l'altitude est le premier paramètre considéré en raison de son rôle sur les facteurs climatiques, l'étagement des formations superficielles et de la géologie et enfin sur la géomorphologie (cf 1. Terrain d'étude et 3.2.2.). Trois tranches altitudinales ont été définies sur le terrain d'étude, l'une inférieure à 600 m qui individualise les secteurs de plaine, une autre comprise entre 600 et 900 m qui comprend l'ensemble des versants et une dernière supérieure à 900 m qui caractérise les parties sommitales, dont les surfaces d'érosion.

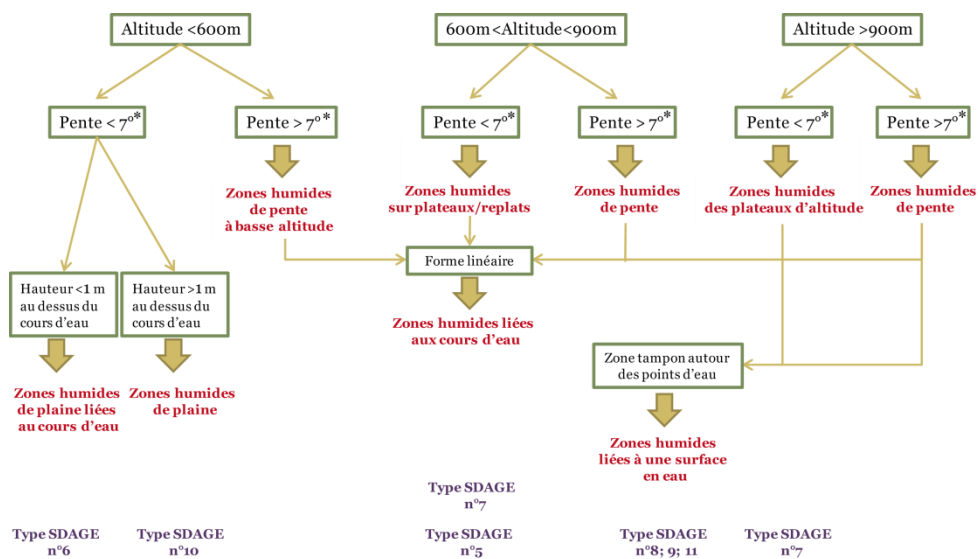
- la pente est le second paramètre. Le seuil de 7° soit 12.3% ayant été retenu pour distinguer les zones dites de pentes par rapport aux autres surfaces.

- la forme de la zone humide potentielle. Deux cas de figures soit elle est linéaire et se prolonge le long du talweg ce qui traduit une zone humide clairement liée au cours d'eau, soit elle s'apparente davantage à une surface plus ou moins étendue et correspond aux zones humides en tête de bassin versant, de plateaux, de fonds d'alvéoles etc. ...

- la proximité d'une surface en eau définie grâce à une zone tampon de 100 m pour distinguer les zones humides de bordure de lacs, régions d'étangs ou encore celles liées aux mares et autres plans d'eau ponctuels.

- enfin et uniquement pour les secteurs de plaine, la hauteur par rapport au cours d'eau principal a été calculée afin de distinguer les zones humides de plaine liées aux cours d'eau des autres.

L'arbre décisionnel ci-dessous (Figure 24) présente l'intégration des paramètres précédents, leur combinaison, l'interprétation que nous en avons faite ainsi que la correspondance avec les types identifiés dans le SDAGE. La cartographie qui en résulte montre la répartition des différents types de zones humides potentielles et caractérise les secteurs du bassin versant (Figure 25). Elle apporte tout à la fois des éléments de réflexion sur les enjeux en termes de biodiversité, de fonctionnalité, de compatibilité avec les activités humaines et des indications sur la nature des zones humides qui peuvent appuyer la prospection de terrain.



* Une pente de 7° est équivalente à une pente de 12.3%

Figure 24 : Schéma méthodologique de la typologie des zones humides potentielles

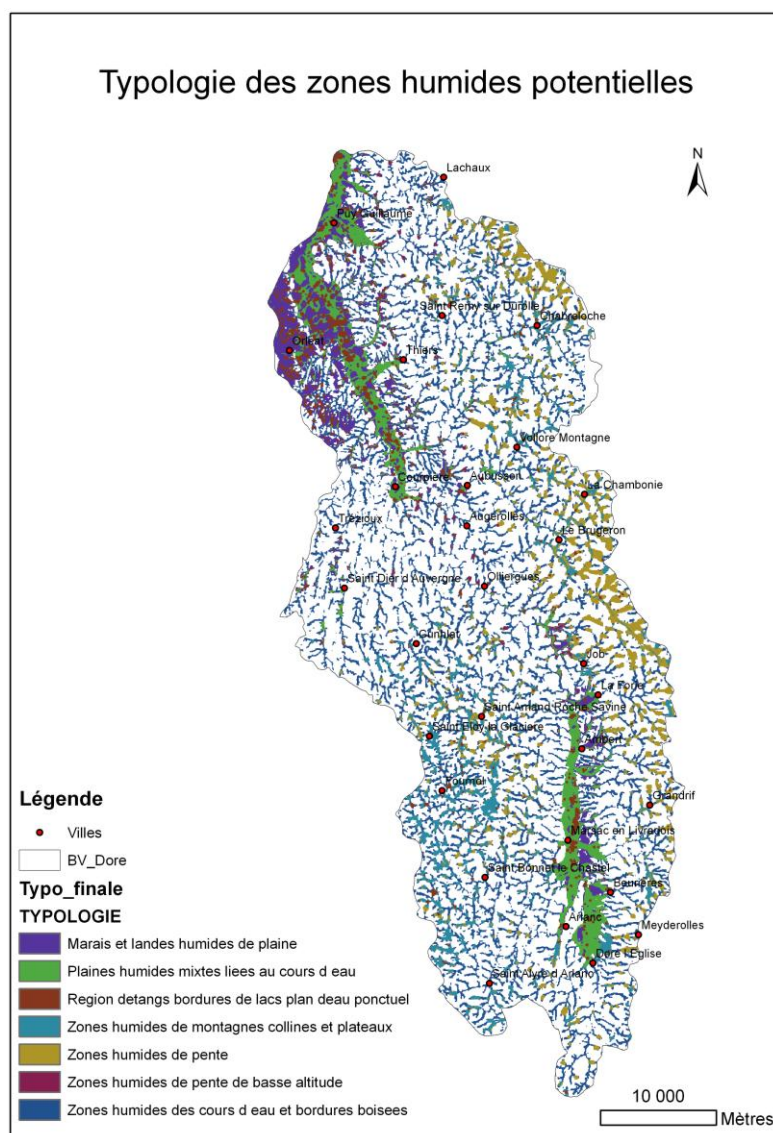


Figure 25 : Cartographie des types de zones humides potentielles du bassin versant

Zones humides sur plateaux / replats



Replat d'alvéole vers Saint-Amand-Roche-Savigne

Zones humides des plateaux d'altitude



Gourgon

Zones humides de plaine



Entre Arlanc et Vivie

Zones humides de pente



En direction de Saint-Bonnet-le-Chatel

Zones humides liées à une surface en eau

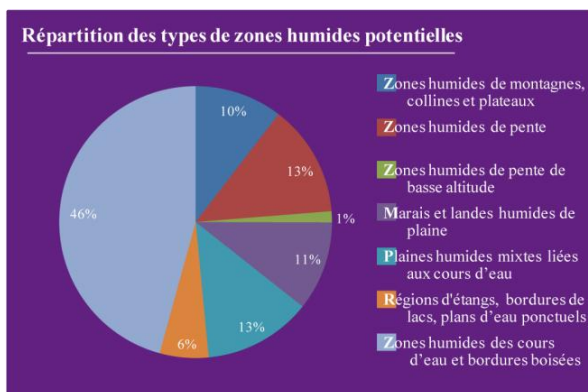


Etang de Marchaud

Zones humides de plaine liées aux cours d'eau



Confluence Dore / Allier



Zones humides liées aux cours d'eau



Figure 26 : Illustrations des différents types de zones humides

Conclusion et recommandations

En conclusion de cette étude, il convient d'insister dans un premier temps sur la nécessité de considérer ce travail pour ce qu'il est, c'est-à-dire **une cartographie des zones humides potentielles et en aucun cas la cartographie des zones humides du bassin versant de la Dore**. De plus, il s'agit d'une cartographie des zones humides potentielles construite à partir d'un MNT ré-échantillonné à 50 m pour pallier les problèmes de la donnée source, d'une cartographie pour laquelle les données pédologiques faute de disponibilité n'ont pu être intégrées, et enfin d'une cartographie dont les données géologiques sont relativement hétérogènes. Elle impose donc des réserves qu'il est important de garder à l'esprit quant à son utilisation.

Il faut dans un second temps et malgré tout souligner des résultats satisfaisants confortés par les observations lors des sorties de terrain et la comparaison avec les orthophotos. Leur analyse a montré qu'au dessus d'un certain seuil (fixé par la classe 1), ils sont révélateurs de zones humides. En outre s'il existe une différence de potentialité entre les classes 2 et 3 (forte et très forte), leur association s'avère intéressante pour identifier les zones humides de transition.

Enfin, l'éclairage des résultats au prisme de l'opérationnalité apporte des éléments de réflexion en proposant des pistes pour orienter la prospection tout en esquisant un premier profil des zones humides du bassin versant de la Dore. Néanmoins, les décisions et les orientations définitives relèvent de la gestion de la ressource en eau et ne peuvent et ne doivent être prises que par l'ensemble des acteurs concernés.

Bibliographie

Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2010- Guide d'inventaire des zones humides. Dans le cadre de l'élaboration ou de la révision des Sage, 56 p.

Baulig H. (1928) - *Le plateau central de la France et sa bordure méditerranéenne*. Editions Armand Colin, Paris, 592 p.

Beven K. J., Kirkby M. J., 1979- A physically based variable contributing area model of basin hydrology, *Hydrological sciences bulletin*, 29, 43-69 p.

Cubizolle H., Etlicher B., Porteret J- Modélisation de la répartition géographique des tourbières à partir des données géologiques, topographiques et géomorphologiques : application au Massif Central oriental (France), *à paraître*.

Cubizolle H., 1997- *La Dore et sa vallée. Approche géohistorique des relations Homme/milieu fluvial*. Publications de l'Université de Saint-Etienne, Thèse pour le Doctorat de Géographie, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 1994 : 389 p.

Etlicher B., Bessenay C., 1996- Intégration des choix techniques et décisions politiques dans un projet de SIG environnemental: le SIG des Hautes Chaumes du Forez, *Revue de Géographie de Lyon*, 71, 111-120 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*. Études foréziennes 687 p.

Etlicher B. 1983 - Structure du socle et morphogénèse dans les Monts du Forez. *Rev. de géol. dyn. et géogr. phys.* 24,1, 75-85 p.

Klein C. 1990- *L'évolution géomorphologique de l'Europe hercynienne occidentale et centrale*. Mémoires et Documents, CNRS, Paris, 2 vol., 177 p.

Le Griel A. 1991- *L'évolution géomorphologique du Massif Central français. Essai sur la genèse d'un relief*. Thèse d'Etat, Université de Lyon 2, 3 vol., 768 p.

Mandier P. 1989- *Le relief de la moyenne vallée du Rhône au Tertiaire et au Quaternaire* . Document du BRGM, Orléans 151, 3t, 654 p.

Mazagol P.-O., Etlicher B. 2010- Étude des réseaux écologiques du Parc Naturel Livradois-Forez, Rapport final.

Mazagol P.-O., Martin R., Porteret J., Thyriot C. et Etlicher B. 2008- Pré-détermination de zones humides sur le bassin Loire-Bretagne . Conférences francophones ESRI - SIG 2008, 1er et 2 octobre 2008, Palais des Congrès, Versailles.

Pierre G. 1990- Générations d'altérites dans le Massif Central Français : implications géomorphologiques. *Physio-geo*, Paris, 20, 31-49.

Porteret J., 2008 - *Fonctionnement hydrologique des têtes de bassin versant tourbeuses du Nord-Est du Massif Central*. Thèse de doctorat Interface Nature / Société, Université Jean Monnet, Saint-Étienne, 414 p. (<http://dossier.univ-st-etienne.fr/portjero/www/publi.html>)

Tricart J. 1981- Précis de géomorphologie. 3 Géomorphologie climatique. Société d'édition de l'enseignement supérieur. Paris, 313 p.

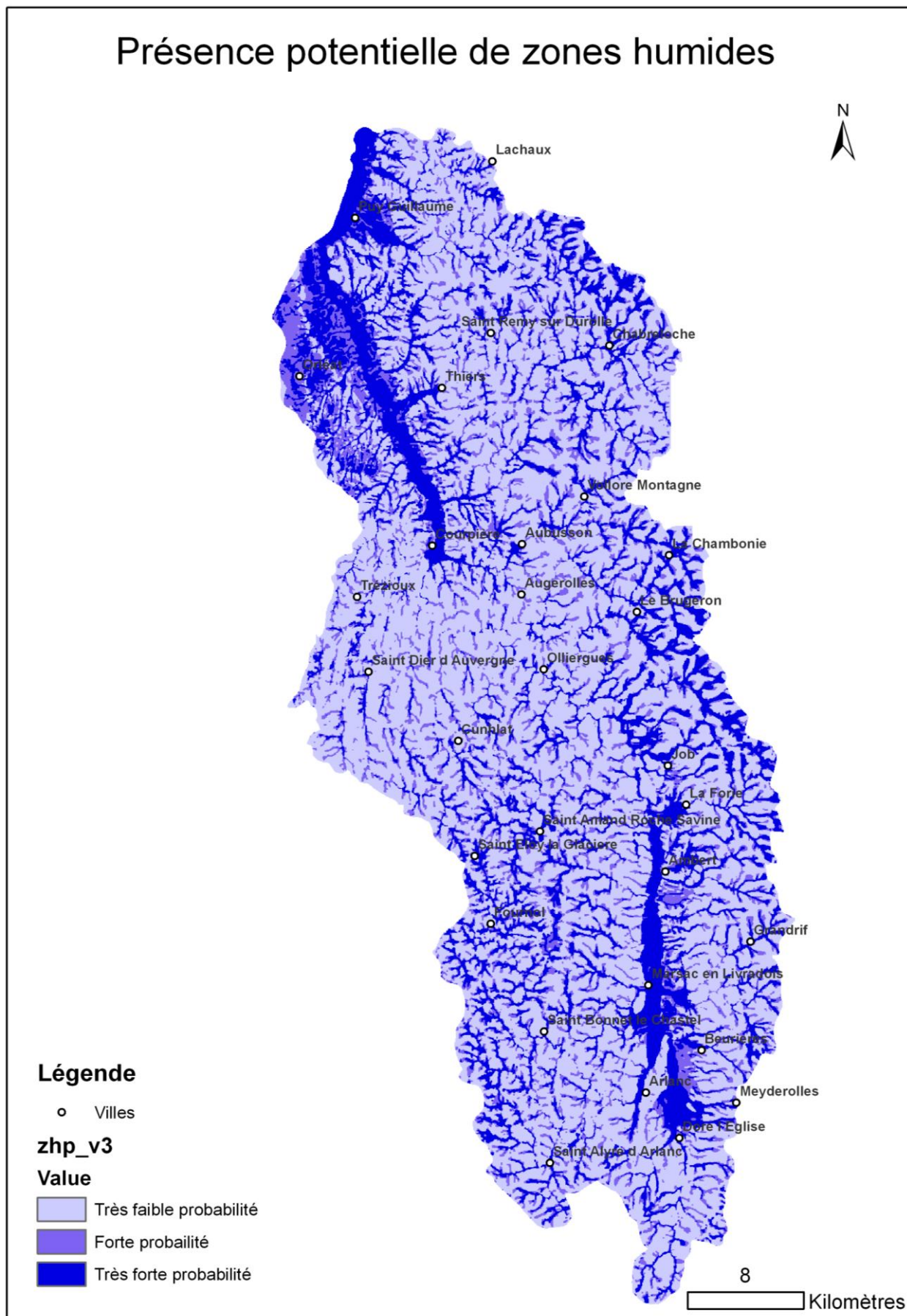
Wood J., 1996- The geomorphological characterisation of Digital Elevation Models, PhD Thesis, University of Leicester, 185 p.

Table des figures

Figure 1 : Les imperfections du MNT-CRAIG et son lissage.....	6
Figure 2 : Tableau des stations Météo France utilisées.....	7
Figure 3 : Les imperfections de la BD-TOPO relatives aux surfaces en eau	8
Figure 4 : Les 3 types de formes du relief extraites	9
Figure 5 : Cartographie de l'indice topographique	10
Figure 6 : Hiérarchisation des substrats et des formations superficielles.....	11
Figure 7 : Cartographie des surfaces d'érosion.....	13
Figure 8 : Cartographie de la géologie et des formations superficielles intégrant les surfaces d'érosion.....	14
Figure 9 : Cartographie de l'indice de Gaussen	15
Figure 10 : Schéma explicatif de la prise en compte des sources	16
Figure 11 : Cartographie de la potentialité de zones humides liées aux sources	17
Figure 12 : Schéma récapitulatif de la méthode	18
Figure 13 : Cartographie de présence potentielle de zones humides.....	19
Figure 14 : Répartition du bassin versant selon la probabilité de présence de zones humides	20
Figure 15 : Les zones humides potentielles : commune de Beurrière.....	21
Figure 16 : Les zones humides potentielles : commune du Chambon-sur-Dolore.....	21
Figure 17 : Cartographie de la densité de zones humides potentielles.....	22
Figure 18 : Répartition des densités de zones humides potentielles au sein du bassin versant	23
Figure 19: Cartographie de l'occupation du sol	24
Figure 20 : Répartition de l'occupation du sol pour la classe de très forte probabilité	24
Figure 21 : Comparaison orthophoto/ cartographie des ZHP /occupation du sol : commune de Doranges.....	25
Figure 22 : Comparaison orthophoto/ cartographie des ZHP /occupation du sol : commune de Puy-Guillaume.....	25
Figure 23 : Typologie des zones humides dressée par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne	26
Figure 24 : Schéma méthodologique de la typologie des zones humides potentielles.	28
Figure 25 : Cartographie des types de zones humides potentielles du bassin versant .	28
Figure 26 : Illustrations des différents types de zones humides.....	29

Annexes :

- Cartographie de la présence de zones humides potentielles
- Cartographie de l'occupation du sol
- Cartographie de la typologie des zones humides potentielles



Occupation du sol (à partir de Corine land Cover, Park View et IFN)

