



**Étude de prélocalisation des zones
humides sur le territoire du SAGE
Nappe de Beauce et de ses milieux
aquatiques associés**

**PHASE 1 : prélocalisation des enveloppes de
fortes probabilités de présence de zones
humides**

Bureaux d'études

TTI Production
136, rue Guy Arnaud
F30900 Nîmes
Tél . +33(0) 466 212 025



ACER Campestre
1 cours de la République
F69100 Villeurbanne
Tél . +33(0) 478 032 920



SOMMAIRE

I) RESUME 6

II) SYNTHÈSE DES DONNÉES EXISTANTES 8

1) Méthode d'analyse	8
A) Le géoréférencement.....	8
B) Traitement des données.....	8
2) Les données exogènes de délimitation à l'aide de critères de végétation	9
A) La prélocalisation des zones humides de l'Agence de l'Eau Seine Normandie	9
B) La Cartographie d'inventaire des zones humides du Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Région Centre (CPNRC)	11
C) Les données ZNIEFF, NATURA 2000,	11
D) La base de données des zones humides DDT 45	13
3) Les données exogènes relatives à l'eau	13
A) Les données des inventaires des mares et plans d'eau d'Eure-et-Loir et du Loiret	13
B) Les données de la BD TOPO de l'IGN	14
a) Les plans d'eau.....	15
b) Les cours d'eau	15
C) Les données de la BD Carthage.....	16
4) Les données exogènes définies sur le critère pédologique	16
A) Inventaire des étangs de CASSINI.....	16
B) Autres données.....	18
5) Les données issues de traitements de données	18
A) L'indice IBK	19
a) Le Modèle numérique de terrain (MNT).....	19
b) Notion d'indice Beven-Kirkby.....	20
c) Exploitation de l'IBK	21
B) Création d'une enveloppe d'alerte autour du réseau hydrographique linéaire et surfacique	22
a) Préparation et mise à jour de la couche hydrographique	22
b) Mise à jour de la BD ORTHO et de la BD Carthage.....	25
c) Transformation du linéaire en polygonal.....	28
d) Secteurs de présence potentielle de zones humides autour du réseau hydrographique linéaire	29

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

6) Les données des autres études	31
A) Les données du SAGE Loir.....	31
B) Les données de la DREAL Ile de France	33
a) Origine	33
b) Description	33
C) Typologie	34
d) Réorganisation des couches en vue d'homogénéisation avec l'étude SAGE Nappe de Beauce	35
C) Préparation des inventaires et photo-interprétations mis à disposition pour intégration.	41
Intégration des inventaires du CPNRC	42
7) Campagne de validation terrain	44
A) Réalisation de la campagne de terrain	44
a) Travail préparatoire.....	44
b) Résultats de la campagne de terrain	45
c) Conclusion sur les résultats de l'enquête de terrain	47

III) TELEDETECTION - IMAGERIE 48

1) Données satellitales à disposition	48
A) Notions de base de télédétection optique-infrarouge.....	48
a) Le spectre de la lumière	48
b) Propriétés optiques des végétaux, de l'eau et du sol	48
c) Choix du type d'image satellitale en fonction de la thématique analysée.	50
B) Les données AVNIR (satellite ALOS)	51
C) Les prétraitements	53
a) Géoréférencement et orthorectification.....	53
b) Les compositions colorées.....	54
D) Données aériennes : BD ORTHO	54

IV) PHOTO-INTERPRETATION 56

1) Échelles de travail	56
2) Typologie de photo-interprétation	56
3) Méthodologie de photo-interprétation	63
A) Rappel des zones de travail	63
B) Méthodologie.....	64
C) Limites de la photo-interprétation	65
4) Résultats de la photo-interprétation	66

IV) ASSEMBLAGE DES COUCHES D'INFORMATIONS..... 69

1) Méthodologie générale	69
2) Assemblage des couches "eau" et du "buffer eau" avec l'IBK	71
3) Intégration des éléments de Cassini	74
4) Homogénéisation des couches d'interprétation et de produits calculés	75
a) Regroupement des études Loir et Ile de France	75
b) Regroupement des zones interprétées avec les enveloppes théoriques	75
c) Bilan	79

BIBLIOGRAPHIE 81

ANNEXE 1 : PREPARATION ET STRUCTURATION DES COUCHES VECTORIELLES..... 83

ANNEXE 2 : ANALYSE DU SPECTRE DE LA LUMIERE 86

ANNEXE 3 : DESCRIPTION DES FACTEURS DE CARACTERISATION OU PERTURBATEURS DE LA REPONSE RADIOMETRIQUE 88

ANNEXE 4 : REPARTITION PAR TYPOLOGIE DES RESULTATS DE PHOTO-INTERPRETATION INCLUANT LA PARTIE COMMUNE AU SAGE LOIR..... 90

Préambule

Les zones humides ont un rôle important dans la préservation de la ressource en eau. Elles constituent un patrimoine naturel caractérisé par une grande diversité biologique qui contribue à une gestion équilibrée de la ressource en eau. De par leurs fonctions, elles participent à l'atteinte du bon état des masses d'eau. Cependant, mal connues, mal identifiées, elles sont fortement menacées. Leur superficie et leur qualité ont fortement diminué durant les 30 dernières années. Elles nécessitent à ce titre la mise en place d'une politique de protection et de restauration ambitieuse.

La définition d'une zone humide figure dans l'article L 211-1 du code de l'environnement : « on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».

La Loi Développement des Territoires Ruraux du 23 février 2005 (loi DTR), par son décret d'application n°2007-135 du 30 janvier 2007, précise la définition des zones humides énoncée dans la loi sur l'eau de 1992, en indiquant que les critères à retenir sont relatifs à la morphologie des sols liée à la présence prolongée d'eau d'origine naturelle et à la présence éventuelle de plantes hydrophiles et que l'un des deux critères suffit à définir une zone humide. Elle inscrit juridiquement l'intérêt des zones humides en indiquant que leur préservation et leur gestion durable sont d'intérêt général (article L211-1 du CE).

L'arrêté du 24 juin 2008 précise les critères de définition et de délimitation des zones humides. La circulaire DEV O 0813949C du 25 juin 2008 expose les conditions de mise en œuvre des dispositions de cet arrêté.

Le Grenelle de l'environnement renforce l'importance de la préservation des zones humides en tant qu'élément favorisant les continuités écologiques. Les zones humides ayant un rôle pour l'atteinte du bon état sont en effet inscrites dans la trame bleue. Le Grenelle prévoit notamment une préservation sous forme d'acquisition foncière des zones humides les plus remarquables.

I) Résumé

La présente étude s'inscrit dans une démarche qui vise une pré-localisation des zones humides sur le territoire du SAGE Nappe de Beauce pour la définition d'orientations de gestion et de préservation de ces milieux dans le cadre du SAGE. Elle vise à disposer d'une connaissance homogène des zones humides probables en identifiant les enveloppes de forte probabilité de présence de ces zones humides, sur la base de méthodes de photo-interprétation. Elle a également pour objectif la mise en place d'une méthode de hiérarchisation de ces enveloppes afin de prioriser les inventaires terrain à réaliser (phase 2).

Dans une première partie, l'ensemble des données existantes susceptibles de contenir des informations sur les zones humides sera analysé et évalué par rapport à leur potentiel à caractériser des zones humides. Dans un second temps, une série de produits mathématiques seront réalisés à partir du MNT (modèle numérique de terrain) et du réseau hydrographique mis à jour pour déterminer des enveloppes théoriques de présence de zones humides. Enfin, l'identification des sols potentiellement hydromorphes à partir des images satellitales ainsi que des orthophotos complètera la base de données avant la fusion et la structuration de celle-ci.

L'étude sur le SAGE de la Nappe de Beauce se décompose en plusieurs secteurs géographiques qui correspondent à des territoires où des études ont déjà été réalisées et d'autres où le travail reste à compléter ou à réaliser. Ainsi, sont exclues de cette phase de l'étude :

- la partie commune avec le territoire du SAGE Loir où une étude similaire avec la même méthodologie a déjà été réalisée ; Les deux SAGES ayant une partie commune, l'étude du SAGE loir devra partiellement être intégrée.
- la partie couverte par la région Ile de France où une identification d'enveloppes d'alertes de présence de zones humides a été menée par la DRIEE-IF. Le SAGE Nappe de Beauce ayant une partie commune avec la Région Ile de France, cette partie devra partiellement être intégrée.

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

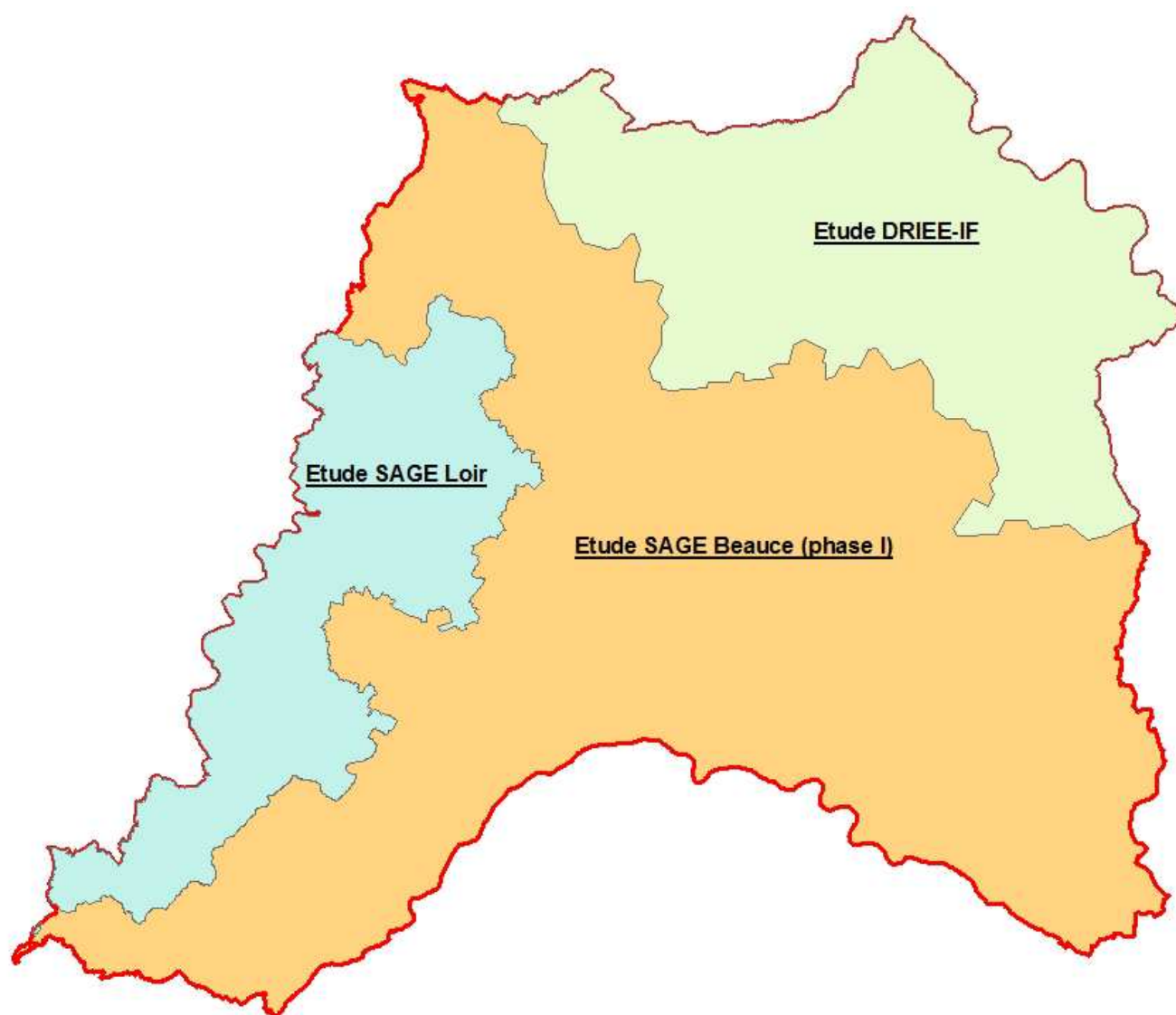


fig. 1) Répartition des différents secteurs de l'étude

II) Synthèse des données existantes

Toutes les données exogènes recueillies ont fait l'objet d'une analyse afin d'extraire les informations les plus pertinentes concernant les critères relatifs aux zones humides.

L'analyse de la pertinence du résultat de cette analyse a été effectuée sur l'ensemble du territoire du SAGE. Ces données ont ensuite été compilées sous Système d'Information Géographique (SIG).

1) Méthode d'analyse

A) Le géoréférencement

Toutes les données fournies ont été transformées et géoréférencées sous un format récupérable sous Système d'Information Géographique, en majorité sous forme de vecteur¹. Pour l'analyse et la délimitation des enveloppes de zones humides probables, toutes les données ont été intégrées et traitées sous S.I.G. Elles ont été contrôlées par rapport à leur géoréférencement. L'analyse a montré qu'elles n'étaient pas toutes géoréférencées de la même manière. Ces données ont donc été homogénéisées afin qu'elles soient toutes dans le même système de géoréférencement à savoir la projection Lambert II étendue — NTF. Ce travail a été réalisé avec le logiciel TNT Mips de MicroImages qui constitue un outil idéal pour produire et contrôler différentes couches vectorielles.

B) Traitement des données

Chaque donnée est renseignée par le biais d'une ou plusieurs tables attributaires. Différents tests ont été effectués à partir de critères issus des données descriptives et à partir de requêtes spatiales afin d'analyser la pertinence de chaque donnée.

¹ Vecteur : Couche d'information numérique constituée de lignes décrites par des points successifs qui forment la représentation cartographique d'une information.

Les données exogènes analysées sont de quatre types :

- Données exogènes définies par des critères de végétation
- Données exogènes relatives à l'eau
- Données exogènes définies par d'autres critères par exemple les données historiques sur les plans d'eau extraits des cartes de Cassini
- Données issues de traitement d'autres données par exemple les données « IBK² » extraites du MNT (Modèle Numérique de terrain) ou les données relatives au réseau hydrographique.

2) Les données exogènes de délimitation à l'aide de critères de végétation

Ces données sont généralement issues de photo-interprétation, mais quelques-unes ont un certain nombre de parcelles vérifiées par une mission terrain. Quoi qu'il en soit, la photo-interprétation, comme il sera expliqué dans le chapitre IV, expliquant la méthodologie de réalisation d'une photo-interprétation, n'est pas un inventaire et peut ne pas être confirmée par une observation réelle sur le terrain.

NOTE : le terme « inventaire » utilisé dans la description des couches suivante pourrait paraître inapproprié puisque la plupart d'entre eux ont été réalisés par photo-interprétation. Mais il permet de différencier plus facilement le travail réalisé dans cette étude des couches d'informations mises à disposition de l'étude.

A) La prélocalisation des zones humides de l'Agence de l'Eau Seine Normandie

Cette étude cartographique des zones à dominante humide a été finalisée en 2006 et avait comme objectif de dépeindre une situation générale de référence quant aux zones à dominante humide existantes afin de servir d'appui à des travaux de terrain plus détaillé et de « situation zéro » pour des études ultérieures sur l'évolution des zones humides du bassin.

Ces données sont issues d'une étude réalisée à l'échelle du 1/50 000 à partir d'une photo-interprétation d'orthophotoplans en combinaison avec de l'imagerie satellitale Landsat. La typologie est à 2 niveaux : 7 types et 15 sous-types. À cela s'ajoute un indice de confiance de 1 à 5.

² IBK : Indice Beven-Kirkby est une cartographie représentant le résultat d'un calcul mathématique de la capacité d'une zone à accumuler de l'eau. Cette représentation permet d'estimer la probabilité de présence de zones humides dans ces zones.

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

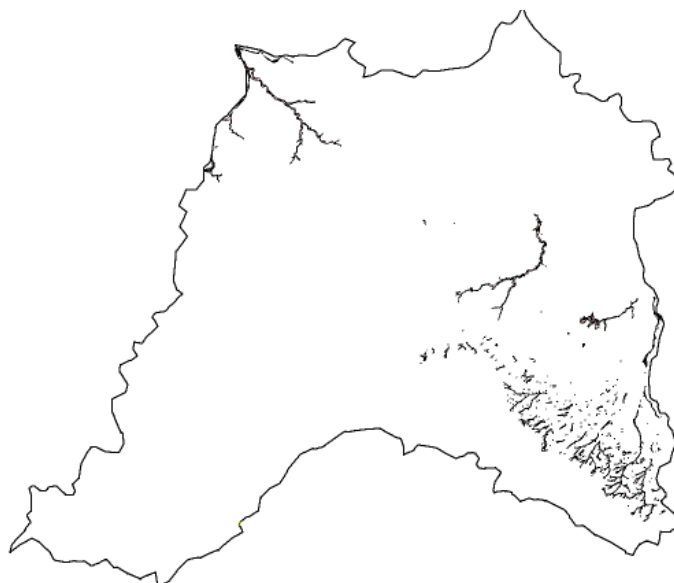


fig. 2) Illustration de l'emprise de la prélocalisation AESN

Le problème de l'étude AESN est lié à son échelle. Le 1/50 000 est peu compatible avec le travail de photo-interprétation réalisé au 1/5 000. Nous avons donc fait le choix de ne pas directement intégrer cette étude, mais de photo-interpréter en prenant l'étude AESN comme référence afin de contrôler la corrélation entre les deux données.

1. Eaux de surface (stagnantes et courantes)
1.1 Eaux courantes
1.2 Amas d'eau stagnantes
- Bacs-morts, noies
1.3 Plans d'eau
- Gravières, étangs naturels et artificiels, bassins
2. Formations forestières humides et/ou marécageuses - (taux de couverture > à 50%)
2.1 Boisements à forte naturalité
2.2 Boisements artificiels - plantations (peupliers, résineux, autres)
3. Prairies humides (pâturée ou fauchée)
4. Tourbières, landes, roselières et mégaphorbiaies
4.1 Tourbières et bas-marais
4.2 Landes humides
4.3 Roselières
4.4 Mégaphorbiaies (zones à hautes herbes hygrophiles)
4.5 Sous-type non cartographiable
5. Zones humides littorales
5.1 Pannes dunaires
5.2 Slikke, vasières
5.3 Schorre, puës salées
5.4 Sous-type non cartographiable
6. Terres arables
7. Zones urbaines et autres territoires artificialisés
7.1 Zones bâties

fig. 3) Typologie de la prélocalisation AESN

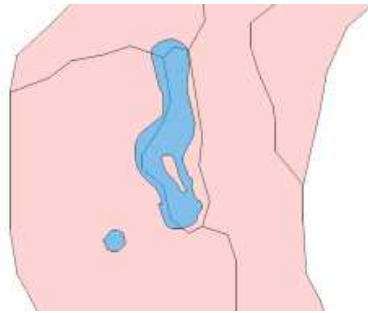


fig. 4) Différences de délimitation et de précision AESN (rose) / PIAO (bleu) liées à l'échelle

B) La Cartographie d'inventaire des zones humides du Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Région Centre (CPNRC)

Le CPNRC a mis à disposition de l'étude un inventaire de 25 zones humides. Cette base de données vectorielle a été directement intégrée dans la couche finale.

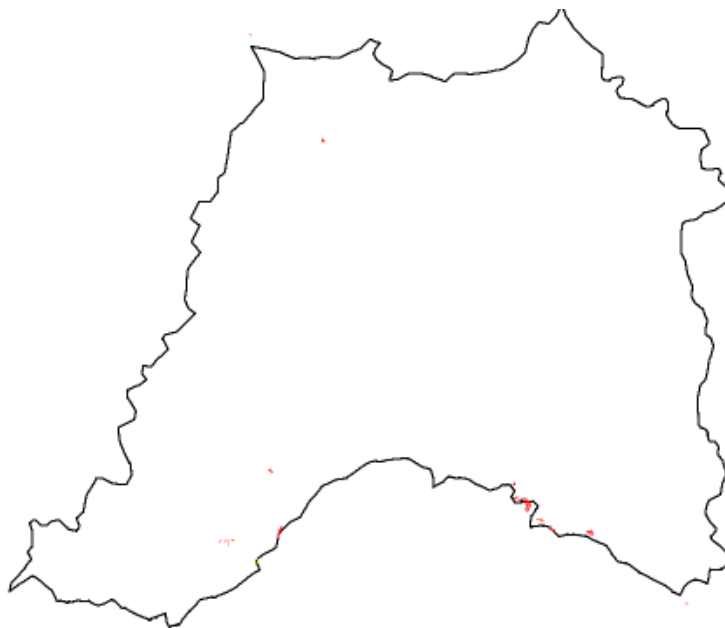


fig. 5) Illustration de l'emprise de l'inventaire CPNRC des zones humides comprenant 25 sites

C) Les données ZNIEFF, NATURA 2000, ...

Les zones ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique ou Floristique) et les zones Natura 2000 sont composées de milieux hétérogènes où la composante zones humides n'est pas forcément mise en avant. Un premier travail de sélection basé sur le critère humide dans la dénomination a été effectué tout en regardant la délimitation qui comprend souvent d'autres milieux. Cette information est rattachée au parcellaire ce qui implique que les limites ne sont pas toujours optimales, d'autant qu'elles ont été réalisées au 1/5000.

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce



fig. 6) Illustration de la délimitation rattachée au parcellaire sans tenir compte des parties à caractère humide réel dans ces parcelles.

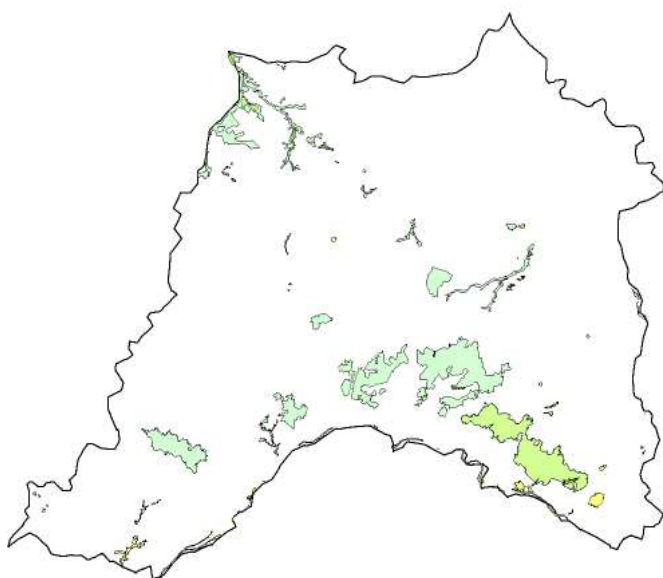


fig. 7) Illustration des délimitations ZNIEFF I et II

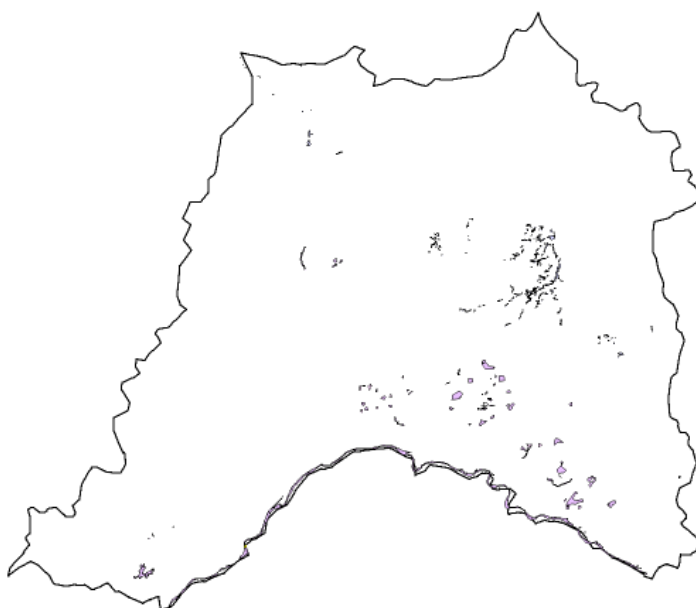


fig. 8) Illustration des délimitations NATURA 2000

Ces données n'ont pas été utilisées dans la phase 1 de l'étude, car elles n'apportent qu'une information fragmentaire et floue. De plus, ce sont des zones où il est facile de repérer sur la BD ORTHO et les images satellitales le caractère humide.

D) La base de données des zones humides DDT 45

La base de données, BDZH045, est une base répertoriant les zones humides ou potentiellement humides du département du Loiret. Elle a été constituée à partir d'une synthèse bibliographique. Réalisée au 1/25 000, elle reprend en partie les couches Natura2000, ZNIEFF1, ZICO, etc., et ne présente pas d'intérêt pour une intégration directe. Elle sera donc utilisée en référence lors de la photo-interprétation.



fig. 9) Illustration des délimitations issues de la base de données de la DDT du Loiret

3) Les données exogènes relatives à l'eau

A) Les données des inventaires des mares et plans d'eau d'Eure-et-Loir et du Loiret

Un inventaire des plans d'eau et des mares sur le territoire d'Eure-et-Loir et du Loiret a été mis à disposition de l'étude. Cette base de données vectorielle ponctuelle est probablement basée sur de la photo-interprétation.

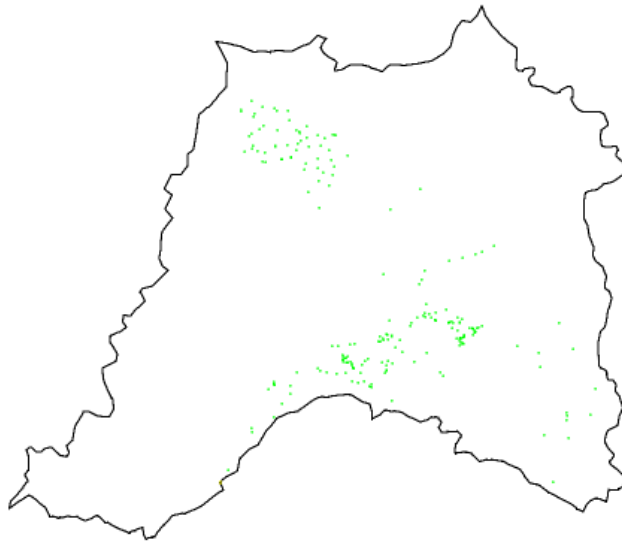


fig. 10) Illustration de la base de données ponctuelle de 215 plans d'eau

B) Les données de la BD TOPO de l'IGN

La BD TOPO a été réalisée par photo-interprétation des photographies aériennes de la BD ORTHO. La couche hydrographique de la BD TOPO comprend les plans d'eau, les cours d'eau, les infrastructures (barrages, puits, etc.), les talus, les levées... Les couches SURFACE_EAU et TRONCONS_EAU de la BD TOPO ne sont pas utilisables en l'état. Elles contiennent des éléments qu'il faut écarter et d'autres éléments qu'il faut compléter. Dans le cadre de cette étude, ce sont essentiellement les cours d'eau et plans d'eau qui seront utilisés. À cet effet, l'ensemble des couches fournies, généralement sur un découpage départemental, a été assemblé avant mise à jour et nettoyage.

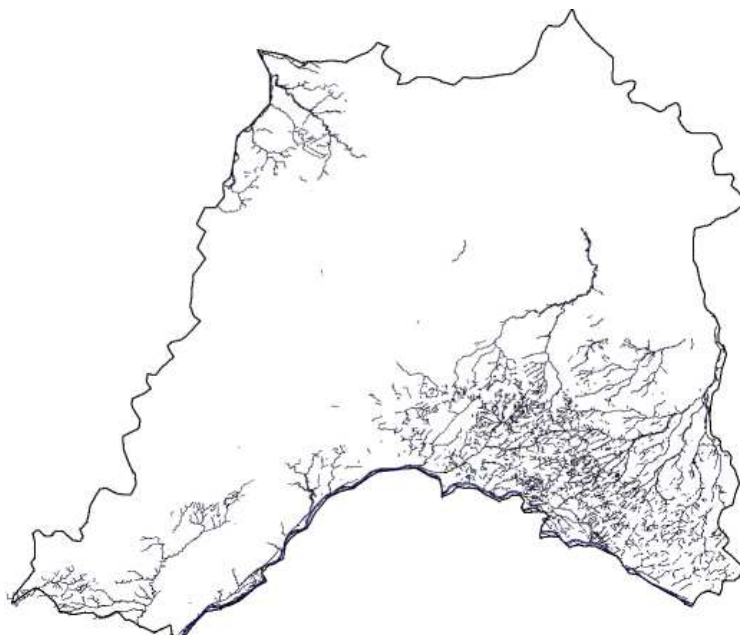


fig. 11) Illustration de l'assemblage des différentes BD TOPO des départements composant le SAGE Nappe de Beauce

Selon les départements, les dates de mises à jour sont différentes. Il y a également des erreurs, des oublis et des contours modifiés avec le temps (gravières). Un travail complémentaire de photo-interprétation est donc nécessaire pour corriger et homogénéiser cette couche d'information.

a) Les plans d'eau

Les plans d'eau sont majoritairement cartographiés à partir de couche SURFACE_EAU de la BD TOPO, car la BD Carthage est beaucoup moins exhaustive que la BD TOPO au niveau des plans d'eau. Elle ne permet pas de distinguer les gravières des sablières. Cette couche contient des éléments qu'il faut écarter, car sans rapport avec les surfaces en eau naturelles.

Nous avons également complété cette base de données avec la base de données plans d'eau de la DDT 45 qui était disponible pour cette étude. Les plans d'eau étaient plus exhaustifs dans cette base que dans la BD Topo en revanche ils étaient souvent moins bien délimités. La priorité a donc été donnée aux plans d'eau de la BD Topo lorsqu'ils étaient présents dans les deux bases.

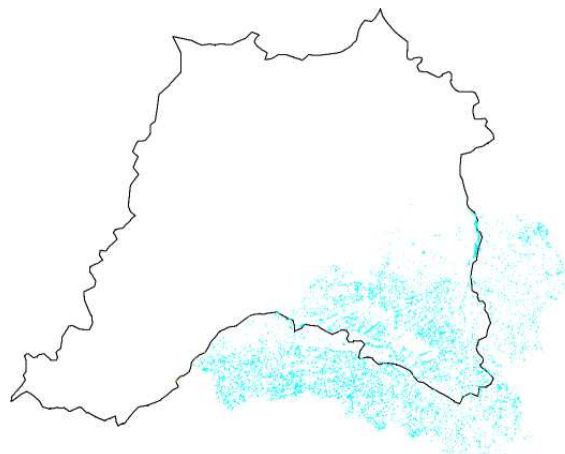


fig. 12) Illustration de l'inventaire des plans d'eau de la DDT 45

b) Les cours d'eau

Le réseau hydrographique est composé des cours d'eau et drains. C'est une information essentielle pour identifier les secteurs ayant une forte probabilité de présence de zones humides. Le maximum d'informations a donc été utilisé pour produire une couche cohérente et pertinente.

Le réseau hydrographique est majoritairement cartographié dans la couche TRONCONS_EAU de la BD TOPO, mais une partie du réseau, et notamment l'emprise de la Loire se trouve dans la couche SURFACE_EAU car les deux berges sont délimitées.

C) Les données de la BD Carthage

La BD Carthage est une information complémentaire, ce qui est normal puisque sa trame est basée sur la BD TOPO et qu'elle a été enrichie par la suite par divers organismes à une échelle du 1/50 000. Elle n'est pas aussi précise au niveau du tracé, mais elle est en revanche mieux structurée. Elle recoupe en grande partie la BD TOPO, mais le réseau est hiérarchisé, avec un sens d'écoulement et une logique de rattachement, ce qui n'est pas le cas sur la BD TOPO.

C'est essentiellement les cours d'eau de cette base de données qui seront utilisés. Il s'agit de compléter la BD TOPO qui est plus exhaustive, mais discontinue. L'avantage de la BD Carthage est que le réseau a été complété pour obtenir une continuité. Ce travail réalisé au 1/50 000 explique pourquoi le tracé du réseau est beaucoup moins précis que celui de la BD TOPO.

4) Les données exogènes définies sur le critère pédologique

A) Inventaire des étangs de CASSINI

La Carte de France dite "Carte de Cassini" doit son nom à une lignée d'astronomes et de géographes d'origine italienne qui s'installent en France dans le dernier tiers du XVII^e siècle. Lancée sous les auspices de l'Académie des Sciences en 1747, elle résulte du travail opiniâtre d'une succession de savants et d'ingénieurs qui, pendant un siècle et demi, vont s'employer à mettre au point de nouvelles méthodes de relevés tel que le demande un pays aussi vaste que la France. (Source site Internet du Laboratoire de démographie historique - École des hautes études en sciences sociales).



fig. 13) Extrait d'une carte de Cassini

L'utilisation de la triangulation comme méthode de mesure des distances conférait à ce travail une grande précision sans précédent et fut la première grande enquête toponymique nationale. La « carte de Cassini » est constituée d'un ensemble de 181 feuilles à l'échelle du 1/86 400. Les cartes numériques couvrant le territoire du SAGE ont été géoréférencées sur la BD ORTHO.

Sur ces cartes ont été relevés en particulier tous les étangs. Y figurent aussi les informations relevant de la localisation des marais. Malheureusement, le figuré utilisé n'a pas permis de le distinguer d'autres figurés et donc de l'isoler. Seuls les étangs ont été délimités et constituent une couche d'information SIG.

Cette information est loin d'être négligeable. La plupart de ces étangs n'existent plus aujourd'hui. Mais cette localisation historique constitue une information sur les zones où il existe une potentialité de zones humides. Selon l'INRA, même si l'étang n'existe plus, d'un point de vue pédologique, des traces d'oxydoréductions doivent être présentes encore dans les sols (communication personnelle).

Bien que ces cartes fassent preuve d'une très grande précision géographique pour l'époque, il existe néanmoins des décalages. Afin de pallier au décalage géographique entre ces cartes et la BD ORTHO, les étangs ont été repositionnés plus précisément par rapport à la BD ORTHO et la BD TOPO en tenant compte de la topographie.

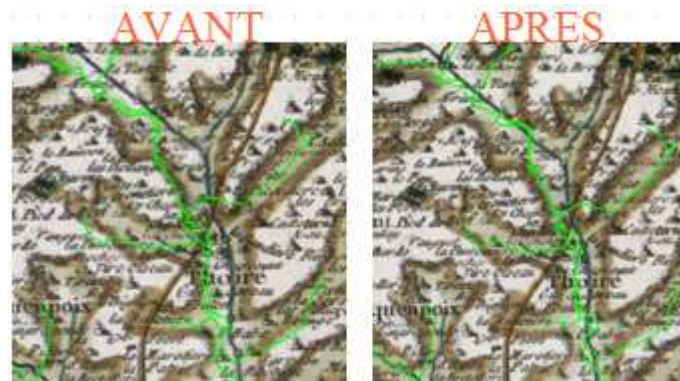


fig. 14) Illustration du recalage des cartes de Cassini sur la BD TOPO

Les décalages importants sur les cartes de Cassini nécessitent parfois de retrouver le site plus par la topographie que par les indications cartographiques. Le repositionnement s'effectue à l'aide du MNT, comme dans l'exemple ci-dessous, permettant de dessiner les limites de l'étang en corrélation avec la topographie.

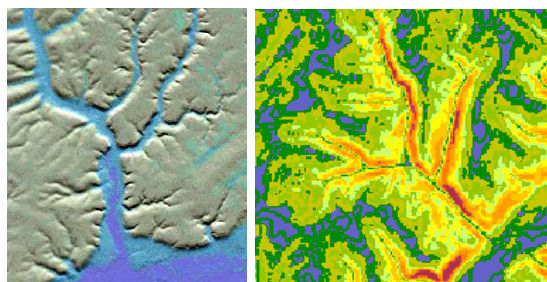


fig. 15) Illustration de la génération d'ombrages et de pentes du MNT pour l'aide au repositionnement des étangs de Cassini



fig. 16) Illustration de délimitation et repositionnement par rapport à la BD ORTHO et le MNT d'étangs représentés sur la carte Cassini

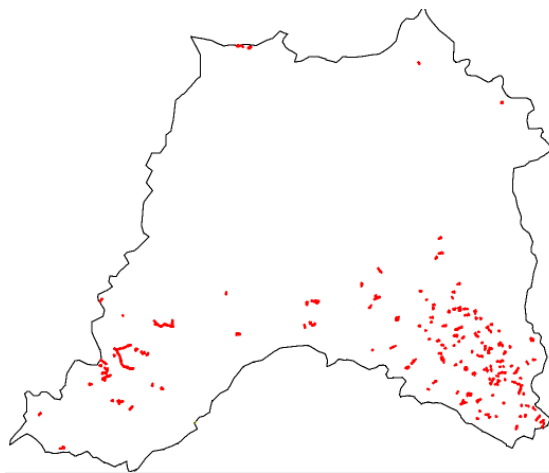


fig. 17) Illustration de la couche complète de Cassini qui comprend 195 étangs

B) Autres données

L'ensemble du SAGE Nappe de Beauce est couvert par des données géologiques. Cependant, l'échelle de ces cartes (1/50 000) est trop petite pour une exploitation de ces données dans le cadre de l'étude si l'on considère que la photo-interprétation a été réalisée au 1/5000. De plus, même si l'interaction entre la surface et la géologie est évidente, beaucoup de facteurs interviennent et rendent difficile l'exploitation de cette donnée. L'épaisseur du sol est notamment un facteur clé, mais elle n'est pas disponible. À ce jour, aucune donnée cartographique pédologique n'a été collectée sur la zone.

Il existe deux cartes pédologiques au 1/50 000 qui sont au format papier. Ces cartes ont été numérisées et mise en projection afin d'intégrer le SIG.

5) Les données issues de traitements de données

A) L'indice IBK

a) Le Modèle numérique de terrain (MNT)

Le MNT utilisé pour l'étude est initialement à une résolution de 10 mètres, mais ce pas de 10 mètres est difficilement exploitable dans le cadre de calculs d'indice, car il est important que les petits artéfacts ne perturbent pas les calculs. C'est pourquoi il a été ré-échantillonné à 50 mètres.

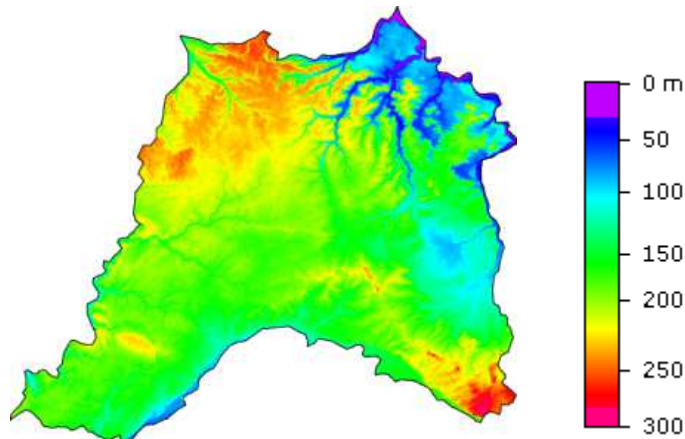


fig. 18) Illustration du MNT sur le SAGE Nappe de Beauce

Le MNT présente des artefacts de deux sortes :

- o Les premiers correspondent à des erreurs plus ou moins ponctuelles, ou à des anomalies liées à l'intégration d'aplats sur des zones où l'on a des plans d'eau par exemple.
- o Les seconds sont des extrusions ou creusements linéaires liés à la présence d'une route / autoroute ou d'une ligne de chemin de fer. Ces reliefs peuvent refléter la réalité topographique, mais dans ce contexte d'analyse du réseau hydrographique, ils sont gênants, car ils perturbent les écoulements théoriques et les pentes.



fig. 19) Illustration d'un ombrage généré sur MNT IGN 25 m qui montre les sauts de valeurs dont la trace correspond parfaitement aux courbes de niveau du SCAN25.

Le résultat direct de toutes ces remarques est que le calcul des pentes sur ce MNT donne un résultat inexploitable en l'état. En effet, les pentes calculées d'un pixel au suivant ne reflètent pas la réalité.

Sur l'exemple ci-dessous, on voit que sur 5 pixels de 25 mètres de large, si le dernier pixel présente un dénivelé de 2 mètres par rapport aux 4 autres, les 3 premières pentes relatives (en rouges) calculées ($\sin(\text{angle}) = \text{dénivelé}/\text{distance}$) sont égales à 0 et la dernière égale à 4.58° alors que la pente réelle (en vert) devrait être de 1.14° pour les 4 valeurs.

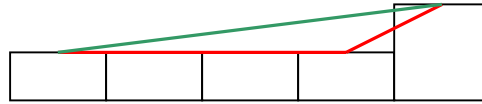


fig. 20) Schéma de deux types d'interpolation de la pente en fonction du point d'origine

S'agissant de surfaces relativement planes sur les plateaux ou le fonds de vallées par exemple, cela pose un problème, car l'indice topographique qui sera calculé par la suite, héritera des artefacts de pente du MNT

b) Notion d'indice Beven-Kirkby

L'indice de Beven-Kirkby, du nom de son inventeur, est un modèle de calcul sur une surface numérique. Il s'agit d'un indice topographique d'estimation de la position des sols potentiellement saturés en eau (sols hydromorphes). Il représente la capacité d'un point à accumuler de l'eau en fonction de la quantité d'eau qui s'y déverse et qui s'en échappe. Un indice élevé correspond à une forte probabilité de présence de zones humides.

Deux hypothèses :

1 – les zones humides sont situées préférentiellement sur les sols hydromorphes

2 – les ruptures de pente et la surface drainée à l'amont indiquent la présence de sols hydromorphes

Formule : $IBK = \ln(a / \tan(b))$

a = surface drainée au point considéré

b = pente

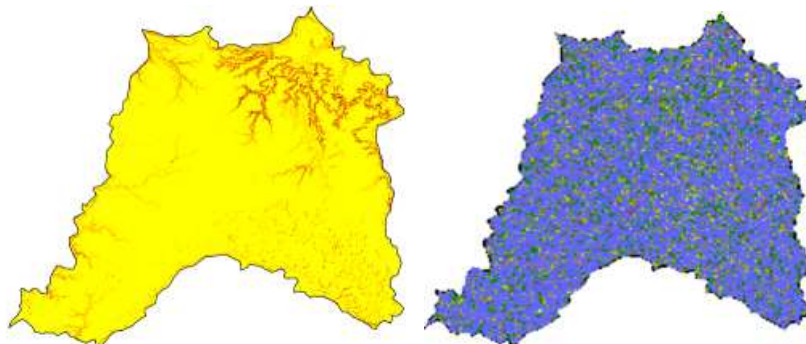


fig. 21) Schéma du calcul appliqué aux pentes et surfaces drainées pour obtenir l'IBK

L'indice topographique de Beven-Kirkby (IBK) permet de mettre en évidence des zones où la probabilité d'avoir une zone humide est importante. C'est une combinaison de la pente et de la surface drainée qui

permet de déterminer là où l'eau a le plus de probabilité de rester plus ou moins temporairement

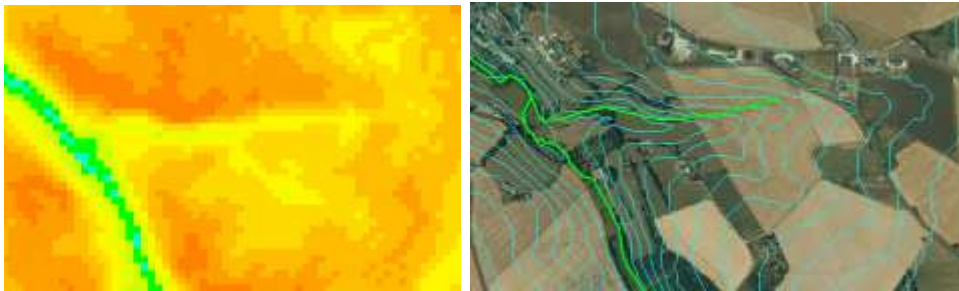


fig. 22) Illustration comparative entre l'IBK et les courbes de niveau sur fond de BD ORTHO

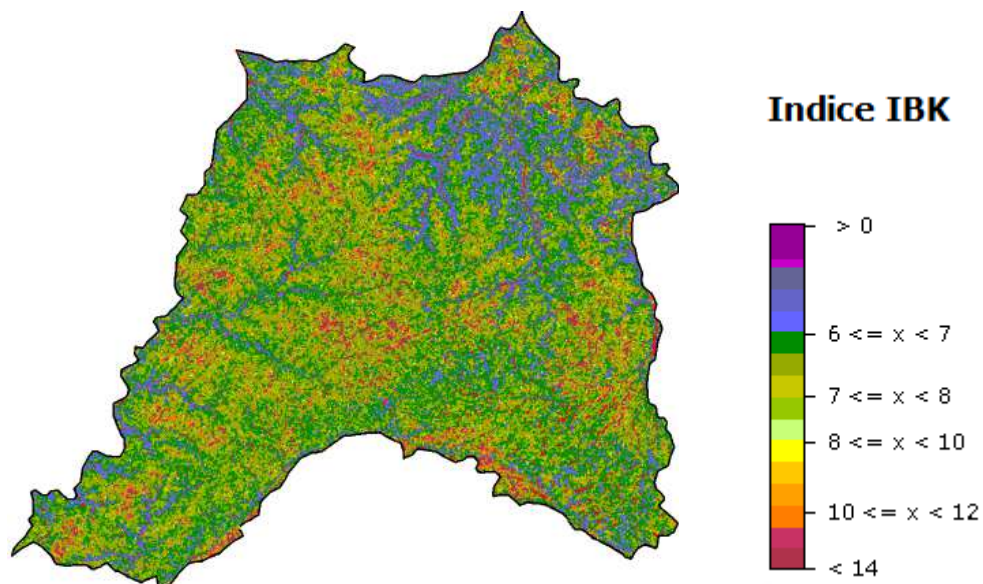


fig. 23) Carte de l'Indice topographique de Beven-Kirkby (IBK)

L'indice topographique de Beven-Kirkby (IBK) obtenu sur la zone d'étude est difficile à exploiter. Cette combinaison de la pente et de la surface drainée est particulièrement influencée par les surfaces de drainage qui sont chaotiques du fait du peu de pentes et d'un réseau anthropique de drainage important dans les parties agricoles comme forestières.

c) Exploitation de l'IBK

Il s'agit de déterminer avec cet indice là où l'eau a le plus de probabilité de rester plus ou moins temporairement et donc de présenter des zones humides. Des seuils de valeurs vont permettre de différencier le potentiel des zones à contenir des zones humides. Pour cela, nous disposons de l'information sur le SAGE du Loir dont une zone est commune au SAGE Nappe de Beauce et par comparaison, nous pouvons analyser les valeurs de l'IBK. Toutefois, ces seuils ne sont valables que sur une partie du produit. Sur la zone centrale, on remarque que les valeurs de l'indice ne donnent pas une plage homogène, mais un mitage très important. Il a donc été procédé à une délimitation manuelle partielle afin d'isoler les plages à plus forte ressemblance d'indices.

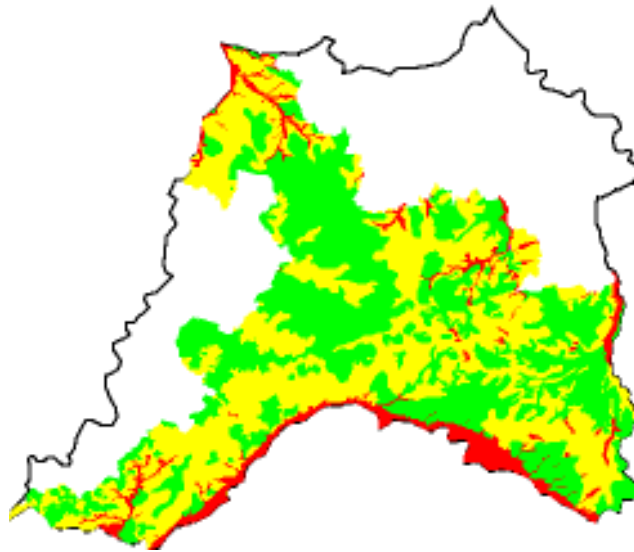


fig. 24) Carte des probabilités de présence de zones humides, à partir du calcul de l'IBK, du moins probable (vert) au plus probable (rouge)

Toutefois, la méthode présente quelques limites :

- o Il y a des problèmes d'identification de ZH perchées (d'origine géologique et non topographique).
- o On observe une sous-estimation des zones humides dans les secteurs de vallées étroites.
- o La proximité aux cours d'eau est un facteur déterminant.

Il est important de se rappeler que ce produit mathématique est directement lié à la qualité et la précision du MNT sur lequel il est calculé. Son utilisation ne peut être autre que l'indication d'une probabilité de présence, mais ne prend pas en compte le contexte de la zone. Ainsi, dans la partie nord-ouest, la probabilité est forte, mais dans les faits, la zone étant majoritairement agricole, on y trouve peu de zones humides. Le produit est donc une aide à la photo-interprétation, mais reste théorique.

B) Création d'une enveloppe d'alerte autour du réseau hydrographique linéaire et surfacique

a) Préparation et mise à jour de la couche hydrographique

La première étape consiste à trier les informations attributaires de la couche BD TOPO « TRONCONS _EAU » afin d'en extraire l'information utile.

La BD TOPO est représentative de ce qui est visible y compris l'artificiel. Dans un souci de potentialité d'utilisation du réseau en tant que tel, des éléments ont été ajoutés sans qu'ils ne reflètent de réels éléments sur la BD ORTHO. Il s'agit des éléments :

- Artificialisé : il s'agit essentiellement des canaux et d'une partie des fossés.

- Fictif : Ils sont représentés par un trait généralement rectiligne tracé entre deux parties de réseau hydrographique. On les trouve dans les surfaces en eau (au milieu des rivières) pour matérialiser un écoulement linéaire, ou lorsqu'un réseau hydrographique disparaît pour réapparaître plus loin. Il est à noter qu'un tronçon peut être à la fois fictif et artificialisé.



VAL	Artif	Fictif	Perm
11	☒	☒	☐
11	☒	☒	☐
110	☐	☒	☒
11	☒	☒	☐
10	☐	☒	☐
10	☐	☒	☐

fig. 25) Illustration de la sélection des tronçons par champs attributaire ce qui élimine une majorité d'entités non exploitables dans l'étude.

Les deux champs de la couche TRONCONS_EAU, sont à prendre en compte pour éliminer une partie de l'information. Il est clair qu'il est nécessaire d'éliminer les tronçons fictifs avant d'analyser le réseau hydrographique. Dans le cas contraire, des traitements comme la bufferisation utiliseraient des tronçons sans réelle existence. Chaque tronçon de la couche TRONCONS_EAU possède des attributs propres qui en précisent la nature sans toutefois donner davantage d'information.

La seconde étape consiste à trier les informations attributaires de la couche SURFACE_EAU afin d'en extraire l'information utile. Les franges des plans d'eau, des étangs tout comme les mares peuvent abriter des habitats de zones humides. Ce premier tri a donc pour objectif d'éliminer les bassins de rétention des eaux pluviales, les bassins bétonnés industriels qui ont été créés artificiellement avec souvent un objectif d'épuration des eaux.

Chaque polygone de la couche SURFACE_EAU possède des attributs propres qui en précisent la nature sans toutefois donner davantage d'information. Le champ « Nature » contient deux attributs : « bassin » ou « surface en eau ». Ces deux attributs permettent de distinguer les « plans d'eau » selon leur caractère artificiel (bassin d'épuration) ou non.

Les bassins à caractère industriel sont globalement éliminés par cette requête sur l'attribut « nature », de même que les bassins bétonnés à caractère purement décoratif ou assimilé. C'est le cas notamment des bassins de station d'épuration qui sont répertoriés comme des bassins.

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce



fig. 26) Illustration d'éléments artificiels répertoriés dans la BD Topo

Les bassins de rétention sont également éliminés s'ils sont isolés par la route ou plastifiés, car ils ne présentent pas d'intérêt écologique du fait de la faible probabilité d'être colonisés par des espèces végétales ou animales. Ils n'ont pas de fonctions épuratoires. Les plans d'eau artificiels de château par exemple, sont aussi éliminés, car entretenus et régulièrement nettoyés.



fig. 27) Illustration d'éléments artificiels de type bassin de rétention isolé ou plan d'eau de parc d'agrément.

Le tri des plans d'eau se fait suivant des règles:

- o Pas de plan d'eau d'agrément (bassin urbain non végétalisé sur le contour (hors pelouse) plans d'eau des golfs, etc.)
- o Pas de bassin de rétention quand il n'est pas végétalisé sur le contour (hors pelouse). Certains de ces bassins retournent plus ou moins à l'état naturel, ils sont alors maintenus dans la base de données.

Les mares creusées par les agriculteurs, bien qu'artificielles, sont caractérisées comme des « surfaces d'eau ». Il est raisonnable d'écarter les plans d'eau situés au cœur des fermes (exemples ci-dessous). Ces plans d'eau sont généralement indiqués dans la BD Topo, mais dans le cadre de notre étude, ils n'ont pas d'intérêt, car:

- ils sont généralement bordés par du sol nu voire induré
- ils sont le plus souvent artificiels et servent à l'exploitation

De plus, générer un buffer autour de ces plans d'eau ferait passer la ferme elle-même en zone potentiellement humide, ce qui n'est évidemment pas le cas.



fig. 28) Illustration de cas de mares et de plans d'eau de fermes

b) Mise à jour de la BD ORTHO et de la BD Carthage

La BD Carthage est une information complémentaire essentiellement pour les cours d'eau. Elle apporte en effet peu d'information sur les plans d'eau et ne permet pas de distinguer les plans d'eau artificiels.

La BD Carthage n'est pas aussi précise au niveau du tracé, elle est en revanche mieux structurée. Ainsi, on remarquera que les tronçons fictifs de la BD Topo sont totalement faux et qu'en revanche ils sont relativement bien placés sur la BD Carthage. De plus, les tronçons de la BD Carthage, même s'ils sont généralement moins bien placés, prolongent souvent le réseau de la BD Topo en dessinant des tronçons pas toujours visibles sur l'image, mais dont on retrouve des traces sur la BD ORTHO. On constate facilement que le tracé de la BD Carthage est moins précis à la même échelle que celle de la BD TOPO qui sera donc utilisée en priorité pour le tracé.

Ci-dessous, on constate que la BD TOPO (cyan) et la BD Carthage (bleu) se complètent. En jaune (en haut) on peut voir le résultat de la « fusion » des deux informations. Cette étape est réalisée manuellement afin de garder le tracé le plus juste par rapport à la BD ORTHO et non de faire une simple fusion vectorielle.

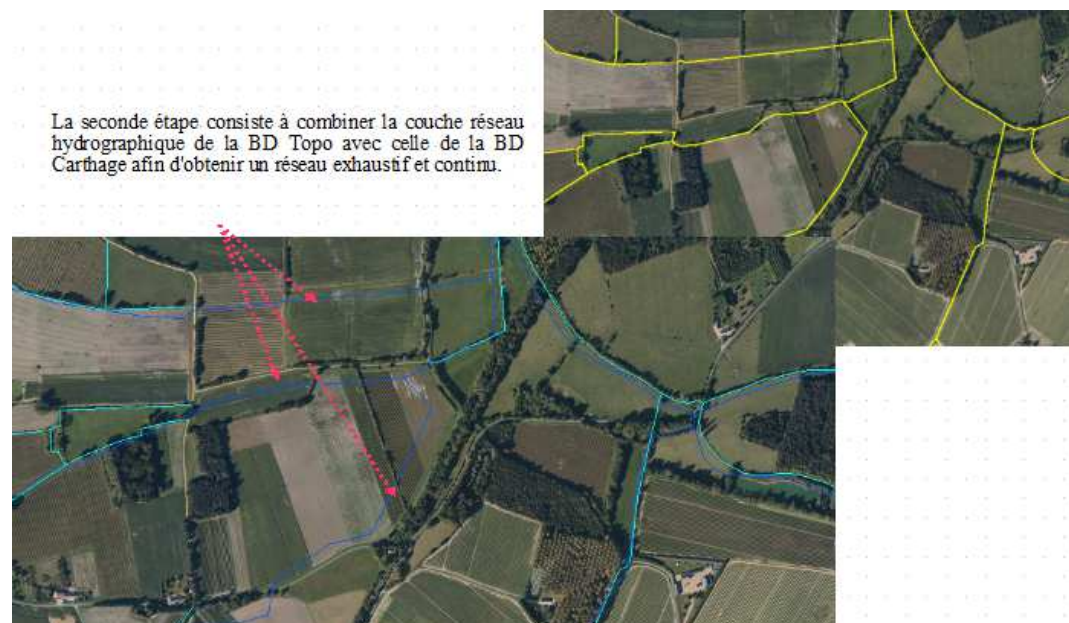


fig. 29) Illustration de la complémentarité de la BD Carthage et de la BD TOPO

Dans l'exemple ci-dessous, on montre dans la première vue que la BD Topo (en violet) n'est que fragmentaire, mais bien calée à l'image, alors que

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

la BD Carthage (en vert) indique la continuité du réseau, mais de façon plus floue. Le travail a donc consisté à garder les éléments de la BD Topo puis de les compléter selon les indications de la BD Carthage tout en recalant le tracé par rapport à l'image.



fig. 30) Illustration de la complémentarité et de la précision de la BD Carthage et de la BD TOPO

Il faut noter que dans les zones forestières, la BD Carthage a parfois été intégrée sans réel repositionnement sur l'image, car dans ces zones avec couvert forestier, il est impossible de distinguer des cours d'eau circulants sous la canopée.

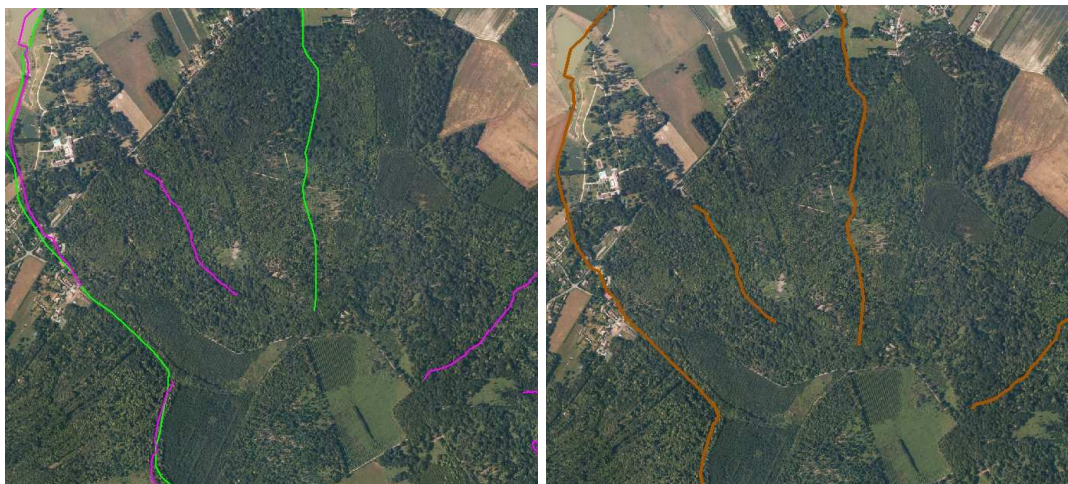


fig. 31) Illustration de l'intégration de la BD Carthage dans les zones forestières

Concernant les plans d'eau, une fois le tri réalisé, le travail consiste en une mise à jour par photo-interprétation sur la base de la BD ORTHO et des images satellitales. En effet, il s'agit souvent de nouveaux plans d'eau non inventoriés dans la BD Topo ou inversement, de plans d'eau ayant disparu.

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

Les réaménagements de gravières ont beaucoup évolué depuis une dizaine d'années. Si la présence d'un plan d'eau d'extraction ne peut être à l'origine d'une zone humide, certains plans d'eau qui ne sont plus en exploitation et dont les berges sont propices à l'installation de végétaux sont parfois recolonisés par certaines espèces végétales caractéristiques des zones humides selon la législation.

La sélection des gravières dans la couche « surface en eau » ne pose pas de souci dans la mesure où cette information ne servira qu'à créer autour des plans d'eau une couche « présence de zones humides à vérifier ». Elle ne servira pas à l'élaboration de la couche du buffer sur le réseau hydrographique servant à élaborer les zones de probabilité de présence de zones humides. Une fois mise à jour, la couche contenant les plans d'eau est codée afin de différencier les plans d'eau en exploitation des autres (gravières).

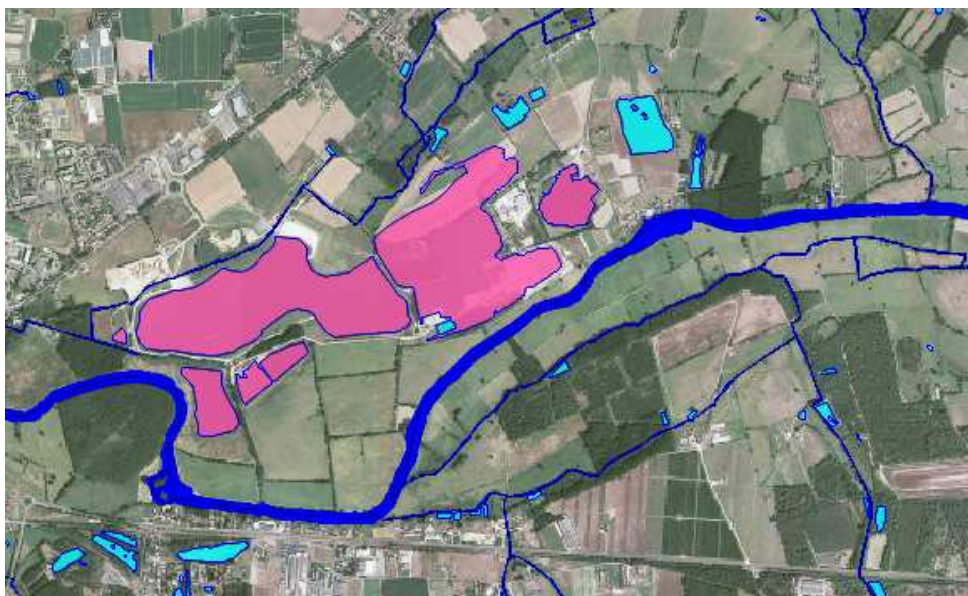


fig. 32) Illustration de la cartographie et distinction des types de plans d'eau.

Enfin, la dernière étape de la mise à jour des plans d'eau a été de passer en revue les plans d'eau et mares des deux inventaires du Loiret et de l'Eure et Loir afin de contrôler qu'ils sont bien intégrés dans la couche finale de plan d'eau.

Nomenclature de la couche plans d'eau :

CODE	DESCRIPTION
100	Cours d'eau principal
101	Canal
99	Plan d'eau avec présence potentielle de ZH
98	Plan d'eau de gravière ou carrière encore en activité

fig. 33) Table des codes typologiques des plans d'eau



fig. 34) Illustration de la cartographie finale des plans d'eau qui comprend 9 876 polygones.

Un plan d'eau n'étant pas une zone humide, ils seront intégrés dans la couche finale d'enveloppes comme classe « non humide ».

c) Transformation du linéaire en polygonal

Les cours d'eau ont été transformés en polygones aux endroits où la largeur du réseau n'était pas assez importante pour que la BD TOPO en cartographie les deux bords (buffer). Ainsi on obtient un masque polygonal « eau » comprenant toutes les surfaces et le linéaire. La version du réseau non bufferisée a été également livrée.

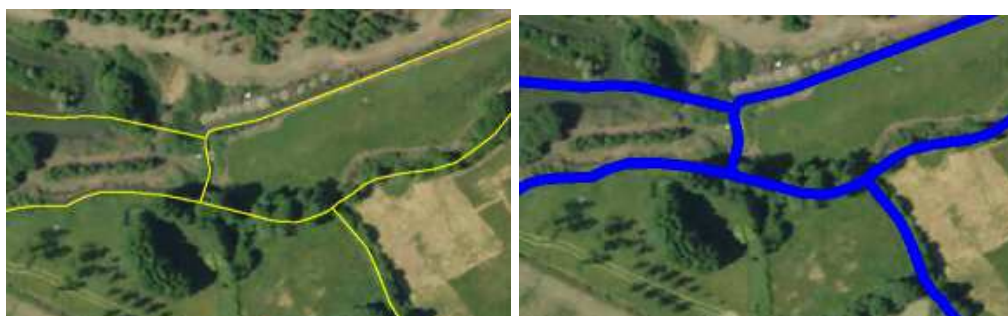


fig. 35) Illustration de la transformation du linéaire en surfacique par un buffer de 2.5 m



fig. 36) Illustration de la couche polygonale finale du réseau hydrographique qui comprend 2 078 polygones de cours d'eau.
fig. 37)

Cette couche polygonale est le résultat de la bufferisation des tronçons de cours d'eau mis à jour.

d) Secteurs de présence potentielle de zones humides autour du réseau hydrographique linéaire

La méthode consiste, une fois les différents tronçons de réseau extraits et triés, à appliquer un « buffer » (ou zone tampon) autour du réseau hydrographique (cours d'eau). Cependant, une simple « bufferisation³ » d'un réseau n'est pas satisfaisante, car elle ne tient pas compte des autres facteurs comme la topographie. Cet élément est important, car il conditionne la présence de zones humides ce qui n'est pas totalement le cas de la distance à un réseau.



fig. 38) Illustration de la génération du buffer autour du linéaire de réseau hydrographique est un algorithme simple prenant uniquement en compte la distance au réseau.

La première étape consiste en une génération d'un buffer de 250 mètres dont la pertinence devra être validée sur le terrain. On notera

³ Bufferisation : Génération automatique d'une enveloppe vectorielle autour d'un objet (ligne ou surface) selon une distance donnée. On parle également de « zone tampon ».

toutefois qu'une grande majorité des zones humides des inventaires existants se trouvent dans cette zone tampon de 250 mètres. Au final, une analyse de la corrélation entre la pente et la présence des zones humides d'après les données existantes a permis de définir des tailles de « buffer » provisoires.

Le calcul des distances à un réseau est un procédé itératif qui va déterminer en chaque point la distance au réseau hydrographique le plus proche.

En ce qui concerne les plans d'eau, le résultat est très variable, car cela dépend beaucoup de l'encaissant. Ainsi, les surfaces en eau de petite taille (mares, étangs) peuvent avoir une plus grande influence qu'un grand plan d'eau. Toutefois, si l'on se base sur le critère pédologique et donc les traces d'oxydoréduction, la campagne de terrain a démontré que dans de bonnes conditions, l'influence s'observe jusqu'à 150 m du plan d'eau. C'est pourquoi il a été décidé de prendre cette base, mais de se limiter aux zones où la pente est inférieure à 2°. Il ne faut pas oublier que la zone de buffer, tout comme l'IBK, donne une enveloppe de probabilité de présence.

Il est préférable d'adapter la taille du « buffer » à la configuration du terrain autour du cours d'eau. Dans la mesure où l'étude s'intéresse à la suspicion de présence de zone humide et non à la définition d'une potentialité d'inondation le débit et la largeur du cours d'eau ne sont pas obligatoirement représentatifs. En effet, un ruisseau sur un plateau peut être entouré d'une très large prairie humide tandis qu'une rivière de fond de vallée peut ne pas avoir de zones humides dans sa proximité. C'est pourquoi un deuxième algorithme est ensuite appliqué au seuillage des distances pour tenir compte de ces paramètres et notamment de la pente

Pente	Distance / cours d'eau	Distance / plans d'eau
0 à 1°	250 m	150 m
2 à 4°	150 m	Rien
5 à 6°	75 m	Rien
> 6°	Rien	Rien

fig. 39) Tableau de méthodologie de calcul de la taille du « buffer » en fonction de la pente

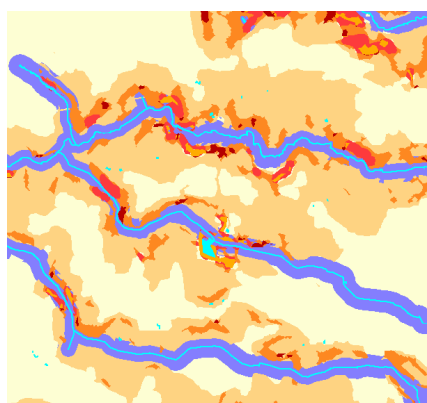


fig. 40) Illustration du résultat du calcul du buffer en fonction de la pente

L'exemple ci-dessus montre une « bufferisation » contrainte par la pente. On considère que le « buffer » a une taille de zéro lorsqu'il est au contact avec une pente supérieure à 6° et qu'il peut s'étendre sur 250 à mètres sur une pente nulle.

6) Les données des autres études

A) Les données du SAGE Loir

L'étude du SAGE LOIR s'inscrit dans une démarche qui visait une pré-localisation des zones humides du bassin versant du Loir. Elle visait à disposer d'une connaissance homogène des zones humides probables en identifiant les enveloppes de forte probabilité de présence de ces zones humides, sur la base de méthodes de photo-interprétation. La fusion des inventaires et des différentes couches d'information compose 44 500 polygones dans une couche finale en mode polygonale.

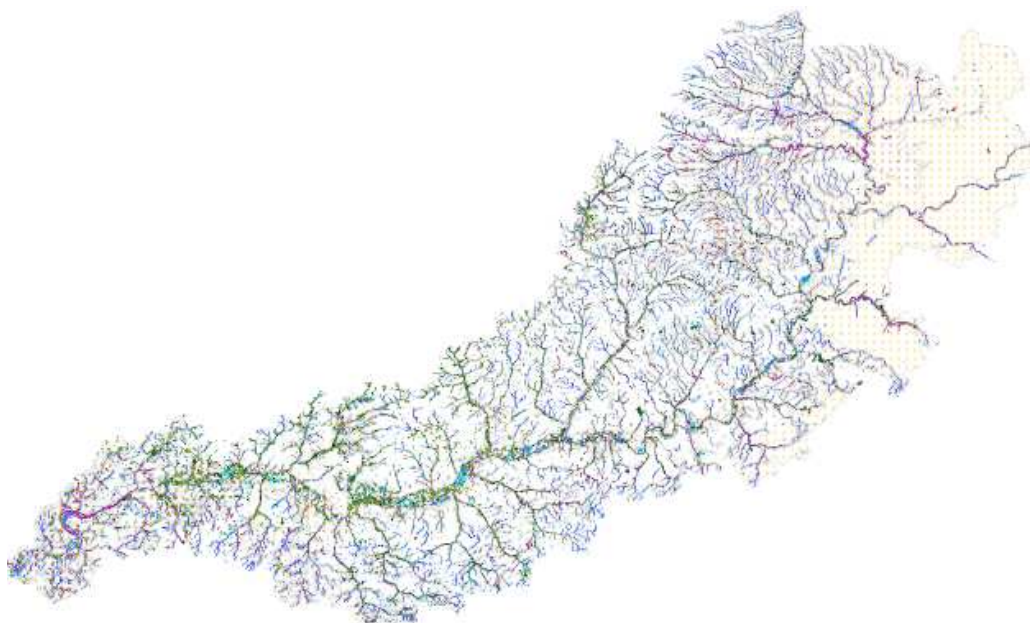


fig. 41) Illustration du résultat de l'étude du SAGE Loir

La typologie est basée sur la photo-interprétation. Elle est définie sur 9 types de zones humides qui sont identiques à la présente étude:

CODE	LB_TYPOLOGIE
1	Boisement organisé
2	Champ humide
3	Peupliers
4	Ripisylve
5	Zone humide ponctuelle

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

6	Zone humide de bordure de cours d'eau
7	Zone humide artificialisée
8	Zone humide de bordure de plan d'eau
9	Zone de marais

fig. 42) Illustration de la typologie utilisée pour la photo-interprétation

À cela s'ajoute un indice de confiance de 1 à 5, indiqué par le photo interprète selon son appréciation du doute sur l'identification de la zone qu'il vient de délimiter. L'indice est renseigné pour chaque zone humide. Il traduit le degré de fiabilité de la zone concernée par rapport à sa nature ou à sa délimitation.

- 1 : Très fiable, très peu de doute possible
- 2 : Assez fiable, peu de doute possible
- 3 : Moyennement fiable, douteux
- 4 : Zones humides « logiques »
- 5 : Peu fiable, très douteux

La fusion a priorisé certaines classes par rapport à d'autres. Ainsi, l'eau est restée prioritaire, puis en second, les inventaires & PIAO (photo-interprétation) et enfin le zonage (IBK et Buffer). Les tables attributaires ont gardé l'héritage de chaque couche.

CODE	Indice de confiance	Probabilité	Intitulé	Diagnostic
100	1	Observation	Cours d'eau	Photo-interprétation
99	1	Observation	Plan d'eau	Photo-interprétation
98	1	Observation	Plan d'eau de gravière	Photo-interprétation
81	4	Forte - Analyse historique	Ancien plan d'eau disparu	Carte de Cassini
80	4	Forte - Analyse historique	Ancien cours d'eau disparu	Carte de Cassini
73	0	Forte - Calcul théorique	Potentiel fort	Combinaison IBK & Buffer
72	0	Moyenne - Calcul théorique	Potentiel moyen	Combinaison IBK & Buffer
71	0	Faible - Calcul théorique	Potentiel faible	Combinaison IBK & Buffer
70	0	Nulle - Calcul théorique	Potentiel nul	Combinaison IBK & Buffer
1	1 à 5	Très forte - Observation	Boisement organise	Photo-interprétation Ou Terrain
2	1 à 5	Très forte - Observation	Champ humide	Photo-interprétation Ou Terrain

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

3	1 à 5	Très forte - Observation	Peupliers	Photo-interprétation Ou Terrain
4	1 à 5	Très forte - Observation	Ripisylve	Photo-interprétation Ou Terrain
5	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide ponctuelle	Photo-interprétation Ou Terrain
6	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide de bordure de cours d'eau	Photo-interprétation Ou Terrain
7	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide artificialisée	Photo-interprétation Ou Terrain
8	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide de bordure de plan d'eau	Photo-interprétation Ou Terrain
9	1 à 5	Très forte - Observation	Zone de marais	Photo-interprétation Ou Terrain

fig. 43) Illustration du résultat de l'étude du SAGE Loir

Cette étude forme la référence de base pour la présente étude, car les principes de construction de la base de données sont identiques et basés sur les mêmes données initiales.

B) Les données de la DREAL Ile de France

a) Origine

L'étude a été réalisée pour la DIREN ILE DE France par TTI Production et Tour du Valat en 2010. Le but de l'étude était l'identification et cartographie des enveloppes d'alerte potentiellement humides selon les critères de la loi de développement des territoires ruraux à l'échelle de la région Ile de France.

b) Description

Il s'agit d'enveloppes d'alerte de zones potentiellement humides résultants de l'analyse des différentes données mises à disposition et de la photo-interprétation d'images satellites.

C) Typologie

Code 1 : Cette classe correspond à la délimitation de zones humides réalisées par des diagnostics de terrain selon des critères et méthodologie décrite dans l'arrêté du 24 juin 2008 modifié et ne contient que les informations du CBNBP (conservatoire botanique national du bassin parisien) : Zone humide stricte avec expertise In situ.

Code 2 : Cette classe correspond aux Zones humides identifiées selon les critères de l'Arrêté du 24 juin 2008, mais dont les limites n'ont pas été réalisées par des diagnostics de terrain (photo-interprétation) Ou Zones humides identifiées par des diagnostics terrain, mais à l'aide de critères et/ou d'une méthodologie différents de celle de l'arrêté. Les données qui constituent cette classe sont les suivantes :

CBNBP : Zone humide stricte avec expertise Ex situ
ECOMOS : Zones identifiées comme humides hors peupleraies
PNR Chevreuse : Zones identifiées comme humides lorsque ceux-ci utilisent une méthode d'inventaire différente de celle qui est décrite dans l'arrêté du 24 juin modifié
DIREN - Cartographie et inventaire des forêts alluviales de la vallée de la seine
Unité de sols humides à 100 % dans les inventaires pédologiques au 1/50000ème
Unités cartographiques (UC) de sols humides à 100 % dans les inventaires pédologiques au 1/100 000ème
Zones identifiées comme humides sur les images satellites localisées sur des UC de sol humides à + de 60 % dans les inventaires pédologiques au 1/100 000ème
Zones identifiées comme humides sur les images satellites localisées sur des unités cartographiques de sol humides à + de 80 % dans les inventaires pédologiques au 1/250 000ème

Code 3 : Cette classe correspond à une probabilité importante de zones humides. Mais le caractère humide et les limites restent à vérifier et à préciser. Les données qui constituent cette classe sont les suivantes :

CBNBP : habitats « p » : pro parte In situ et Ex situ
AESN : Zones identifiées comme humides
ECOMOS : Zones de peupleraies identifiées comme potentiellement humides
Buffer cours d'eau et plans d'eau avec plan d'eau
CASSINI : Délimitation des étangs
PNR OISE - Zones potentiellement humides correspondant à des "fonds de vallées et espaces connexes"
PNR VEXIN - Données de ruissellement et de débordement auxquelles une zone tampon est appliquée
Unités cartographiques de sols humides à 100 % dans les inventaires pédologiques au 1/250 000ème
Unités cartographiques de sol humides à + de 80 % dans les inventaires pédologiques au 1/250 000ème (hors zones photo interprétées sur images satellites)
Unités cartographiques de sols humides à + de 60 % dans les inventaires pédologiques au 1/100 000ème (hors zones photo interprétées sur images satellite)

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

Zones identifiées comme humides sur les images satellites qui ne sont pas situées sur des unités cartographiques de sols suffisamment humides pour rentrer dans l'autre classe (zones restantes)
--

Géologie Marnes vertes

Code 4 : Cette classe correspond à une Enveloppe ou manque d'information ou données indiquant une faible probabilité de présence de zones humides. L'enveloppe de cette classe est en fait le négatif de la fusion des 4 autres classes: zones en dehors des 4 autres classes

Code 5 : Cette classe correspond à une Enveloppe où sont localisées toutes les zones en eau : à la fois les cours d'eau et les plans d'eau extraits et révisés de la BD Carthage et la BDTopo. Cette classe est constituée de 3 sous-type :

- . Sous-type code : 500 – Cours d'eau
- . Sous-type code : 510 – Plan d'eau
- . Sous-type code : 520 - Carrière

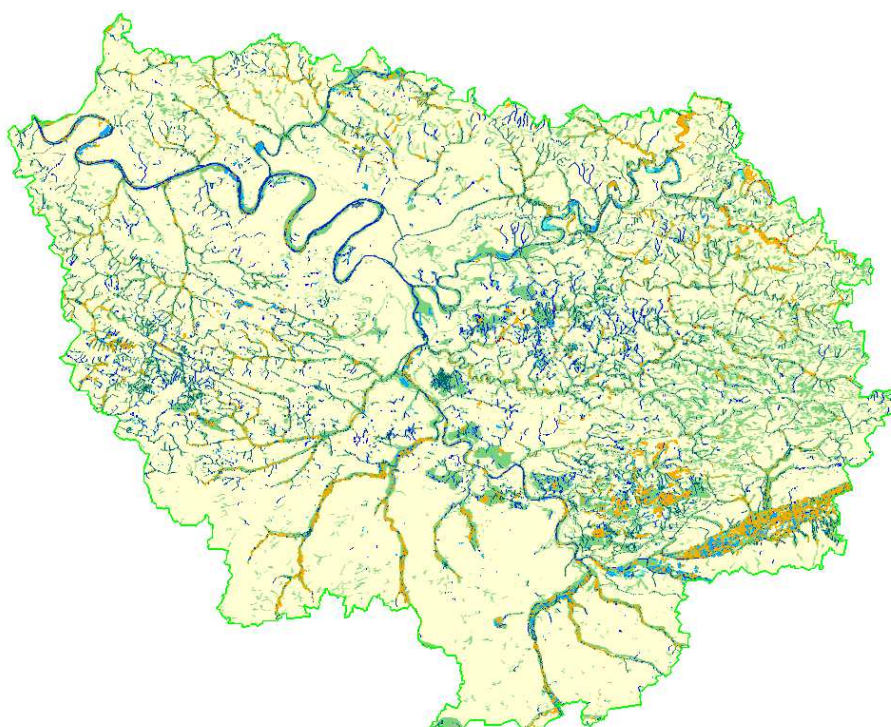


fig. 44) Illustration du résultat de l'étude Ile de France

d) Réorganisation des couches en vue d'homogénéisation avec l'étude SAGE Nappe de Beauce

Parmi les données qui recoupent le territoire du SAGE Nappe de Beauce, le tableau ci-dessous indique la conversion qui a été réalisée dans le but d'homogénéiser cette donnée avec le reste de l'étude. Il faut toutefois

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

noter qu'il restera un biais du fait des différences d'échelles et de l'utilisation de données à la place d'autres, notamment dans le cas des cartes pédologiques à la place du calcul d'indice IBK.

De plus, la proportion de zones à probabilité de présence de zones humides faible et nulle est déséquilibrée par rapport au reste de l'étude puisque l'indice IBK n'a pas été calculé. Cela engendre probablement une sous-évaluation des zones de faible probabilité et de moyenne probabilité.

DONNEES IDF	CODE	CONF IANCE	PROBABILITE	DIAGNOSTIQUE	ECHELLE
Réseau Hydro	100	1	Très forte - Observation	Photo-interprétation	3000
Plan d'eau	99	1	Très forte - Observation	Photo-interprétation	3000
Plan d'eau artificiel	98	1	Très forte - Observation	Photo-interprétation	3000
PIAO	2	2	Très forte - Observation	Photo-interprétation	6000
ECOMOS humide	x	1	Très forte - Observation	Photo-interprétation	15000
ECOMOS potentiellement humide	x	2	Très forte - Observation	Photo-interprétation	15000
DIREN Forêt alluviale	1	2	Très forte - Observation	Photo-interprétation	25000
CASSINI	81	4	Forte - Analyse historique	Carte de cassini	80000
PEDO 50K	73	0	Forte - Intégration données	Cartes pédo & géol	50000
Données AESN	73	0	Forte - Calcul théorique - PI	Photo-interprétation	25000
BUFFER cours d'eau	72	0	Moyenne - Calcul théorique	Buffer eau	50000
BUFFER plan eau	72	0	Moyenne - Calcul théorique	Buffer eau	50000
GEOL 50k si recoupe l'information PEDO 250K UC 80 100 %	72	0	Faible - Intégration données	Cartes pédo & géol	50000
GEOL 50k	71	0	Faible - Intégration données	Cartes pédo & géol	50000
PEDO 250K UC 80 100 % PIAO	72	0	Moyenne - Intégration données	Cartes pédo & géol	250000
PEDO 250K UC 80-100%	71	0	Faible - Intégration données	Cartes pédo & géol	250000

fig. 45) Tableau de conversion des données DREAL IDF

NOTE : le champ ANNEE est affecté à 2010 par défaut puisqu'il s'agit de la date de réalisation de l'étude DREAL Ile de France. Le champ ORIGINE est affecté à « Étude DREAL Ile de France - TTI Production ».

Une partie des données étant identiques, elles ne posent pas de problème d'homogénéisation. En revanche, certaines posent problème, car elles ne sont pas du tout structurées de la même manière ou qu'elles n'ont pas été prises en compte pour les études Loir et Nappe de Beauce.

Dans l'étude Ile de France, il n'y avait pas de volet photo-interprétation, en dehors d'un complément sur les zones humides en milieu agricole. Cette Couche (**PIAO** dans le tableau ci-dessus) a donc été intégrée en tant que zone humide de classe « Champ humide » avec un indice de confiance de 2. Pour le reste, l'étude Ile de France se basait sur une couche d'information ECOMOS réalisée par photo-interprétation au 1/25 000 pour rendu 1/50 000. Or, cette échelle de réalisation génère des problèmes de calages des limites avec des données comme les plans d'eau ou le réseau qui sont au 1/3000. Dans l'exemple ci-dessous, on remarque que cela génère soit des trous soit des débordements. Il y a donc beaucoup de polygones entre 50 et 500 m² qui sont principalement des artéfacts de calage. Les micropolygones (< 50 m²) ont été corrigées afin de garder une topologie correcte.

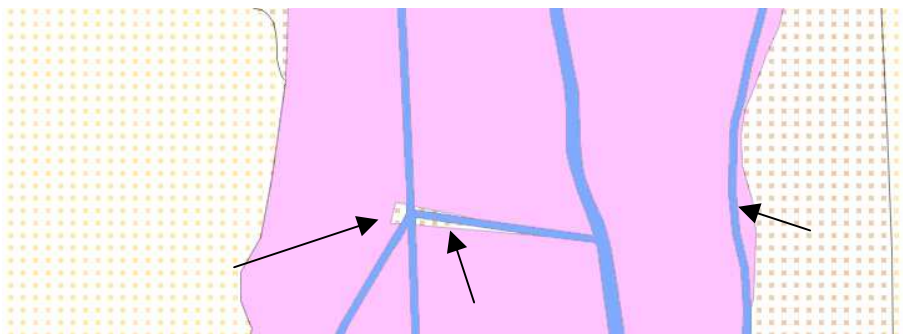


fig. 46) Illustration des problèmes relatifs à l'échelle

Le deuxième point concerne la structure attributaire de cette couche ECOMOS qui se base sur les habitats, mais pas sur la nomenclature choisie. Il est possible de faire quelques conversions faciles (peupleraies, marais, etc.), mais il est presque impossible de faire la conversion en zone humide de « bordure de plan d'eau » ou Zone humide de « bordure de cours d'eau » ni même ripisylves. Le tableau ci-dessous indique les conversions réalisées. Lorsque le choix est multiple (exemple: 2 ou 6 ou 8) c'est que les polygones ont été testés par requête SIG pour déterminer le meilleur code. Le problème de cette requête, c'est qu'elle ne peut pas tenir compte des problèmes liés au calage comme évoqué ci-dessus et le cas suivant montre que ce polygone ne pourra pas être détecté comme zone humide de bordure de plan d'eau puisqu'il ne le touche pas en raison du calage.

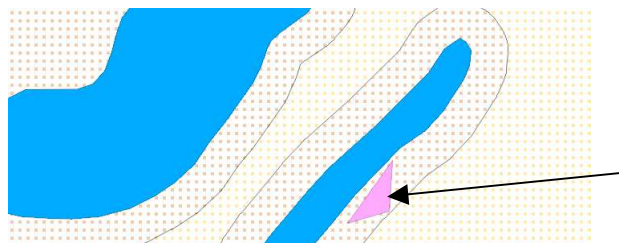


fig. 47) Illustration des problèmes de détection de la typologie de zones humides par requête SIG

Il faut donc prendre en compte que certaines classes de la typologie seront surestimées sur la zone Ile de France et inversement pour d'autres. De même, les ripisylves n'ont pas été différenciées, car elles n'étaient simplement pas segmentées et un travail de redécoupage serait nécessaire.

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

Corrélation avec la typologie étude SAGE Nappe de Beauce	Occupation	CLC6	Intitule6
2 ou 6 ou 8	prairie humide	231211	prairie humide "propre"
2 ou 6 ou 8	prairie humide	231212	prairie humide "propre", en forêt
2 ou 6 ou 8	prairie humide	231214	prairie humide "propre", en bassin de décantation
2 ou 6 ou 8	prairie humide	231221	prairie humide avec arbrisseaux
2 ou 6 ou 8	prairie humide	231222	prairie humide avec arbrisseaux, en forêt
2 ou 6 ou 8	prairie humide	231231	prairie humide avec arbres
2 ou 6 ou 8	prairie humide	231232	prairie humide avec arbres, en forêt
2 ou 6 ou 8	friche herbacée	231400	friche humide sur ancienne cressonnière
1 ou 6 ou 8	feuillus humides	311510	forêt humide dense
1 ou 6 ou 8	forêt humide jeune	311521	forêt humide jeune
5	forêt humide jeune	311522	forêt humide dense, sous ligne HT ou THT
1 ou 6 ou 8	forêt humide claire	311531	forêt humide claire
1 ou 6 ou 8	forêt humide claire	311532	forêt humide claire, suite à la tempête
1 ou 6 ou 8	forêt humide rasée	311540	forêt humide rase
1 ou 6 ou 8	feuillus humides	311611	forêt marécageuse dense
5	feuillus humides	311612	forêt marécageuse dense sous ligne HT ou THT
1 ou 6 ou 8	forêt humide jeune	311620	forêt marécageuse jeune
1 ou 6 ou 8	forêt humide claire	311630	forêt marécageuse claire
2 ou 6 ou 8 ou 9	marais intérieurs	411400	mégaphorbiaie
9	marais intérieurs	411500	zone marécageuse avec saules
9	marais intérieurs	411611	végétation humide basse
7	marais intérieurs	411612	végétation humide en bassin de décantation
7	marais intérieurs	411613	végétation humide en bassin d'infrastructure
9	marais intérieurs	411620	végétation humide, avec arbustes
9	marais intérieurs	411630	végétation humide, avec arbres
9	marais intérieurs	411200	roselière
99 ou 8	plan d'eau	512200	plan d'eau avec végétation aquatique
99	plan d'eau	512400	mouillère
3	peupleraie	311710	peupleraie dense
3	peupleraie jeune	311721	peupleraie jeune
3	peupleraie claire	311731	peupleraie claire
3	peupleraie claire	311732	peupleraie claire, suite a la tempête
3	peupleraie rasée	311740	peupleraie rasée
3	coupe	311750	coupe en peupleraie

fig. 48) Tableau de conversion des codes ECOMOS dans la typologie de l'étude (voir table ci-dessous).

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

Typologie de l'étude SAGE Nappe de Beauce

CODE	Nomenclature
1	Boisement organisé
2	Champ humide
3	Peupleraie
4	Ripisylve
5	Zone humide ponctuelle
6	Zone humide de bordure de cours d'eau
7	Zone humide artificialisée
8	Zone humide de bordure de plan d'eau
9	Marais

fig. 49) Table de la typologie de la nomenclature finale retenue

Concernant les produits calculés, le manque d'IBK a été compensé en partie par l'intégration des données pédologiques et géologiques 1/50 000 et 1/250 000. Comme la donnée n'est pas très précise, cela donne des enveloppes de probabilités, mais on notera toutefois que ces enveloppes sont plus restreintes qu'avec l'IBK. Un filtrage a été réalisé après la combinaison des différences données pour éliminer les trous formés (exemple ci-dessous) et les recoder selon la probabilité voisine la plus basse.



fig. 50) Les trous formés par l'assemblage ont été comblés en utilisant le seuil de » probabilité de présence de zones humides » voisin le plus bas.

Ce travail de mise en forme et de restructuration permet d'obtenir une couche d'information compatible avec le travail effectué sur le SAGE Nappe de Beauce et sur la partie SAGE Loir, même s'il est évident qu'il reste un biais quant aux reclassements des polygones dans la nouvelle nomenclature.

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

CODE	Indice de confiance	Probabilité	Intitulé	Diagnostic
101	1	Observation	Canal	Photo-interprétation
100	1	Observation	Cours d'eau	Photo-interprétation
99	1	Observation	Plan d'eau	Photo-interprétation
98	1	Observation	Plan d'eau de gravière	Photo-interprétation
81	4	Forte - Analyse historique	Ancien plan d'eau disparu	Carte de Cassini
73	0	Forte - Intégration données	Forte - Calcul théorique	Calcul théorique ou Buffer eau ou Cartes pédo & géol
72	0	Moyenne - Intégration données	Moyenne - Calcul théorique	Calcul théorique ou Buffer eau ou Cartes pédo & géol
71	0	Faible - Intégration données	Faible - Calcul théorique	Calcul théorique ou Buffer eau ou Cartes pédo & géol
70	0	Nulle - Calcul théorique	Zone sans potentiel	Calcul théorique ou Buffer eau ou Cartes pédo & géol
1	1 à 5	Très forte - Observation	Boisement organisé	Photo-interprétation
2	1 à 5	Très forte - Observation	Champ humide	Photo-interprétation
3	1 à 5	Très forte - Observation	Peupliers	Photo-interprétation
4	1 à 5	Très forte - Observation	Ripisylve	Photo-interprétation
5	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide ponctuelle	Photo-interprétation
6	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide de bordure de cours d'eau	Photo-interprétation
7	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide artificialisée	Photo-interprétation
8	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide de bordure de plan d'eau	Photo-interprétation
9	1 à 5	Très forte - Observation	Zone de marais	Photo-interprétation

fig. 51) Tableau récapitulatif des différentes valeurs attributaires de l'étude DREAL IDF homogénéisée.

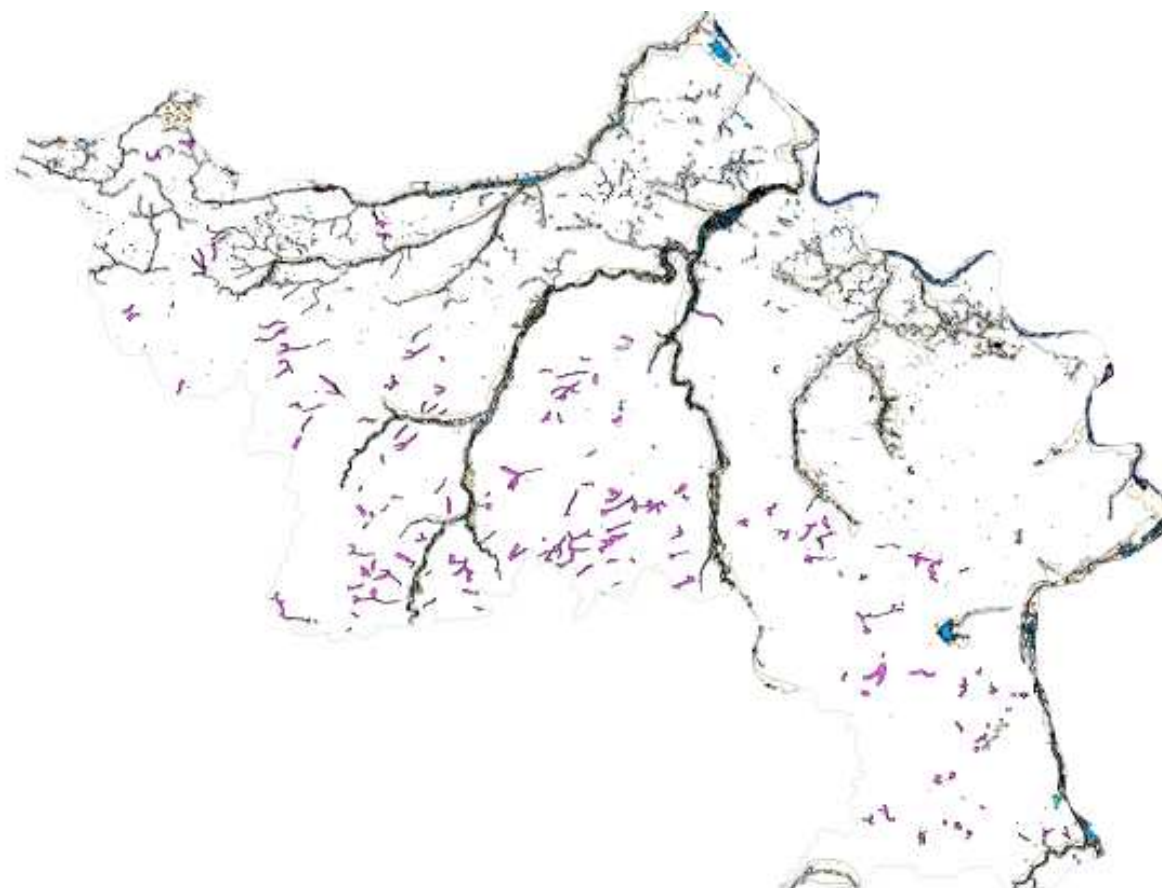


fig. 52) Illustration de la couche Ile de France homogénéisée

C) Préparation des inventaires et photo- interprétations mis à disposition pour intégration.

Dans le contexte de l'étude, l'utilisation de multiples données dans le but de les fusionner et/ou de les recouper nécessite une structuration parfaite de ces couches vectorielles. C'est pourquoi des corrections ont été apportées aux données initiales avant de procéder aux traitements. Le détail de ces vérifications et corrections est précisé en ANNEXE 1.

Après analyse des différentes informations dans les couches d'inventaires et les possibilités d'homogénéisation, il a été décidé de créer la structure suivante qui correspond à celle de l'étude SAGE Loir :

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

Structure de la couche vectorielle :

Table: ZONAGE_ZH Desc: couche de probabilité de présence et d'inventaire de zones humides NumRecords = 44497						
Nom du champ	Type	Taille	Déci	Min	Max	Description
OBJET_ID	Texte	22	0	1	44497	Identifiant unique
CODE	Texte	4	0			Code typologique du polygone
LB TYPOLOGIE	Texte	162	0			Intitulé typologique du polygone
CONFIANCE	Texte	4	0			Indice de confiance
LB CONFIANCE	Texte	41	0			Intitulé de l'indice de cnfiance du polygone
PROBABILITE	Texte	31	0			Type et degré de probabilité de présence de l'entité
ORIGINE	Texte	36	0			Origine de la donnée
DIAGNOSTIQUE	Texte	26	0			Type de diagnostique ayant conduit à l'identification
ANNEE	Entier	4	0			Année du diagnostique
ECHELLE	Entier	4	0			Echelle de travail pour le diagnostique
CONNEXION_RH	Entier	4	0			Réservé au relations avec le RH
TETE_BV	Entier	4	0			Réservé au relations avec le RH
INTERCEPTION_RH	Entier	4	0			Réservé au relations avec le RH
INTERCONNEXION	Entier	4	0			Réservé au relations avec le RH
SURFACE_M	Double	8	5			Surface du polygone en m ²
SURFACE_HA	Double	8	5			Surface du polygone en hectare
PERIPHERIE_M	Double	8	5			Périphérie du polygone en m

fig. 53) Table de la liste des champs attributaires de la table ZONAGE_ZH

Intégration des inventaires du CPNRC

En ce qui concerne les métadonnées⁴, la probabilité a hérité d'une valeur unique « Très forte – Observation », l'origine des inventaires est précisée et le diagnostic est par défaut défini en « photo-interprétation ». L'année hérite directement de l'information contenue dans les tables. Enfin, l'échelle a été évaluée en fonction de la qualité de la délimitation vectorielle par rapport à la BD ORTHO.

PROBABILITÉ	ORIGINE	DIAGNOSTIQUE	ANNÉE	ÉCHELLE
Très forte - Observation	Étude SAGE Nappe de Beauce - TTI Production	CPNRC	2010	3000

fig. 54) Table des métadonnées héritées

CONFIANCE	LB_CONFIANCE
1	Très fiable, très peu de doute possible

fig. 55) Table des indices de confiances

⁴ Métadonnées : c'est une donnée (ici sous forme de texte) servant à définir ou décrire une autre donnée, principalement les couches numériques vectorielles du SIG.

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

Les inventaires du CPNRC ont été reclassés selon la nomenclature finale tandis que l'indice de confiance a été affecté à 1 par défaut.

CODE	LB TYPOLOGIE
1	Boisement organisé
2	Champ humide
3	Peupliers
4	Ripisylve
5	Zone humide ponctuelle
6	Zone humide de bordure de cours d'eau
7	Zone humide artificialisée
8	Zone humide de bordure de plan d'eau
9	Zone de marais

fig. 56) Table des valeurs attributaires préservées

7) Campagne de validation terrain

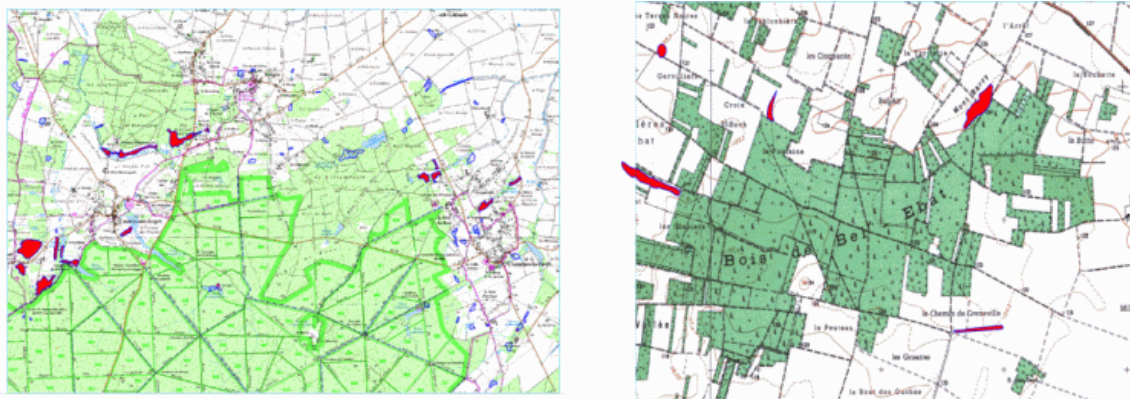
A) Réalisation de la campagne de terrain

a) Travail préparatoire

La campagne de terrain avait pour objectif non seulement de lever certaines incertitudes sur des zones ayant une réponse particulière en photo-interprétation, mais aussi de faire un état des lieux de la conservation générale des zones humides, en termes de biodiversité.

Trois secteurs ont été préalablement choisis en concertation avec ACER CAMPESTRE: la forêt d'Orléans, le secteur de Pithiviers et la Vallée de la Rimarde (fig. 52).

Ces trois secteurs ont dans un premier temps été analysés par imagerie aérienne et satellite par TTI Production. Les zones présentant un intérêt pour une investigation terrain ont été délimitées sous forme de polygones au format SIG utilisés par l'équipe d'ACER CAMPESTRE sur station de terrain.



Zones retenues : Forêt d'Orléans - Pithiviers - Vallée de la Rimarde



fig. 57) Secteurs choisis pour la campagne de terrain

b) Résultats de la campagne de terrain

Cette mission de terrain a pour premier objectif de lever des incertitudes quant au pré-masquage obtenu avec le calcul de l'indice topographique IBK et le buffer de distance autour du réseau hydrographique. Les expertises ont permis d'aller contrôler des secteurs difficilement identifiables (champs cultivés, couvert boisé, etc.) mais surtout d'affiner les zonages sur des secteurs abritant une forte densité de zones humides, dont certaines potentiellement remarquables. Elle a été réalisée en septembre 2011.

La reconnaissance du caractère humide s'est basée sur du « dire d'expert » s'appuyant sur des critères botanique et pédologique. L'approche s'est effectuée essentiellement sur l'analyse des habitats naturels présents dans leur contexte (topographie, hydrographie de surface). Afin d'argumenter les caractéristiques d'un zonage, nous nous sommes parfois appuyés, en complément du dire d'expert, sur différentes analyses :

. **Recherche d'espèces végétales indicatrices** lorsque la végétation existe et est non artificialisée. L'observation s'est effectuée prioritairement sur des points de part et d'autre de la frontière supposée de la zone humide suivant des parcours perpendiculaires à cette limite pour en déterminer la largeur. L'examen de la végétation vise à vérifier si elle est caractérisée par des espèces dominantes, indicatrices de zones humides, c'est-à-dire figurant dans la liste mentionnée dans l'arrêté de 24 juin 2008.

. En cas de doute, un **sondage pédologique** ponctuel a été réalisé, mais il n'a pas été systématique et la plupart du temps, isolé. Chaque sondage est réalisé à une profondeur entre 50 cm et 1 m et vise à vérifier la présence ou l'absence de critères liés à la présence de zone humide :

- horizons histiques (ou tourbeux) débutant à moins de 50 centimètres de la surface du sol et d'une épaisseur d'au moins 50 centimètres ;
- ou traits réductiques débutant à moins de 50 centimètres de la surface du sol ;
- ou traits rédoxiques débutant à moins de 50 centimètres de la surface du sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur.



fig. 58) Roselière et prélèvement pédologique (Chambon-la-forêt)

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

Chaque parcelle expertisée fait l'objet d'une note descriptive, les points suivants ont été relevés systématiquement :

- o Description de l'ensemble de la parcelle et recherche des limites de la zone humide
- o Renseignements pédologiques récoltés (non systématiques)
- o Identification des entrées et des sorties d'eau
- o Renseignement des habitats naturels dominants
- o Renseignement des usages principaux du secteur
- o Renseignement des fonctions hydrologiques
- o Vérification de la potentielle zone humide par rapport au pré zonage

Pré localisation des ZH du bassin versant de la Beauce		
Forêt d'Orléans 9	Altitude : 73m	0,99 ha
Commune(s) : Champou- la-forêt	28/09/11 Dedonder, Bergerand	Cours d'eau :
Critères de délimitation Présence de végétation hydrophile Cote d'écoulement	Entrée d'eau étang ruisseau	Sortie d'eau ruisseau étang
Description : ruisseau traversant une petite bande boisée, avec 3 étangs en enfilade. Le ruisseau est profondément encaissé, avec une végétation liée au cours d'eau limitée aux berges. Les étangs sont également bien encaissés (-1,50m), ce qui indique un niveau de nappe inférieur à 1,50m de profondeur. En aval, la zone d'influence du ruisseau s'élargit à une petite zone de 30m² où une roseillère s'est installée, entourée de frêne et de saule blanc. En amont une zone un peu plus large montre des signes d'hydromorphie par la végétation (Reine des prés, Roseau commun, Baldingère). La ripisylve devient plus structurée (Frêne, Saule blanc et Peuplier noir). Pédologie :		
Habitats naturels dominants : - Frênaie (41.3) - Roseillères (53.1) - Communauté de roseau et de grandes laiches de bordures de lacs (53) - Plantation de Peupliers (53,321)		
Usages : - Loisirs, pêche		
Fonction hydrologique : - Rétention d'eau		
Remarque(s) :		
Vérification par rapport au pré-zonage : la photo-interprétation est beaucoup trop large, la ZH se limite aux berges du ruisseau et des mares artificielles, avec une ripisylve plus développée en amont qu'en aval.		
Nouvelle(s) ZH détectée(s) : non		
  Photo 1 : roseillère Photo 2 : étang privé, encaissé		

Au final 3 zones ont été retenues comme prioritaires pour mettre en place des prospections de terrain, il s'agit des alentours de la forêt d'Orléans, Pithiviers et Vallée de la Rimarde.

Les expertises terrain ont porté sur 21 secteurs d'intérêts, une fiche de relevés a été réalisée pour chaque site. Au total, 10 présentaient des signes d'hydromorphie et pouvaient être qualifiés de zones humides.

Une grande majorité des zones humides délimitées sont dans un état de conservation médiocre à mauvais, la diversité faunistique et floristique semble restreinte. L'agriculture intensive ne laisse que peu de place aux cortèges faunistiques et floristiques, les zones humides sont relictuelles et peinent à jouer leurs rôles biologiques et hydrologiques (épurations des eaux, soutien d'étiage, ralentissement des écoulements, etc.).

c) Conclusion sur les résultats de l'enquête de terrain

Indice IBK :

Les résultats sont partiellement pertinents, car la zone centrale a donné des résultats de moindre qualité du fait de la topographie particulière de cette zone. Il ne faut pas oublier que toutes les zones humides ne répondent pas au critère topographique et que cette information reste théorique.

Buffer réseau hydrographique :

Les statistiques obtenues lors des études sur le SAGE Loir et la DREAL Ile de France permettent de dire que l'on peut définir une enveloppe de probabilité de présence de zone humide à partir de cette technique. La probabilité de présence de zone humide dans un buffer autour des cours d'eau dans la limite de certaines conditions de pentes s'est avérée assez bonne. Il est rappelé que l'enveloppe reste toutefois théorique.

Buffer plan d'eau :

Sa mise en pratique est assez simple. Elle part du principe qu'un plan d'eau puisse avoir une influence sur le milieu qui l'entoure et générer une zone humide plus ou moins permanente et importante. Le problème est que l'on a peu de données à ce sujet et la composition des sols encaissants (plus ou moins imperméables ou drainants) a une grande importance. Toutefois, s'agissant de définir des zones de probabilité de présence, la génération d'un buffer de 150 m dans des zones de pentes inférieures à 2° semble raisonnable.

III) Télédétection - imagerie

La télédétection est un outil indispensable pour donner un état des lieux des conditions environnementales. Elle permet de récolter de multiples données spatialisées sur de grandes superficies. Un système de télédétection ne génère pas une information directement utile; c'est avant tout un outil qui produit des données. Tout l'art de la télédétection consiste à transformer des mesures physiques obtenues sur des surfaces en informations utiles. Les données doivent être analysées conjointement avec d'autres types de données (de terrain, statistique, etc.) dans le but d'en extraire une information compréhensible pouvant être intégrée, la plupart du temps dans un Système d'Information Géographique.

1) Données satellitaires à disposition

La télédétection est définie comme l'ensemble des techniques qui permettent l'étude de la surface terrestre à partir d'enregistrements provenant de capteurs embarqués à bord d'avions ou de satellites. Ces techniques autorisent la détermination à distance des propriétés des différents types de surfaces (cultures, végétation naturelle, sols, surfaces en eau...). Les capteurs présents sur les satellites ne se limitent pas au seul domaine du visible, mais s'étendent aussi à l'infrarouge et aux hyperfréquences (Guyot, 1993).

A) Notions de base de télédétection optique-infrarouge

a) Le spectre de la lumière

La lumière blanche peut être décomposée en différents éléments visibles par l'œil humain ou non. La décomposition en différentes longueurs d'onde permet d'obtenir le spectre de la lumière blanche qui correspond à la lumière générée par le soleil. L'analyse de ce spectre est détaillée en ANNEXE 2.

b) Propriétés optiques des végétaux, de l'eau et du sol

Les propriétés spectrales des végétaux et du sol vont impacter sur la réponse enregistrée au niveau du satellite par le capteur. Toutes les plantes chlorophylliennes ont des feuilles qui absorbent de façon identique les différentes longueurs d'onde de la lumière. Les différences apparaissent non pas dans la forme, mais dans l'amplitude de la courbe.

Propriétés selon le domaine spectral

G. Guyot (1989) fait une distinction selon trois domaines spectraux.

- Dans le domaine du visible, les feuilles ont une faible réflectance, car la majeure partie du rayonnement est absorbé par les pigments foliaires (chlorophylle, carotène, xanthophylles et anthocyanes). Dans cette partie du spectre, l'absorption est maximum dans le bleu et le rouge et la réflectance maximum vers 550 nm (ce qui correspond au jaune vert).

- Dans le proche infrarouge (voir le début du moyen infrarouge) (de 700 à 1300 nm). Les végétaux chlorophylliens ont une réponse importante dans cette gamme de longueurs d'onde. La quantité du rayonnement absorbée par la feuille est au maximum de 10 % et la réflectance avoisine les 50 %.

- Dans l'infrarouge moyen (1300-2500 nm) c'est essentiellement l'eau contenue dans les feuilles qui va modifier les propriétés optiques des végétaux et donc la réflectance. Il existe au-delà de 1300 nm des bandes d'absorption maximum du rayonnement par l'eau. Cependant, il faut noter qu'à 1650 et 2200 nm la teneur en eau des feuilles influence la réflectance (qui augmente).

L'ANNEXE 3 présente les différents facteurs pouvant intervenir dans la modification de la réponse radiométrique d'une surface.

Qualités intrinsèques des canaux en fonction des longueurs d'onde

- **Bleu** : pénètre quelques mètres dans l'eau, distinction des sols nus et différenciation des conifères et des feuillus.
- **Vert** : optimal pour la végétation et notamment de sa vigueur
- **Rouge** : bonne discrimination interne de la végétation
- **Proche infrarouge** : délimitation des surfaces en eau, structure de la végétation
- **Moyen infrarouge** : humidité des sols et teneur en eau, végétaux, contraste entre minéral et végétation (corrélé avec le canal 4)
- **Thermique** : sécheresse et humidité des sols, température de surface.

c) Choix du type d'image satellitale en fonction de la thématique analysée.

Plusieurs critères sont requis pour choisir les images répondant le mieux aux besoins de l'étude.

. La définition de l'image

La taille des phénomènes étudiés doit être nettement plus grande que celle des pixels, d'où l'importance de la résolution spatiale du satellite. Par exemple, travailler sur un phénomène dont l'unité de sol a une surface moyenne proche de la taille du pixel est vouée à l'échec, car les effets de bords sur les pixels faussent le résultat. Pour bien segmenter une image, il faut que la taille du pixel de celle-ci soit inférieure à ce que l'on souhaite mettre en évidence.

À l'inverse, une image trop précise n'est pas exploitable en segmentation surtout en ce qui concerne les milieux naturels. En effet, plus l'image est précise (de l'ordre du mètre ou inférieur), plus l'impact d'éléments perturbant pour la réponse radiométrique est important. Parmi eux, on citera les ombres, la fraction végétale par rapport à la fraction minérale, les micros variations qui n'ont pas d'importance pour la thématique.

. Les canaux disponibles

Les valeurs radiométriques d'un pixel dépendent de ses propriétés optiques, infrarouges et physiques. Ainsi, dans le cas d'un pixel de végétation, la réponse dans les canaux du visible (vert et rouge) est fonction de la teneur en pigments foliaires des végétaux alors qu'elle dépend surtout de la structure des feuilles dans le proche infrarouge (PIR) et de la teneur en eau dans le moyen infrarouge (MIR). Chaque domaine spectral apporte une information bien particulière sur la nature de l'objet observé. Les valeurs d'un pixel dans les différents canaux permettent donc de caractériser sa nature. Il arrive que des pixels de nature différente présentent des signatures spectrales similaires ce qui peut induire des erreurs de segmentation.

. La problématique des zones humides

Les images visibles ont l'avantage d'être facilement lisibles même pour les non-initiés. Elles permettent de donner des réponses spectrales différentes pour chaque type de milieux. Cette réponse spectrale est le cumul de plusieurs variables : couverture végétale du sol, de l'humidité et de l'éclairage au moment de la prise de vue.

Dans certains cas, la modification de l'un de ces critères peut induire deux réponses spectrales différentes pour une occupation du sol identique (un même habitat écologique). C'est le cas des ombres, mais également du niveau d'humidité du sol. Cette humidité peut également avoir une répercussion directe sur l'état de la végétation. En agriculture, il est spectralement très facile de discriminer les parcelles de même nature et d'en déduire si elles sont irriguées ou non. Il en est de même pour les zones naturelles.

À l'inverse, deux types d'occupations du sol différents peuvent donner des réponses spectrales très proches. Il est alors impossible de les distinguer à l'œil nu par un travail de type photo-interprète classique et le taux de confusion lors des traitements statistiques (classification) peut être trop important pour donner une information fiable.

Un satellite comme AVNIR offre une résolution intéressante pour cette étude. Toutefois, la taille de pixel est de l'ordre de 10 m et ne permet pas une distinction de toutes les zones humides. En effet, une résolution de cet ordre ne permet pas de réaliser une cartographie inférieure au 1/20 000, car les limites seront trop floues et la discrimination plus difficile.

B) Les données AVNIR (satellite ALOS)

Le satellite ALOS a été lancé en 2006. Il comporte trois capteurs: un Instrument panchromatique permettant la stéréo restitution (PRISM), qui est composé de trois ensembles de systèmes optiques pour mesurer l'altitude précise; le visible et le proche infrarouge (AVNIR-2), qui observe ce qui recouvre les surfaces terrestres, et le radar en bande L (Synthetic Aperture Radar) (PALSAR), qui permet d'acquérir des données de jour comme de nuit et quel que soient les conditions météorologiques.

Les caractéristiques du satellite et des images AVNIR sont

Résolution de 10 mètres pour les 4 Bandes spectrales

Échelle de travail optimale : 1/15 000

Description des bandes spectrales :

0.42 - 0.50 μm (visible bleu)

0.52 - 0.60 μm (visible vert)

0.61 - 0.69 μm (visible rouge)

0.76 - 0.89 μm (proche infrarouge)

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce



fig. 59) Extrait d'une image AVNIR

Chaque bande peut apporter des éléments qui permettront une meilleure discrimination des différents milieux. La saison des prises de vues choisies pour cette étude est la fin d'hiver de 2007 au printemps 2008, car les sols nus facilitent la détection des zones humides notamment dans les parties agricoles.

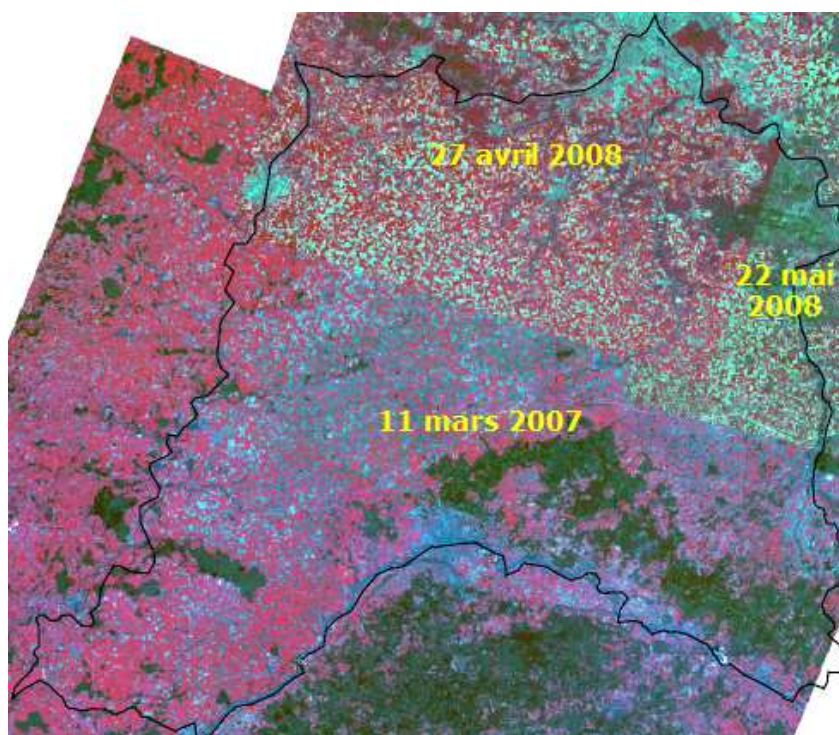


fig. 60) Illustration de la couverture image AVNIR du territoire du SAGE
fig. 61)

C) Les prétraitements

a) Géoréférencement et orthorectification

Les traitements de base, géoréférencement et orthorectification, ont été réalisés sur la même référence cartographique et sur le même Modèle Numérique de Terrain afin de minimiser les décalages géométriques entre les scènes de même capteur et entre scènes de capteurs différents. Pour le géoréférencement, les photographies de la BD ORTHO ont été utilisées comme référence pour la prise de points de calage. L'orthorectification est un processus de calcul qui a comme objectifs de corriger les déformations de l'image liées au relief.

Ces conditions sont incontournables si on veut obtenir des images géométriquement « corrélables » entre elles notamment pour des analyses statistiques ou d'indices. Cette correspondance est indépendante de la taille du pixel. Il est vrai que des tailles de pixels homogènes facilitent ce genre d'opération, mais la résolution d'une image peut toujours être rééchantillonnée pour caler avec une autre.

Une ortho-image est une correction de façon à ce que l'image semble être prise à la verticale de tous les pixels qu'elle représente. Trois opérations de rectifications sont à réaliser lors du calcul de l'ortho-image :

- v Corriger l'inclinaison de la prise de vue
- v Rectifier l'inclinaison des objets due au relief
- v Corriger l'erreur de parallaxe⁵ commise à l'acquisition

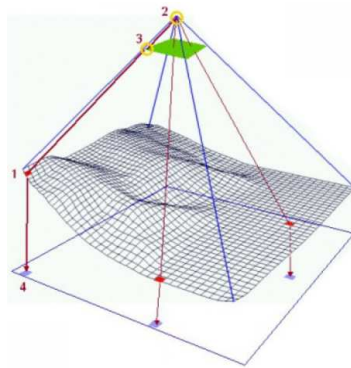


fig. 62) Schéma de la déformation lors de l'orthorectification

Les images seront orthorectifiées sur le MNT IGN. S'agissant d'image à 10 mètres (AVNIR), la précision planimétrique attendue sera comprise entre 10 et 20 mètres.

⁵ Erreur de parallaxe : La parallaxe est l'incidence du changement de position de l'observateur sur l'observation d'un objet ou d'une surface. En d'autres termes, la parallaxe est l'impact de changement de position de l'observateur sur un objet observé.

b) Les compositions colorées

Une composition colorée est une combinaison de trois canaux choisis auxquels on affecte une valeur visuelle. Les trois couleurs rouge, vert, bleu sont attribuées à trois canaux différents.

L'interprétation d'une composition colorée permet de dégager les grands ensembles, les grands types d'organisation. Le travail réalisé est un travail identique à celui de la photo-interprétation (en couleur naturelle) avec cependant la possibilité de jouer sur les combinaisons de canaux, aboutissant à des résultats représentant des objets avec des couleurs qui peuvent nous être inhabituelles. La création de compositions colorées fait partie des premières démarches d'amélioration d'images qui doivent être réalisées dans le cadre de travaux de télédétection. Lorsque l'on analyse une image de télédétection, il est important de choisir les canaux qui présentent le moins de corrélation entre eux. Un des premiers travaux va être de déterminer en fonction du thème étudié quels sont les canaux qui sont les plus pertinents.

Lors de cette étude, nous avons majoritairement utilisé la composition colorée suivante :

Pour les images AVNIR : RVB – 421

D) Données aériennes : BD ORTHO

Pour la réalisation du projet, une mosaïque de BD ORTHO d'origines et de dates différentes a été utilisée.

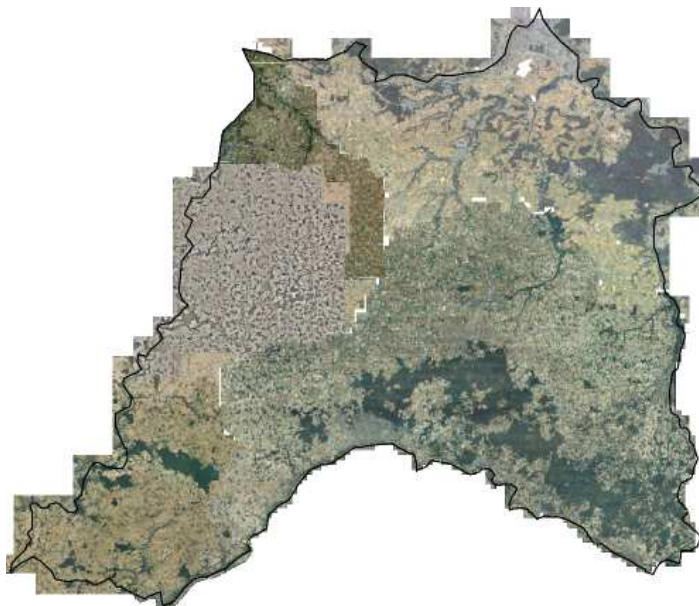


fig. 63) Illustration des différentes BD ORTHO utilisées

La BD ORTHO de l'IGN est de qualité variable en fonction des départements, ceci est surtout lié à la date d'acquisition des photos. De plus, avec les capteurs numériques récents, la qualité est meilleure tant au niveau précision que radiométrique.

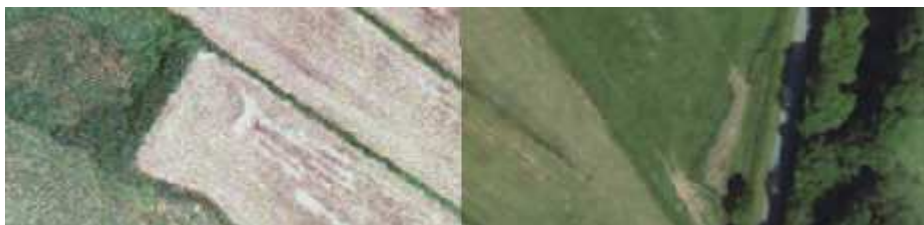


fig. 64) Illustration de la différence de qualités de 2 BD ORTHO

De ce fait, la qualité fait qu'il est parfois difficile d'affirmer qu'il s'agit de surfaces en herbes ou en eau comme le montre l'exemple ci-dessous.



fig. 65) Illustration de la difficulté à identifier les plans d'eau sur certaines BD Ortho

IV) Photo-interprétation

1) Échelles de travail

Nous avons travaillé à échelle constante afin de conserver une homogénéité de densité de polygones en utilisant les fonctions de zoom pour faciliter la détermination ou la délimitation plus précise d'un thème. La photo-interprétation s'est effectuée en multi-fenêtrage sur poste tri-écran ce qui permet de consulter simultanément des documents cartographiques d'origine ou d'échelle différente si besoin est. L'échelle a été fixée au 1/2500 pour le tracé des zones humides.

2) Typologie de photo-interprétation

Chaque type de zone humide a ses propres caractéristiques tant au niveau biodiversité qu'au niveau fonction. Toutefois, il est impossible de quantifier l'intérêt d'un type de zone humide par rapport à une autre. En effet, le potentiel du réservoir biologique est fonction de l'état de santé de la zone humide et non de son type.

C'est avant tout le niveau de dégradation d'une zone humide qui fait son efficacité.

CODE	Nomenclature
1	Boisement organisé
2	Champ humide
3	Peupleraie
4	Ripisylve
5	Zone humide ponctuelle
6	Zone humide de bordure de cours d'eau
7	Zone humide artificialisée
8	Zone humide de bordure de plan d'eau
9	Marais

fig. 66) Table de la typologie de la nomenclature finale retenue

Explications de la nomenclature utilisée lors de l'interprétation :

Les zones humides de type boisement organisé

Au sein de la classe nommée « boisement organisé » sont inclus les boisements organisés en milieu forestier ou non, mais aussi les peupleraies dont l'identification était délicate. Nous avons donc préféré les inclure par prudence dans cette classe.



fig. 67) Illustration des zones humides de type boisement organisé

Les zones humides de type « champ humide »

La classe « champ humide » regroupe les champs et les prairies détectées comme humides via les images satellites et les photographies aériennes. Ces zones humides sont bien visibles sur le canal Infra-Rouge : une tache sombre est détectée à l'échelle d'une parcelle agricole.

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce



fig. 68) Illustration des zones humides de type « champ humide »

NOTE : l'image AVNIR ayant un pixel à 10 mètres, à échelle équivalente à la BD Ortho (50cm), on voit apparaître ces pixels.

Les peupleraies



fig. 69) Illustration des zones humides de type peupleraies

Au sein de la classe peupleraie sont regroupées les jeunes peupleraies et les peupleraies matures. Elles diffèrent des boisements organisés de par leur canopée très reconnaissable ainsi que leurs ombres portées au sol.

Les ripisylves

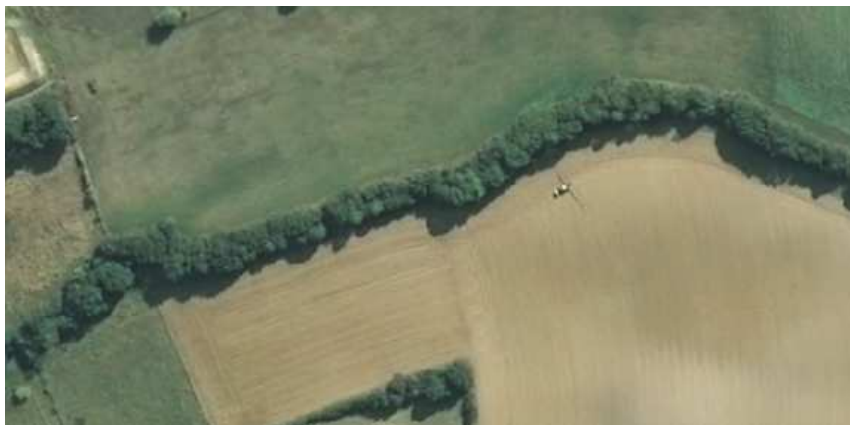


fig. 70) Illustration des zones humides de type ripisylves

Cette catégorie englobe l'ensemble des formations boisées et buissonnantes situées de part et d'autre des rives des cours d'eau, des plans d'eau et des drainages.

Les zones humides ponctuelles.



DB Ortho



AVNIR

fig. 71) Illustration d'une zone humide de type « ponctuelle »



BD Ortho : Champ / Forêt

fig. 72) Illustration des zones humides de type « ponctuelles »

La classe intitulée « zone humide ponctuelle » intègre les traces d'humidité (zones indiquant d'un point de vue radiométrique et texturale de l'humidité dans le sol – leur étendue est relativement restreinte, inférieure à une parcelle agricole), les zones humides ponctuelles (ce sont de très petites zones, souvent circulaire, indiquant une forte présence d'humidité), les traces d'écoulement (ce sont des traces d'écoulement d'eau dans les champs en direction des vallées) et les clairières humides.

Les zones humides de bordure de cours d'eau

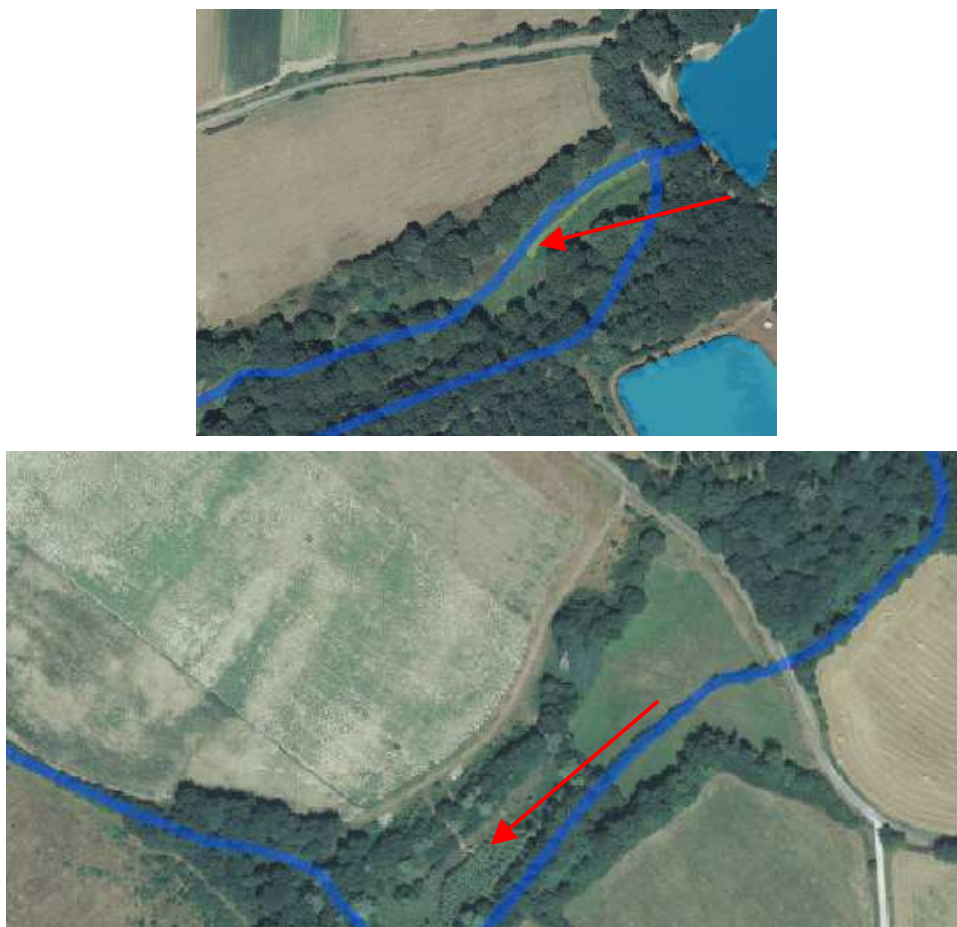


fig. 73) Illustration des zones humides de type « bordure de cours d'eau »

Les zones humides de bordure de cours d'eau sont en général des zones de prairies, des champs cultivés ou non, des zones en friches, ou des pelouses ayant une réponse humide et qui sont proche d'un cours d'eau. Ces zones ne bordent pas de manière générale directement le cours d'eau.

Les zones humides artificialisées

Les zones humides anthropisées, les zones humides de bord de drainage et les zones humides de carrière sont inclus dans la classe « zone humide artificialisée »



fig. 74) Illustration des zones humides artificialisées sur BD Ortho

Les zones humides de bordure de plan d'eau

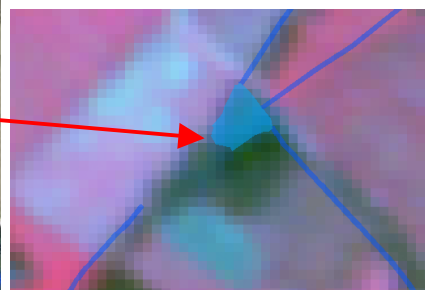
Ces zones humides sont situées sur la périphérie des plans d'eau. Toute zone qui a une réponse spectrale humide se situant en bordure de plan d'eau sera intégrée à cette classe.



DB Ortho



DB Ortho



AVNIR

fig. 75) Illustration des zones humides de type « bordure de plans d'eau » sur différents types d'images.

La distinction est parfois difficile entre les zones humides de bord de cours d'eau et les zones humides de bordure de plan d'eau :

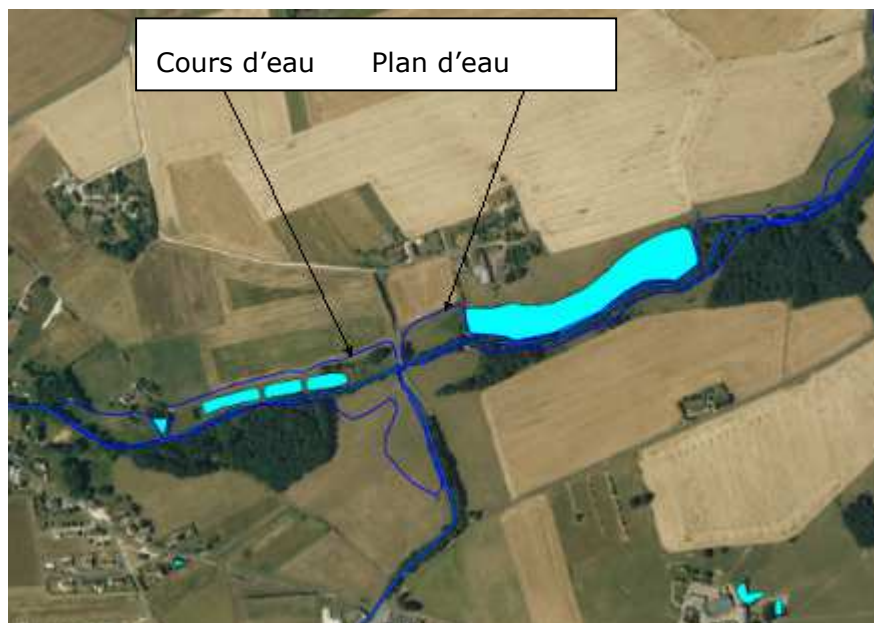


fig. 76) Illustration de la différenciation difficile entre zones humides de bordure de plans d'eau et zones humides de bordure de cours d'eau

Les zones humides de type Marais

Ces zones humides sont souvent situées sur l'axe des cours d'eau ou encadrés par ces cours d'eau et montrent la présence d'eau supposée permanente sous la végétation. La végétation est caractérisée par des espèces herbacées hautes et est relativement dense.



fig. 77) Illustration des zones humides de type Marais

3) Méthodologie de photo-interprétation

A) Rappel des zones de travail

La photo-interprétation a été réalisée de façon complète sur les départements de l'Eure-et-Loir, du Loir-et-Cher, et du Loiret, à l'exception de la partie commune avec le SAGE Loir, sur la base des orthophotos et des images satellites AVNIR.

À ce travail, s'ajoute le travail réalisé sur le SAGE Loir qui est de la même nature à l'exception de l'utilisation d'une couverture image supplémentaire (RAPIDEYE) .



fig. 78) Carte du résultat de la photo-interprétation incluant celle du SAGE Loir

Sur cette carte, on distingue nettement la partie correspondant à l'Ile de France qui n'a pas été reprise lors de la photo-interprétation.

B) Méthodologie

La cartographie s'est effectuée de façon uniquement manuelle. Les images de références pour cette photo-interprétation sont les images AVNIR. La finalité de l'interprétation est de produire une couche vectorielle complémentaire des données exogènes indiquant la présence d'humidité en surface. L'interprétation permet de caractériser des zones dans les parties agricoles sur lesquelles on a généralement peu d'information. En effet, les traces ayant une réponse spectrale faible sont détectables dans les zones de sols nus. Néanmoins, à certains endroits, la réponse spectrale dans les parcelles cultivées peut être légèrement différente et visible dans les zones de drainage ou dépressionnaires.

La photo-interprétation des zones humides consiste à réaliser un zonage issu de l'observation des images satellitales visibles et infrarouges puisque les images possédant des canaux infrarouges font ressortir l'humidité latente.

L'identification des zones humides s'est effectuée selon les critères suivants :

- o Teinte/couleur sur les images visibles.
- o Forme et répartition (présence de cours d'eau ou ripisylves à proximité).

La multitude de facteurs environnementaux pouvant conduire à l'existence d'une zone humide doit être prise en compte au moment de la photo-interprétation : les modifications paysagères en zones agricoles (labour, récolte, défrichage...) ou les conditions météorologiques récentes qui modifient les conditions micro-climatiques et changent le signal. La corrélation avec le réseau hydrographique doit être vérifiée lors de l'interprétation. Il semble que certaines zones humides aient un fonctionnement indépendant du réseau global et correspondent à des micro-dépressions.

Cette interprétation a pour but de délimiter des zones dont le caractère humide semble potentiel. Le caractère avéré ne peut être caractérisé que s'il y a un parallèle avec des données. Il faut bien avoir en tête que les images satellitales peuvent permettre de détecter de l'eau ou de l'humidité en surface sous certaines conditions, mais que cela ne veut pas dire que la zone en dessous présentent les caractéristiques des zones humides selon les critères pédologiques et floristiques mentionnés dans l'arrêté. De même, le fait qu'aucune information de surface n'apparaisse sur l'image satellitale ne signifie pas forcément que le sol ne présente pas d'humidité.

C) Limites de la photo-interprétation

Les images satellitales permettent d'apporter des éléments sur des zones potentiellement humides en fonction de la présence de traces d'humidité en surface détectées par télédétection. Néanmoins, ces zones potentiellement humides par photo-interprétation ne répondent pas forcément aux caractéristiques de zones humides selon les critères pédologiques et floristiques mentionnés dans l'arrêté sur la définition des zones humides. Le caractère humide ou non ne peut être déterminé avec certitude sans effectuer une vérification terrain par sondage pédologique ou inventaire floristique.

Toutes ces traces observables au sol à partir des images satellitales ne correspondent pas forcément à la présence d'humidité en surface. Par exemple, la formation de croûte de battance peut générer une stagnation de l'eau en surface, alors que la principale cause est la texture du sol. De même, un travail superficiel du sol ou un labour peut générer des semelles de labour ou des couches imperméables à faible profondeur, entraînant une retenue d'eau superficielle. A contrario, le fait qu'aucune information de surface n'apparaisse sur l'image satellitale ne signifie pas forcément que le sol ne présente pas d'humidité. L'analyse a montré que des confusions étaient possibles, sans qu'elles aient pu être quantifiées. Cependant, ces erreurs ou confusions peuvent être minimisées en faisant une corrélation avec des données exogènes (en particulier avec le réseau hydrographique, l'IBK ou d'autres données comme les cartes de Cassini). Néanmoins, en fonction de la précision de ces données, certaines confusions ne pourront être levées.

D'autre part, la télédétection est limitée aux zones présentant des sols nus ou faiblement végétalisés. À l'intérieur de ces zones agricoles, la détection est dépendante de l'assolement. Il existe rarement une période où toutes les parcelles de culture présentent un sol nu. Il est donc nécessaire de travailler avec des images de plusieurs dates d'acquisition afin d'essayer d'obtenir au final un continuum et de limiter les erreurs d'interprétation.

Il est nécessaire de préciser que les polygones réalisés à partir de la photo-interprétation ne correspondent pas à une délimitation précise de zones humides. Les limites sont donc floues et représentent une globalisation des réponses spectrales liées à la présence d'humidité de surface et entachées de critères de délimitation subjectifs propres au photo-interprète.

Pour pallier à ces divers problèmes, un indice de confiance a été ajouté lors de la photo-interprétation. Un indice de confiance est attribué pour chaque polygone interprété.

- o L'indice de confiance 1 est associé à toute zone dont l'interprétation est fiable (croisements de données entre la BD ORTHO et les différents traitements sur les images satellitales).
- o L'indice de confiance 2 est attribué aux zones dont l'emprise, la localisation ou la terminologie ne sont pas certaines – interprétation moins fiable.
- o L'indice 3 est associé aux zones douteuses.
- o L'indice 4 est appliqué aux zones qui devraient être humides au regard de la situation topographique et géographique, mais non visible à la photo-interprétation

4) Résultats de la photo-interprétation

L'ensemble des polygones interprétés en tant que zones humides avoisine les 11 644 objets. Ils se divisent en 9 classes. Au sein de ces classes, nous observons certaines différences de représentativité statistiques.

Leurs représentativités en % de surface ainsi qu'en % d'occurrences sont indiquées dans le tableau suivant :

Type	Occurrence	Occurrence %	Superficie totale en ha	Superficie totale %	Polygone moyen en m ²
Boisement organisé	570	4.84 %	483	4.61 %	8473
Peupleraie	627	5,35 %	926	8,84 %	14780
Ripisylve	2359	20.01 %	1471	14.04 %	6235
Champs ou prairies humides	1081	9.17 %	2445	23.34 %	22610
Zone humide artificialisée	155	1.31 %	83	0.79 %	5354
Zone humide de bordure de cours d'eau	2941	24.95 %	3629	34.64 %	12330
Zone humide de bordure de plan d'eau	2507	21.27 %	866	8.27 %	3454
Zones humides ponctuelles	1435	12.17 %	287	2.74 %	2000
Marais	110	0.93 %	285	2.72 %	25900
Total	11785		10475		8888

fig. 79) Tableau des statistiques du travail de photo-interprétation

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

On remarque une forte proportion des zones humides de bordure de cours d'eau, que ce soit en nombre de polygones (25 %) et en surface totale (34.7 %). Ceci est dû au fait que cette classe regroupe toute zone repérée comme humide située en bordure d'un cours d'eau, mais aussi les zones humides de vallées alluviales qui sont généralement de larges polygones.

Les ripisylves ont le taux d'occurrence élevé avec presque 20 % des polygones. Cependant, leur surface ne représente que 14.04 %. En effet, les ripisylves sont très nombreuses sur le territoire, mais sont essentiellement constituées de polygones très étroits longeant les cours d'eau. Leur superficie totale est donc relativement faible.

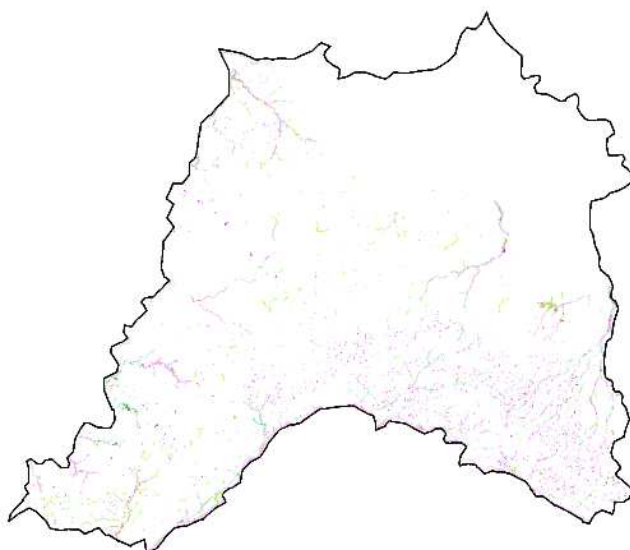


fig. 80) Carte de pré localisation des zones humides sur l'ensemble du territoire du SAGE

La répartition par typologie des résultats de photo-interprétation incluant la partie commune au SAGE Loir est présentée en ANNEXE 4.

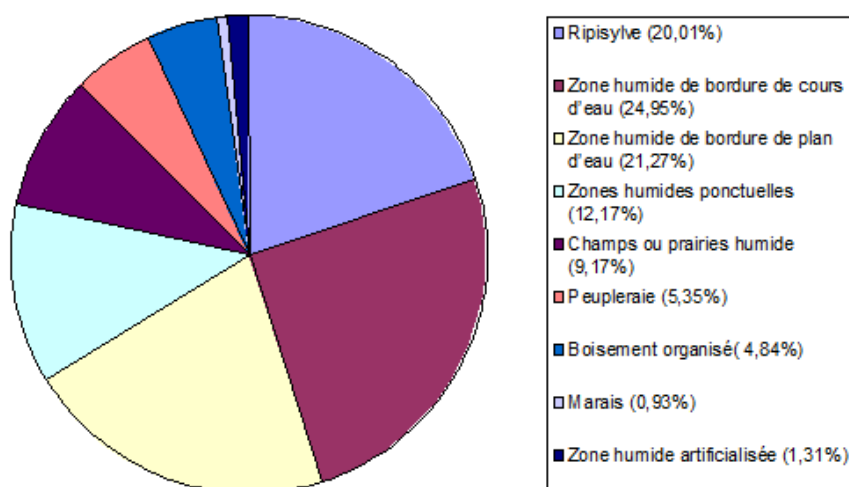


fig. 81) Pourcentage des classes de zones humides par occurrence

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

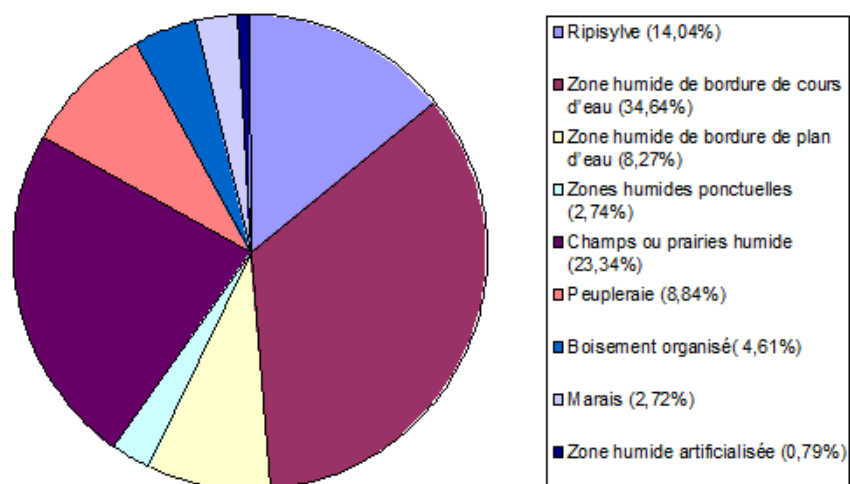


fig. 82) Pourcentage des classes de zones humides par superficie

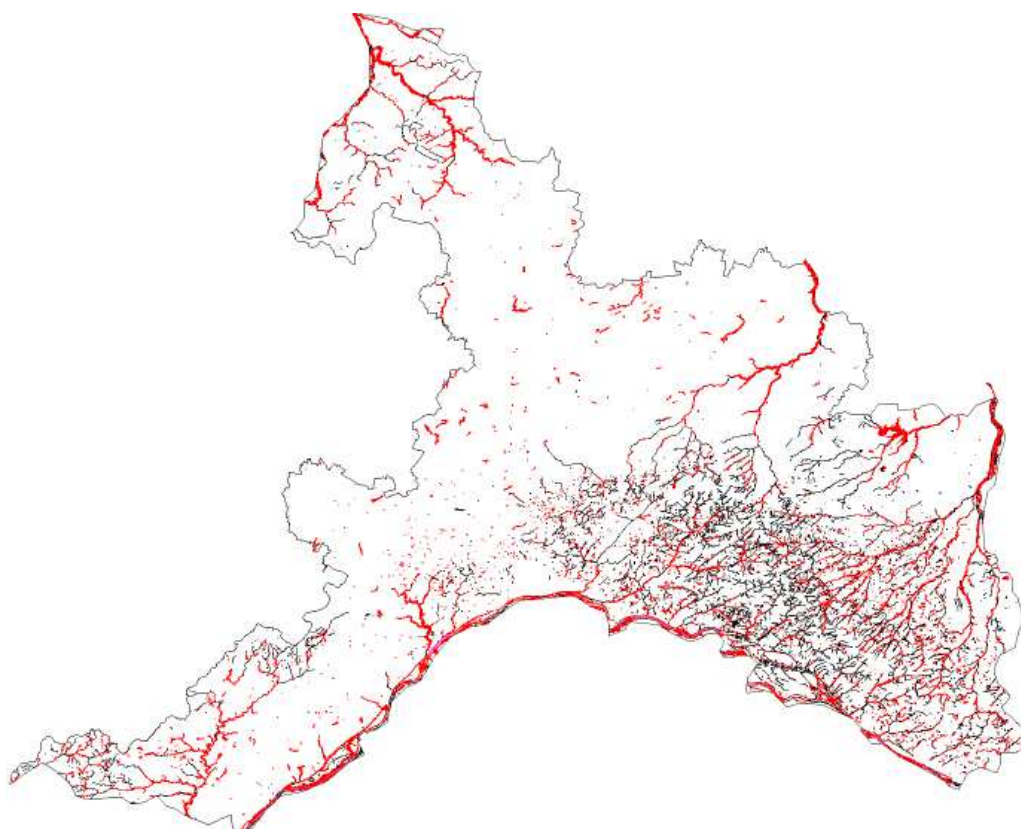


fig. 83) Répartition des zones humides (ici représentées en rouge) interprétées dans le cadre de l'étude.

IV) Assemblage des couches d'informations.

Le croisement de toutes ces données est une opération délicate étant donné les origines très hétérogènes des couches d'information, surtout dans un processus de fusion où les précisions des données sont différentes.

D'un point de vue technique et topologique, l'ordre de fusion des couches ne suit pas forcément l'ordre de priorité thématique des enveloppes. On part des couches les plus complexes et l'on intègre après les couches les moins complexes en tenant compte de leur priorité par rapport au type d'enveloppe et l'on réaffecte les codes d'enveloppe appropriés pour les polygones d'intersection en fonction de leur priorité.

1) Méthodologie générale

On part, en priorité, de la classe contenant tous les éléments en eau que l'on ne considère pas comme humide : les plans d'eau et les cours d'eau dont l'emprise n'est pas discutable, car ils sont réellement observés sur la BD ORTHO. En second, le « buffer » autour des plans d'eau et cours d'eau fusionné avec l'IBK. Puis le regroupement des « inventaires » collectés et des zones photo-interprétées viennent terminer l'assemblage de la couche.

Explication des priorités des couches les unes par rapport aux autres dans l'assemblage :

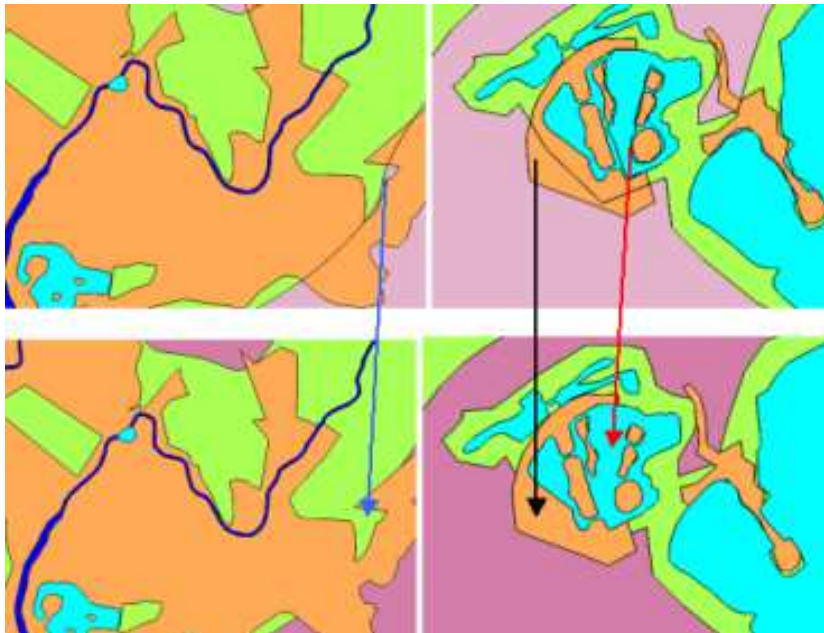


fig. 84) Illustration du type de traitements à réaliser sur les couches plans d'eau + « buffer » et inventaires fusionnés

- **Cas 1 (flèche noire) :** les limites du « buffer »-eau contenues dans les polygones d'inventaire doivent disparaître, car ces derniers sont prioritaires.
- **Cas 2 (flèche bleue) :** En raison des limites imprécises de certaines couches, il n'est pas rare que de petits « vides » se forment, ils sont alors réaffectés au polygone le moins prioritaire dans la limite de 1500 m² soit environ 2.5 mm² sur une carte au 1/25 000.

- **Cas 3 (flèche rouge) :** les limites de la couche « inventaire » contenues dans les polygones "cours d'eau" et "plans d'eau" doivent disparaître. Le plus souvent, ces limites apparaissent à cause de la différence d'échelle des données. Ici, le tracé des « inventaires » étant moins précis que la délimitation des plans d'eau, fait que la zone délimitait une seule île dans le plan d'eau alors qu'en réalité, il y en a trois. Le polygone d'inventaire est donc redécoupé en utilisant les limites des plans d'eau. On voit bien ce travail sur l'exemple ci-dessous.

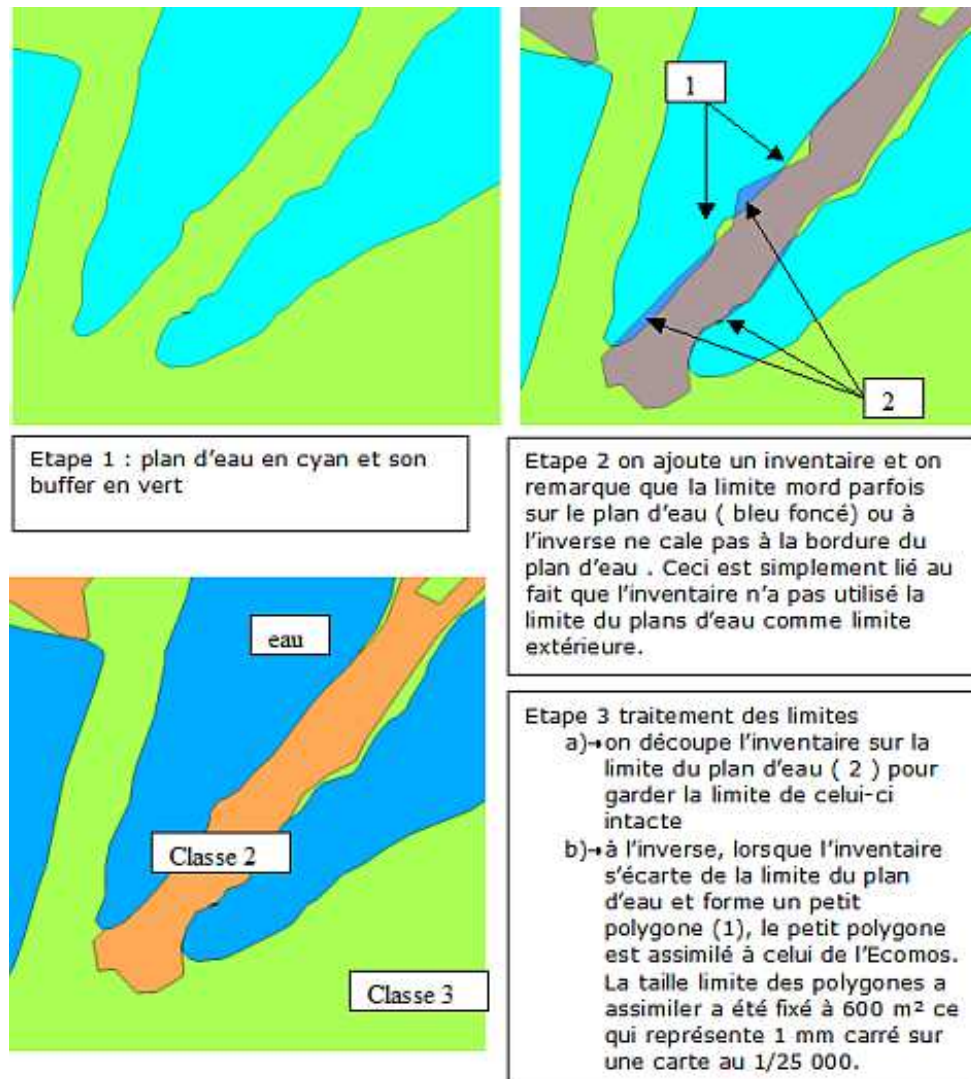


fig. 85) Illustration du type de traitements à réaliser pour éliminer les micro polygones

Un contrôle visuel est nécessaire aussi à la fin de cette étape pour traiter les cas particuliers. On se rend compte, à travers ces procédures, qu'il ne s'agit pas seulement d'effectuer une simple opération de fusion de polygones d'une couche à une autre. Mais, étant donné l'hétérogénéité très forte des données, les différences de précisions de délimitation des polygones et le fait que les études aient été réalisées de façon indépendante les unes par rapport aux autres, cela engendre un résultat très complexe (multitudes de petits polygones qu'il faut soit éliminer, soit attribuer) qui nécessite d'être simplifier pour le rendre cohérent et exploitable.

2) Assemblage des couches "eau" et du "buffer eau" avec l'IBK

La couche "plan d'eau" intègre tous les plans d'eau nécessaires à l'étude. Une couche complémentaire permet d'avoir un inventaire exhaustif des plans d'eau et notamment artificiels, de la BD TOPO qui ont été écartés préalablement (à l'exception des stations d'épuration définitivement supprimées).

À la couche "plan d'eau", utilisée pour l'étude, ont été ajoutés les inventaires de mares mis à notre disposition.



fig. 86) Illustration de la couche "plan d'eau" intègre trois types d'objets

- A – les cours d'eau larges (en polygones)
- B – les plans d'eau
- C – les plans d'eau de gravières et carrières

Les deux dernières informations seront préservées dans la couche finale alors que la première sera fusionnée avec les cours d'eau sous forme polygonale.

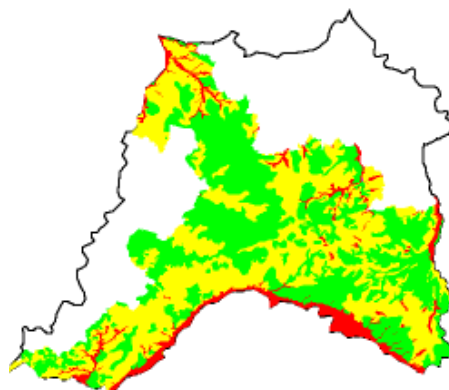


fig. 87) Illustration de la fusion de la couche IBK

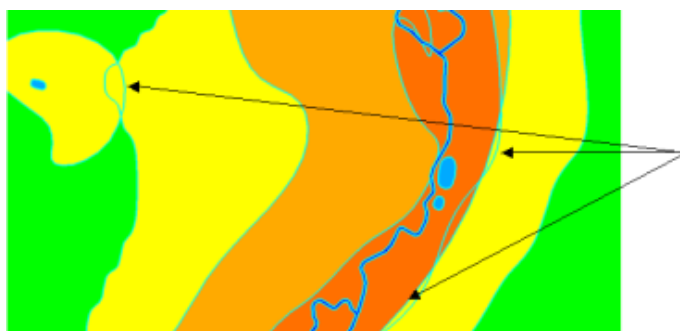
La couche IBK avec 3 niveaux de probabilité de présence a préalablement été corrigée afin d'éliminer les effets produits par les courbes de niveau ainsi que les micros polygones produits par la transformation d'image en vecteur.



fig. 88) Illustration de la couche buffer plan d'eau

La couche buffer plan et cours d'eau est binaire sous forme de polygones vectoriels. Elle correspond à un buffer contraint par la pente sur ces éléments.

La fusion du buffer "cours d'eau" et de l'IBK, permet de générer une couche de probabilité de présence. La combinaison de ces deux couches génère une grande quantité de petits polygones nuisibles à la lecture du document et à la suite des traitements.



Traits verts : anciennes limites de la fusion en « vert »

fig. 89) Illustration du résultat du traitement d'élimination des petits polygones.

La fusion des couches a été faite en respectant ces règles:

IBK (3 niveaux)	BUFFER EAU (binaire)	INDICE FINAL
1	non	0 (probabilité quasi nulle)
1	oui	1 probabilité faible
2	non	1 probabilité faible
2	oui	2 probabilité moyenne
3	non	2 probabilité moyenne
3	oui	3 probabilité forte

fig. 90) Table des indices retenus pour la fusion des deux informations

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

On obtient donc un zonage théorique à 4 niveaux de probabilité de présence. S'agissant de probabilité sur un calcul mathématique, il est évident qu'aucun indice de fiabilité ne peut être associé à cette couche.

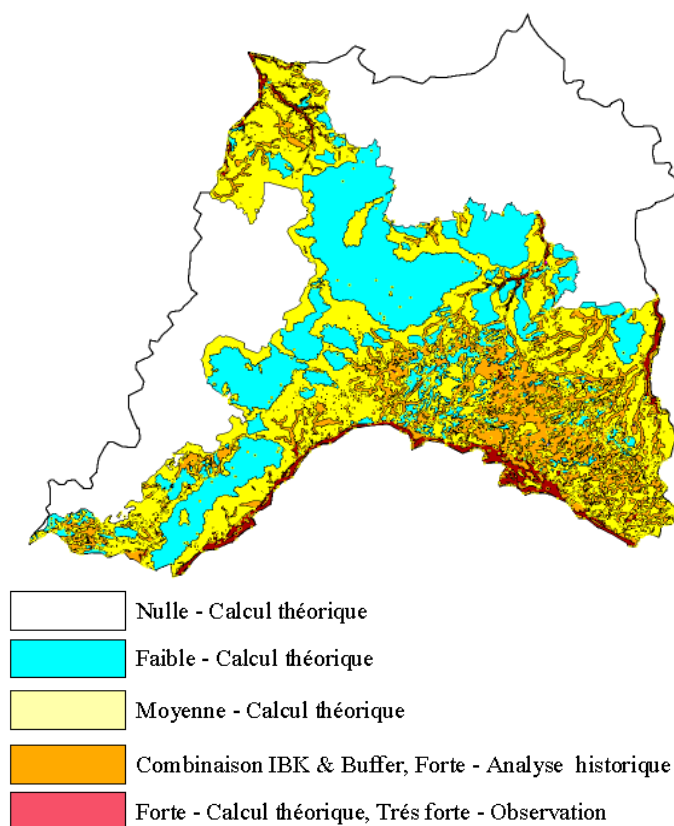


fig. 91) Illustration du résultat de fusion de la couche IBK avec la couche buffer plan d'eau

Dans cette fusion, l'eau est prioritaire par rapport à l'information théorique, elle ne peut donc être modifiée afin de ne pas en altérer les limites.

La fusion des enveloppes théoriques et de la couche eau, génère également une grande quantité de petits polygones nuisibles à la lecture du document et à la suite des traitements. Ils sont donc éliminés dans la mesure du possible suivant des règles de surface et de priorisation de l'information.

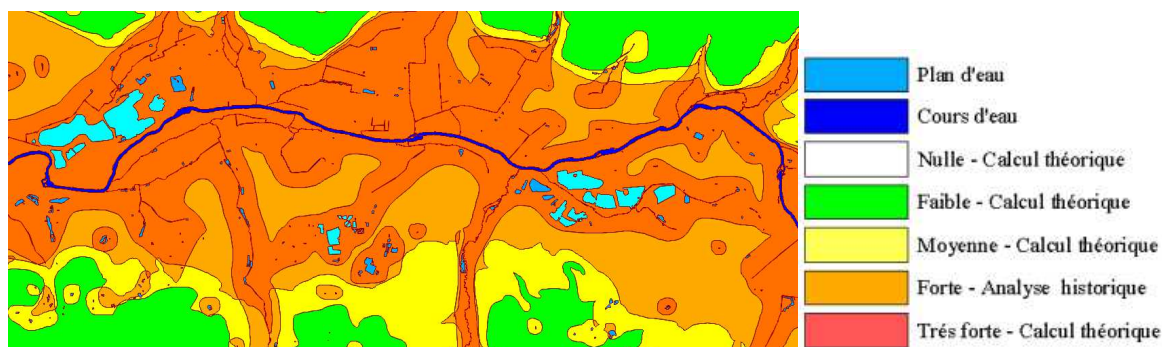


fig. 92) Illustration du résultat de la fusion

3) Intégration des éléments de Cassini

La couche historique de Cassini comprend des polygones qui correspondent à l'ancienne limite des étangs asséchés ou de plus larges emprises qu'actuellement.

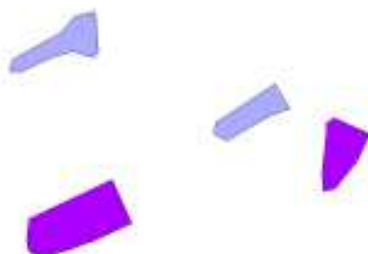


fig. 93) Illustration d'une délimitation d'étangs de Cassini

La couche des éléments de Cassini est ensuite intégrée dans le zonage déjà réalisé, ce qui consiste en la dernière étape de fabrication du zonage

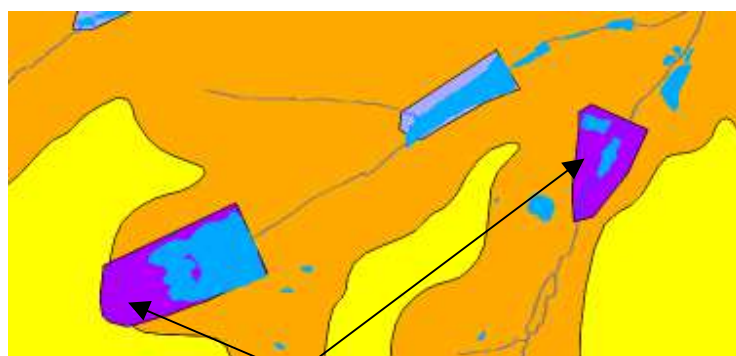


fig. 94) Illustration de l'intégration des étangs de Cassini dans la couche fusionnée.

Dans cette fusion, l'eau est prioritaire sur l'information théorique, elle ne peut donc être modifiée afin de ne pas en altérer les limites. Ensuite, les éléments de Cassini étant basé sur des faits historiques (donc validés) ont été considérés comme prioritaires sur les éléments théoriques de l'IBK et des buffers eau.

Le résultat final est donc une couche unique en mode polygonale, avec respect des règles de topologie puisqu'aucun trou ni recouvrement n'est présent.

CODE	Indice de confiance	Probabilité	Intitulé	Diagnostic
100	1	Observation	Cours d'eau	Photo-interprétation
99	1	Observation	Plan d'eau	Photo-interprétation
98	1	Observation	Plan d'eau de gravière	Photo-interprétation
81	4	Forte - Analyse historique	Ancien plan d'eau disparu	Carte de Cassini
73	0	Forte - Calcul théorique	Potentiel fort	Combinaison IBK & Buffer

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

72	0	Moyenne - Calcul théorique	Potentiel moyen	Combinaison IBK & Buffer
71	0	Faible - Calcul théorique	Potentiel faible	Combinaison IBK & Buffer
70	0	Nulle - Calcul théorique	Potentiel nul	Combinaison IBK & Buffer

fig. 95) Table de correspondance entre les codes et les différents champs indiqués de la table attributaire

Les éléments « eau » étant issus d'une photo-interprétation ont un indice de confiance de 1. Les éléments de Cassini ne sont pas observés, mais peuvent hériter d'un indice de confiance 4 (Zones humides « logiques » ou historiques)

4) Homogénéisation des couches d'interprétation et de produits calculés

a) Regroupement des études Loir et Ile de France

Dans chaque cas, l'intégration a été réalisée sans modifier ni la géométrie (à l'exception des changements de projection de données) ni les informations attributaires. L'étude SAGE Loir n'a subi aucune transformation, tandis que l'étude DREAL Ile de France a nécessité quelques ajustements au niveau de la jointure pour corriger de petits décalages ou prolonger certains polygones.

b) Regroupement des zones interprétées avec les enveloppes théoriques

Comme il l'a été fait pour toutes les fusions précédemment, la fusion a priorisé certaines classes par rapport à d'autres. Ainsi, l'eau est restée prioritaire, puis en second, les inventaires (données acteurs locaux) & PIAO (photo-interprétation) et enfin le zonage (IBK + Buffer). Les tables attributaires ont gardé l'héritage de chaque couche.

CODE	Indice de confiance	Probabilité	Intitulé	Diagnostic
100	1	Observation	Cours d'eau	Photo-interprétation
99	1	Observation	Plan d'eau	Photo-interprétation
98	1	Observation	Plan d'eau de gravière	Photo-interprétation

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

81	4	Forte - Analyse historique	Ancien plan d'eau disparu	Carte de Cassini
73	0	Forte - Calcul théorique	Potentiel fort	Combinaison IBK & Buffer
72	0	Moyenne - Calcul théorique	Potentiel moyen	Combinaison IBK & Buffer
71	0	Faible - Calcul théorique	Potentiel faible	Combinaison IBK & Buffer
70	0	Nulle - Calcul théorique	Potentiel nul	Combinaison IBK & Buffer
1	1 à 5	Très forte - Observation	Boisement organise	Photo-interprétation
2	1 à 5	Très forte - Observation	Champ humide	Photo-interprétation
3	1 à 5	Très forte - Observation	Peupliers	Photo-interprétation
4	1 à 5	Très forte - Observation	Ripisylve	Photo-interprétation
5	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide ponctuelle	Photo-interprétation
6	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide de bordure de cours d'eau	Photo-interprétation
7	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide artificialisée	Photo-interprétation
8	1 à 5	Très forte - Observation	Zone humide de bordure de plan d'eau	Photo-interprétation
9	1 à 5	Très forte - Observation	Zone de marais	Photo-interprétation

fig. 96) Table résumant la nomenclature finale et les valeurs qu'il est possible de rencontrer dans les différents champs de la table attributaire

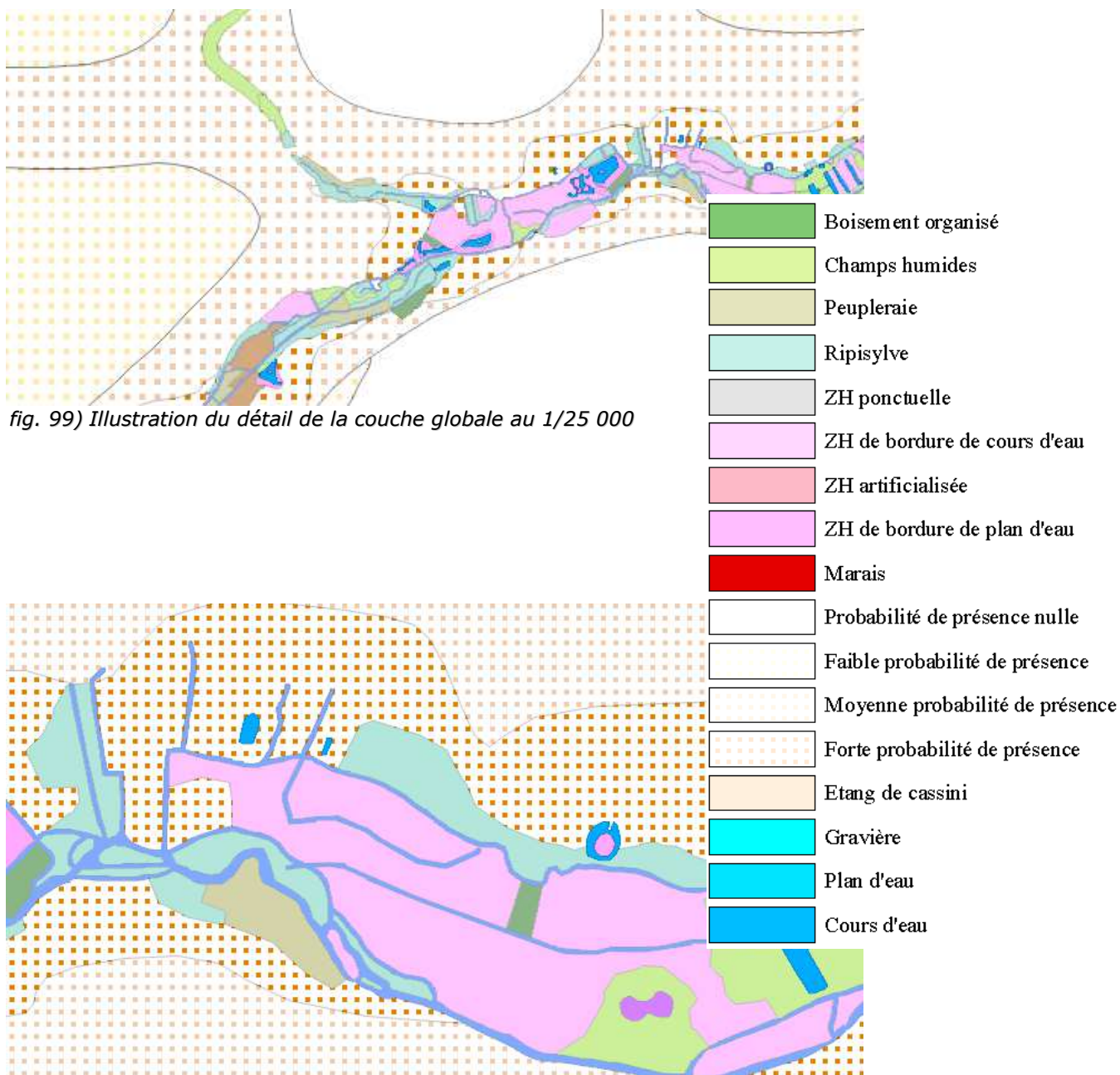
De plus, un champ « ORIGINE » précise la provenance de la donnée entre :

ORIGINE
Étude SAGE Loir - TTI Production
Étude SAGE Nappe de Beauce - TTI Production
Étude de prélocalisation Île-de-France - TTI Production

fig. 97)

fig. 98) Table des différentes valeurs du champ « origine »

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce



De très nombreux petits polygones ont été générés par cette ultime fusion, ces polygones ont été traités par une succession de 7 requêtes essayant de traiter les cas particuliers en respectant des surfaces minimales et des priorités différentes entre toutes les classes en fonctions des polygones voisins.

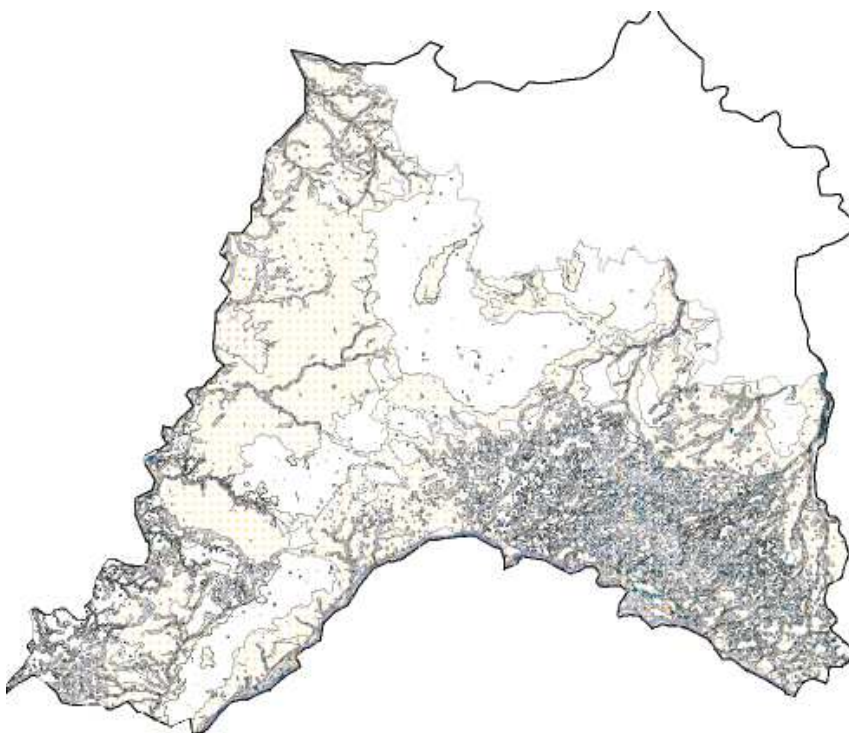


fig. 101) Illustration de la couche globale sans l'étude DREAL IDF

La fusion des trois études se compose de 37 136 polygones dans une couche unique en mode polygonale, avec respect des règles de topologie.

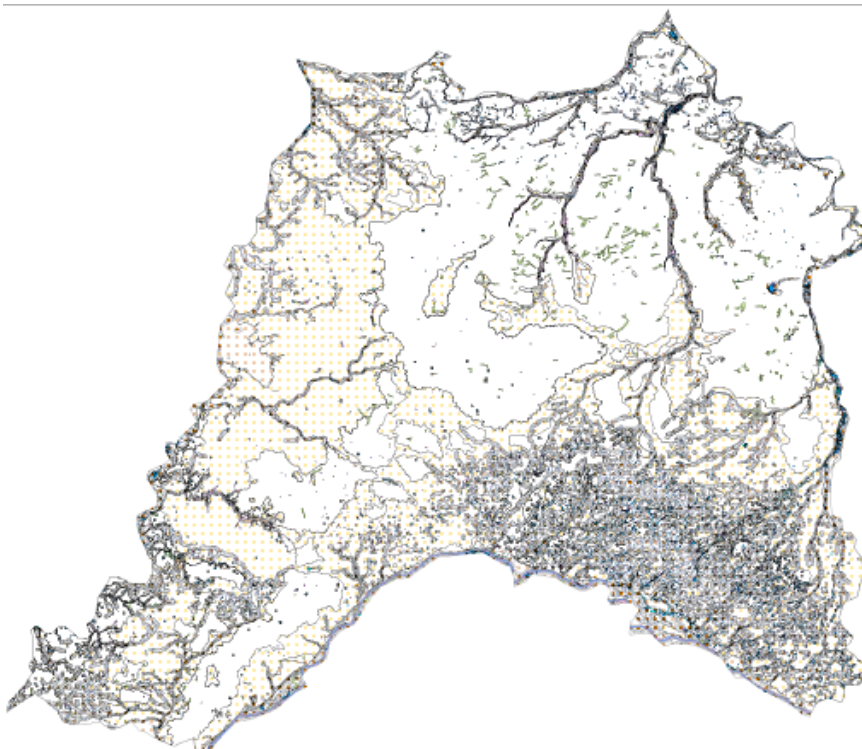


fig. 102) Illustration de la couche globale fusionnée avec l'étude DREAL IDF

C) Bilan

Au regard des pourcentages de surfaces de zones humides photo-interprétées à l'échelle du SAGE, on notera que peu de classes dépassent 1 %. Il faut toutefois relativiser ce résultat et regarder la surface réelle que cela représente. Au total, et en excluant les surfaces en eau, on obtient un total de 199 Km² de zones humides identifiées ce qui représente une surface conséquente pour ce territoire.

Nomenclature	Surfaces en Km²	Nbr de polygones	% de couverture du Sage
Boisement organisé	8.3964	765	0.08 %
Champ humide	58.1315	1 348	0.58 %
Peupleraie	16.8402	1 199	0.17 %
Ripisylve	16.9925	2 753	0.17 %
Zone humide ponctuelle	3.9963	1501	0.04 %
Zone humide de bordure de cours d'eau	77.9017	4 915	0.78 %
Zone humide artificialisée	1.3229	185	0.01 %
Zone humide de bordure de plan d'eau	12.8448	2 915	0.13 %
Marais	3.2188	150	0.03 %
Zone sans potentiel	4249.9879	282	42.73 %
Zone à faible probabilité de présence - Calcul théorique	3657.342	1 415	36.78 %
Zone à probabilité moyenne de présence - Calcul théorique	1452.9063	4 457	14.61 %
Zone à forte probabilité de présence - Calcul théorique	258.0361	2 860	2.59 %
Ancien plan d'eau disparu - Donnée historique	15.3102	431	0.15 %
Plan d'eau de carrière / gravière	1.3428	71	0.01 %
Plan d'eau	42.3918	9 805	0.43 %
Cours d'eau (attention : le buffer augmente sans doute la surface réelle)	66.7711	2 078	0.67 %
Canal	2.203	6	0.02 %

fig. 103) Tableau des pourcentages de surfaces des différentes classes

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

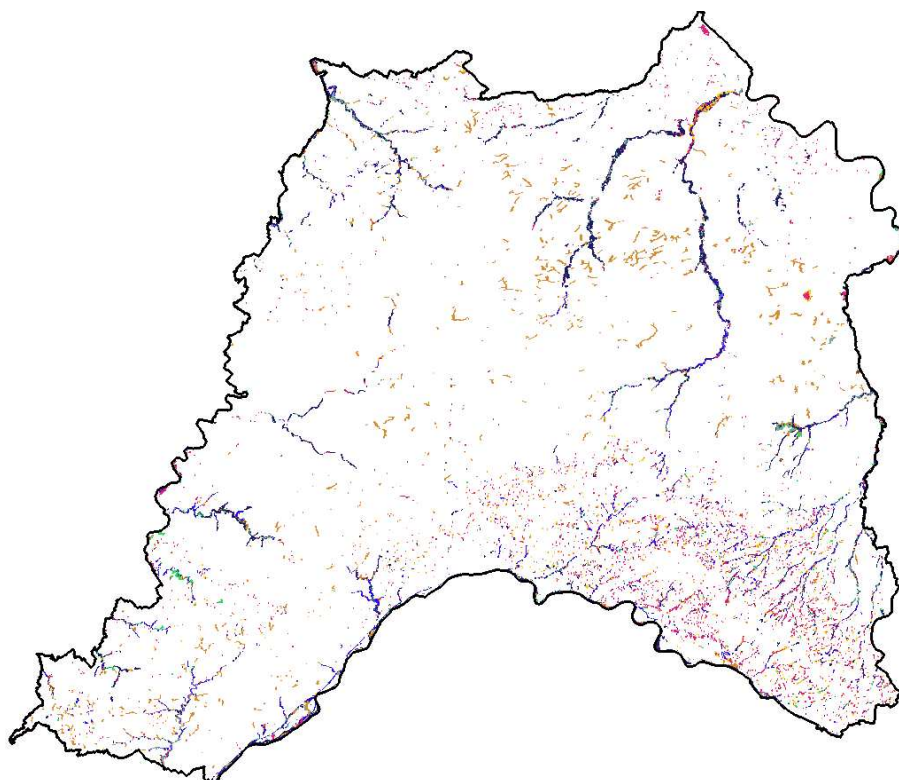


fig. 104) *Illustration de la couverture en zones humides photo-interprétées (très forte probabilité de présence).*

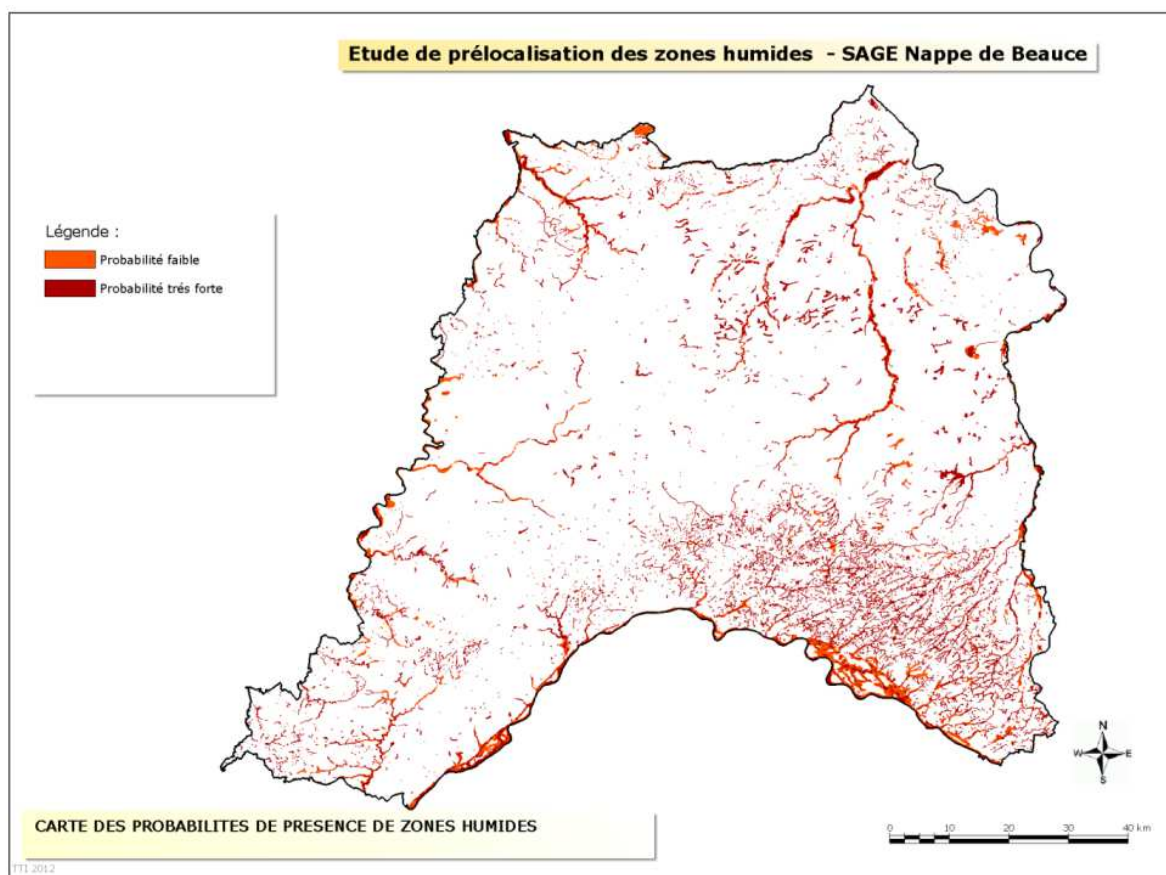


fig. 105) *Illustration de la couverture en zones humides à forte et très forte probabilité de présence.*

BIBLIOGRAPHIE

BONN F., et ROCHON G., 1993 - *Précis de télédétection, volume 1. Principes et méthodes*, presses de l'Université du Québec, AUPELF-UREF, Marquis Montmagny, Québec.

GUYOT G., 1989 - *Signatures spectrales des surfaces naturelles*, Télédétection satellitaire 5, Editec-Paradigme, Caen.

LEBLOND A., SANDOZ A., LEFEBVRE G., ZELLER H. and BICOUT D., 2007 - Remote sensing based identification of environmental risk factor associated with West Nile disease in horses in Camargue, France, Preventive Veterinary Medicine 79 (2007) p 20-31.

MACKAY H., FINLAYSON C.M., FERNANDEZ-PRIETO D., DAVIDSON N., PRITCHARD D. and REBELO L.M., 2009 - The role of Earth Observation (EO) technologies in supporting implementation of the Ramsar Convention on Wetlands, Journal of Environmental Management 90 (2009), p 2234-2242.

PETROPOULOS, G.; CARLSON, T. N.; WOOSTER, M. J. and ISLAM, S., 2009 - A review of remote sensing based methods for the retrieval of land surface energy fluxes and soil surface moisture.. Progress in Physical Geography, Apr2009, Vol. 33 Issue 2, p224-250.

SANDOZ A., CHAUVELON P., PICHAUD M., et BUCKWELL P., 2004, Potentialités d'inventaires et de suivis d'inondation par télédétection satellitaire radar, résultats obtenus dans le delta du Rhône (France), Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection, n° 172 (2003-4), p 69-75.

SANDOZ, A., THAUVIN, N., 2006 - Wetland habitats and flooding duration satellite monitoring. In: FERNANDEZ-PRIETO, D., ARINO, O., BORGES, T., DAVIDSON, N.,

FINLAYSON, M., GRASSL, H., MACKAY, H., PRIGENT, C., PRITCHARD, D., ZALIDIS, G. (Eds.), The GlobWetland Symposium: Summary and Way Forward. Proceedings of GlobWetland Symposium, Looking at Wetlands from Space, October 2006. European Space Agency, Frascati, Italy.

ZOMER R.J., TRABUCCO A and USTIN S.L., 2009 - Building spectral libraries for wetlands land cover classification and hyperspectral remote sensing, Journal of Environmental Management 90 (2009), p 2170-2177.

Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais
Prélocalisation des zones humides – SAGE Nappe de Beauce

ARNAL G. - 1996 - Les plantes protégées d'Ile-de-France, Collection Parthénope, 349 p.

BOURNERIAS M., ANAL G. & Bock C. - 2001 - Guide des groupements végétaux de la région parisienne - Belin, Paris, 640 p.

Commission européenne (DG XI) - 1997 - Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne, version EUR15 -109 p.

Conservatoire botanique national du Bassin parisien (2011) : Liste rouge des espèces menacées d'Ile-de-France - La flore vasculaire.

FOURNIER P. - 1990 - Les quatre flores de France (nouveau tirage) - Editions Lechevalier, Paris, 1104 p.

GUINOCHET M, VILMORIN R. (de) - 1973/1984 - Flore de France (5 tomes) - Editions du CNRS, Paris, 1979 p.

JULVE Ph. - 1993 - Synopsis phytosociologique de la France (communautés de plantes vasculaires) - Lejeunia Nouvelle série n°140, 100 p.

LAMBINON J. et al. -1992- Nouvelle flore de la Belgique, du grand-duché du Luxembourg, du nord de la France et des régions voisines -- 4^{ème} édition - Editions du patrimoine du jardin botanique national de Belgique - Meise, 1992, 1092 p.

ANNEXE 1 : Préparation et structuration des couches vectorielles

Dans le contexte de l'étude, l'utilisation de multiples données dans le but de les fusionner et/ou de les recouper nécessite une topologie parfaite de ces couches vectorielles.

La topologie définit l'expression des relations entre les objets. Les SIG qui gèrent la topologie identifient tous les objets les uns par rapport aux autres et le sens de la saisie est par exemple enregistré. Lorsque l'information vectorielle est constituée de polygones, on parle de topologie polygonale.

Le vecteur en mode polygonal intègre la notion de nœud et des relations topologiques entre les lignes, les nœuds, et les polygones. Il y a donc orientation des lignes et notion de polygone à droite, et polygone à gauche d'une ligne. Ce mode est le plus complexe des modes topologiques, mais aussi celui qui permet le plus de possibilités d'analyse.

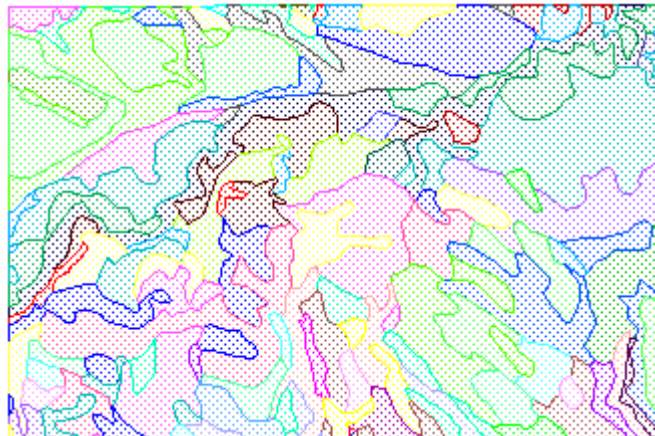


fig. 106) Illustration d'exemple d'une topologie de type polygonal

En mode polygonal, la vérification des règles suivantes permet de valider la topologie de la couche vectorielle :

- Absence de nœuds inutiles
- Intersection automatique des lignes
- Relations polygones / lignes / nœuds
- Attributs possibles sur polygones / lignes / nœuds / points
- Notion d'orientation des lignes
- Absence de codes non conformes

Le procédé de combinaison vectorielle se traduit par le transfert d'une information géographique (intégralement ou partiellement) dans une seconde couche vectorielle contenant déjà une information cartographique. Le but d'une telle opération est de mixer les deux informations soit pour produire une nouvelle information, soit parce que les deux informations initiales sont complémentaires.

Les analyses par combinaisons vectorielles sont complexes du fait d'une précision des limites et d'échelles différentes entre les entités de chaque couche. Il est important que ces couches soient propres et c'est pourquoi chacune d'entre elles est vérifiée, validée et corrigée si nécessaire

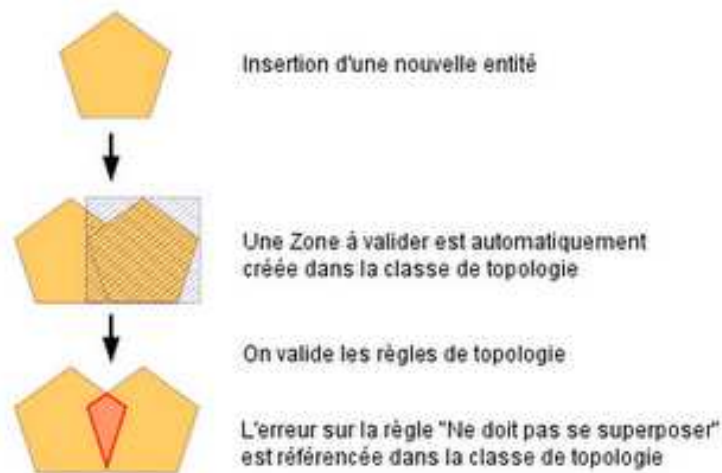


fig. 107) Schéma de correction topologique vectorielle

La validation géométrique des couches vectorielles est nécessaire pour réaliser des calculs comparatifs.

Structuration de la couche finale par rapport aux informations des couches originales.

Après la validation et les corrections topologiques, sur chaque couche vectorielle d'inventaire, les entités surfaciques sont reliées à une table unique qui contient un enregistrement (ligne) par polygone. Cette table contient les informations typologiques et de métadonnées.

Le vecteur en mode polygonal intègre la notion de nœud et des relations topologiques entre les lignes, les nœuds, et les polygones. Il y a donc orientation des lignes et notion de polygone à droite, et polygone à gauche d'une ligne. Ce mode est le plus complexe des modes topologiques, mais aussi celui qui permet le plus de possibilités d'analyse. Nous avons donc structuré toutes les couches de données sur le logiciel TNT Mips qui est un SIG topologique natif afin d'établir les relations entre objets et de traiter les micropolygones. Les tables d'attributs ont été converties en mode relationnel « un pour un » afin d'éviter les polygones orphelins ou d'avoir plusieurs éléments attributaires reliés à un même polygone.

MODE RELATIONNEL "UN POUR UN" :

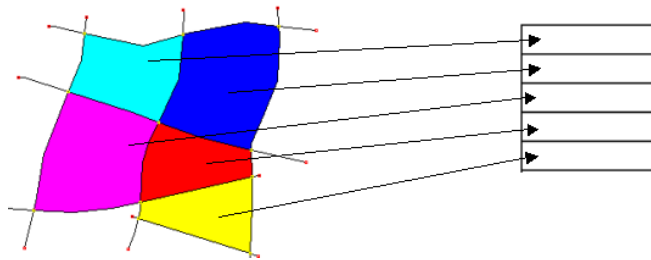
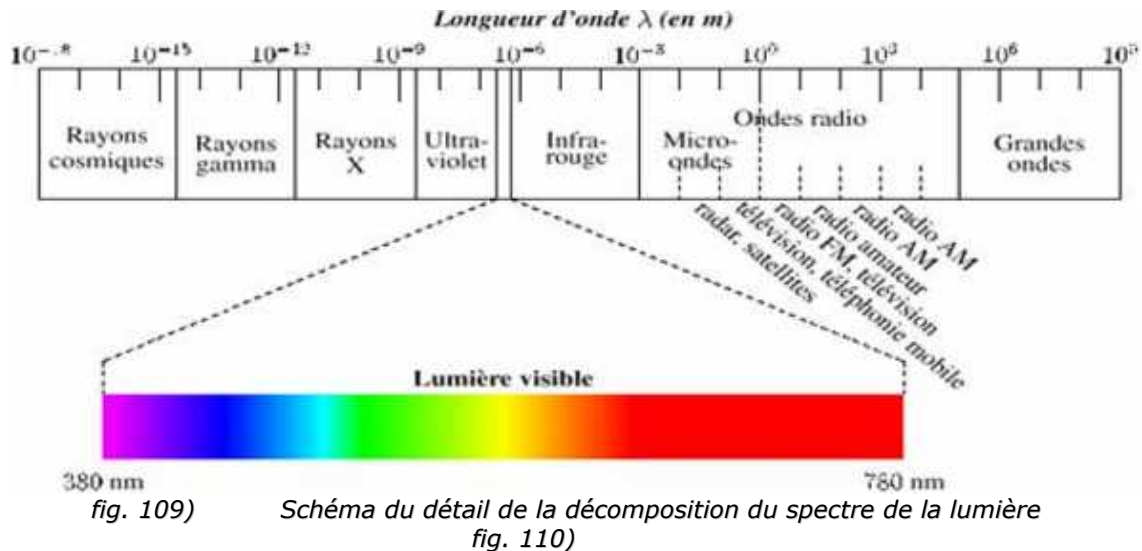


fig. 108) Schéma de la relation entre la table attributaire et les polygones de la couche vectorielle

- ❖ ·Il ne peut y avoir un nombre différent de polygones et d'enregistrements attributaires.
- ❖ ·Il ne peut pas exister de polygones sans enregistrements attributaires attachés. Il ne peut pas exister d'enregistrements attributaires sans polygones attachés.
- ❖ ·Un polygone ne peut être attaché qu'à un seul enregistrement attributaire. Un enregistrement attributaire ne peut être attaché qu'à un seul polygone.

Il est important dès ce stade d'avoir une idée précise de la structure de la base de données finale afin de savoir quels éléments attributaires conserver ou transformer pour ensuite avoir le minimum de problème durant la fusion de toutes les informations.

ANNEXE 2 : Analyse du spectre de la lumière



Le soleil émet des rayonnements de différentes longueurs d'onde vers la Terre, qui mettent environ 8 minutes à l'atteindre. Le spectre visible de la lumière est généralement défini par le domaine de longueur d'onde suivant : de la plus petite longueur d'onde visible pour le violet, environ 400 nm, à 750 nm pour le rouge. Les longueurs d'onde inférieures à 400 nm correspondent au rayonnement ultraviolet ; les longueurs d'onde encore plus basses caractérisent les rayons X. Les longueurs d'onde supérieures à 750 nm correspondent aux radiations infrarouges et celles encore plus élevées caractérisent les ondes radio.

Le radiomètre est l'instrument principal dont les satellites météorologiques sont équipés. Cet instrument balaye la surface de la Terre ligne par ligne. Chaque ligne consiste en une série d'images élémentaires ou pixel. Pour chaque pixel, le radiomètre mesure l'énergie radiative dans différentes bandes spectrales. Cette mesure est numérisée, puis transmise à une station au sol où elle est traitée, avant d'être envoyée à la communauté des utilisateurs.

Le rayonnement correspond à un transfert d'énergie par des oscillations rapides de champs électromagnétiques. Ces ondes sont composées de photons et dans le vide, toutes les ondes électromagnétiques ont la même célérité $c = 3.108 \text{ m/s}$. Ce qui va caractériser ces rayonnements, c'est leur longueur d'onde. La longueur d'onde (mètre) est la distance parcourue par le front de l'onde se déplaçant à la célérité $c \text{ (m/s)}$, en une période $T \text{ (s)}$.

La figure ci-dessous décrit le spectre électromagnétique et les différentes longueurs d'onde associées à ce spectre.

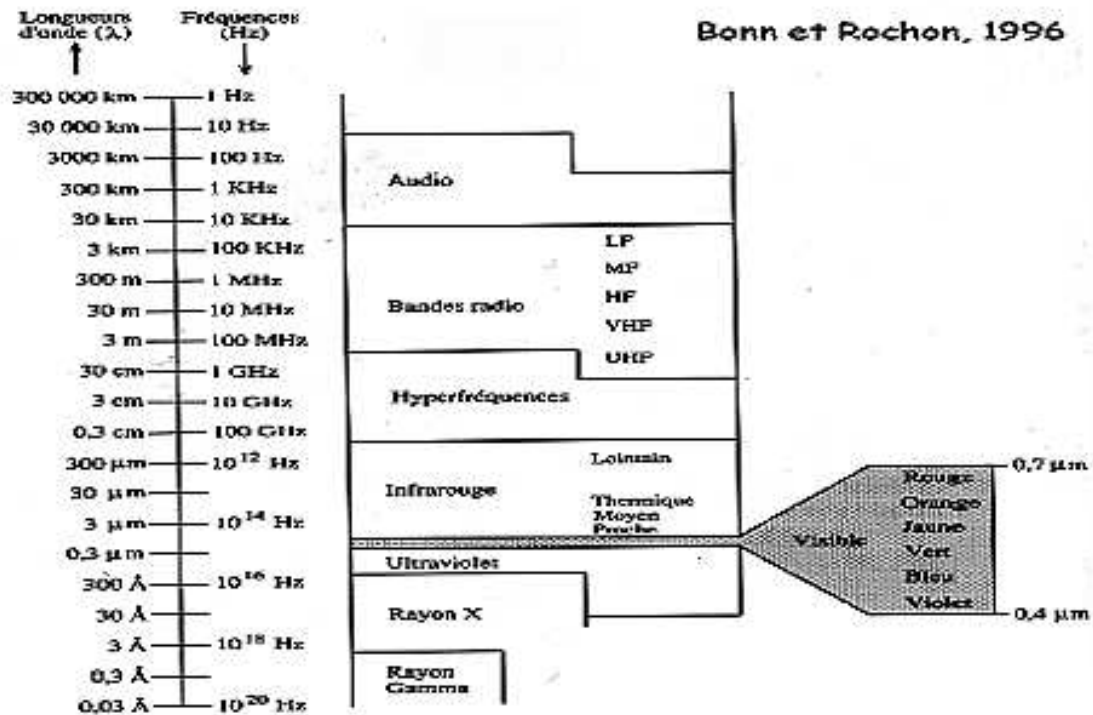


fig. 111) Schéma des différentes longueurs d'ondes du spectre électromagnétique

- o Le rayonnement visible est celui qui intéresse l'œil humain. Il couvre une bande spectrale qui va de 0,4 à 0,72 mm.
- o Le rayonnement infrarouge se situe de 0,7 à 1000 mm. On peut le décomposer de la manière suivante :
 - le proche infrarouge qui va de 0,7 à 1 mm est constitué par la radiation solaire réfléchi
 - le moyen infrarouge de 1 à 3,5 mm
 - l'infrarouge thermique de 3,5 à 14 mm

l'infrarouge lointain au-delà de 14 mm est constitué par le rayonnement émis par la surface de la Terre et n'est pas utilisé par la télédétection.

ANNEXE 3 : Description des facteurs de caractérisation ou perturbateurs de la réponse radiométrique

Les facteurs modifiant les propriétés optiques des feuilles

- La structure anatomique des feuilles : la réflectance des feuilles dépend de la structure interne de la feuille (assises cellulaires, dimension des cellules et épaisseur du parenchyme lacuneux). Ceci est surtout vérifié dans le proche infrarouge. Les feuilles de certaines espèces sub-xériques aux feuilles épaisses ont généralement une réflectance élevée dans le proche infrarouge (75 %).

- L'âge des feuilles : on distingue trois périodes durant lesquelles les propriétés optiques des feuilles sont différentes ; le stade juvénile, la sénescence et la fin du cycle phénologique

- la teneur en eau des feuilles influe directement sur la réflectance notamment dans le moyen infrarouge, mais aussi dans le visible et le proche-infrarouge.

Les surfaces en eau

Dans les courtes longueurs d'onde, le rayonnement solaire est réfléchi de façon importante. Seule une partie du rayonnement est absorbée par l'eau, mais il faut noter que plus l'eau est profonde et plus le rayonnement est absorbé. Ainsi le rayonnement réfléchi est presque nul dans une eau profonde ce qui se traduit par une surface noire.

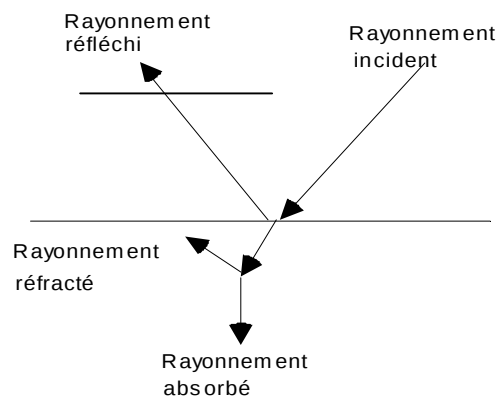


fig. 112) Schéma de la répartition du rayonnement au contact du sol

Toutefois, une surface en eau ne veut pas dire une surface plane, en effet le vent crée des mouvements de surface qui modifient la réflectance. Les angles entre les surfaces créées et les ondes sont multiples et ces mouvements se traduisent par des rayonnements plus ou moins réfléchis qui peuvent se traduire à l'inverse par une surface presque blanche sur l'image. On voit donc que pour un même milieu, la simple influence d'un facteur physique peut jouer et cela est valable pour toutes les ondes. Les substances dissoutes ou en suspension conditionnent aussi les réflectances des surfaces en eau.

Les sols

Les sols résultant de l'altération des roches par la biosphère, la réflectance des sols est donc dépendante des caractéristiques spectrales des différents minéraux qui les composent. Les sols ont une réflectance qui augmente lorsque la longueur d'onde augmente.

L'humidité des sols affecte la réflectance de ceux-ci dans tout le domaine spectral. La réflectance d'un sol dans le visible et le proche infrarouge est fonction de son humidité. Ce n'est pas seulement l'absorption de l'eau qui joue un rôle prépondérant, mais les interfaces air-eau autour des particules du sol qui deviennent prépondérantes. La réflectance est d'autant plus faible que le sol est humide.

La variabilité spatiale et temporelle de l'humidité des sols nus permet de caractériser les zones. Les données images disponibles dans le domaine du visible et l'infrarouge apportent des éléments d'analyse qualitative des variations d'humidité. Néanmoins, la relation entre la réflectance et le degré d'humidité des sols n'est pas exclusive. La présence de matière organique, la texture des sols peuvent engendrer des confusions dans l'interprétation si l'on ne se trouve pas dans des unités morpho-pédologiques semblables.

La teneur en matière organique influence fortement la réflectance lorsqu'elle est supérieure à 2 % du visible au proche infrarouge.

Exemple de courbes de réflectances d'un sol et d'un type de végétation et de leur réponse dans les différents capteurs de quelques satellites (d'après G Guyot, 1989)

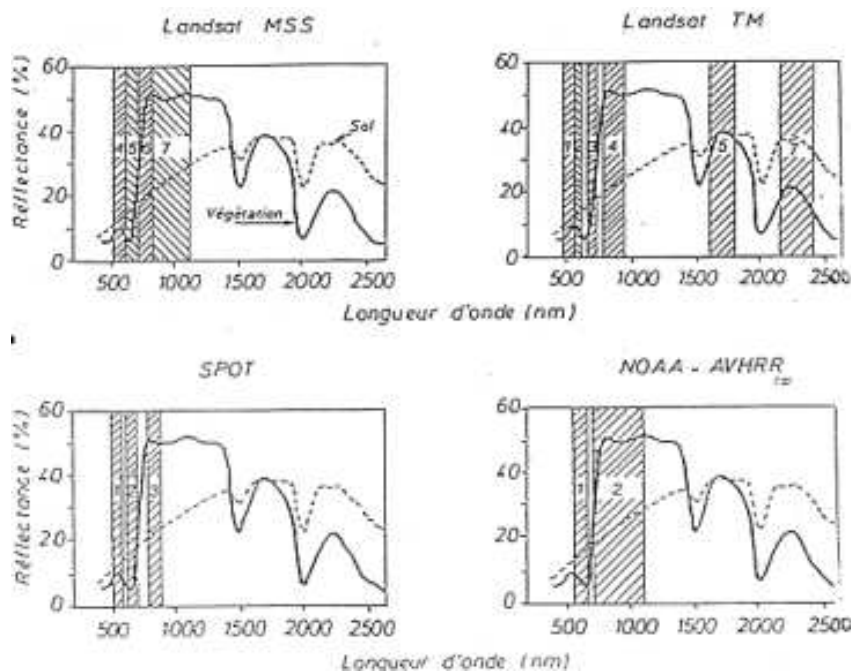


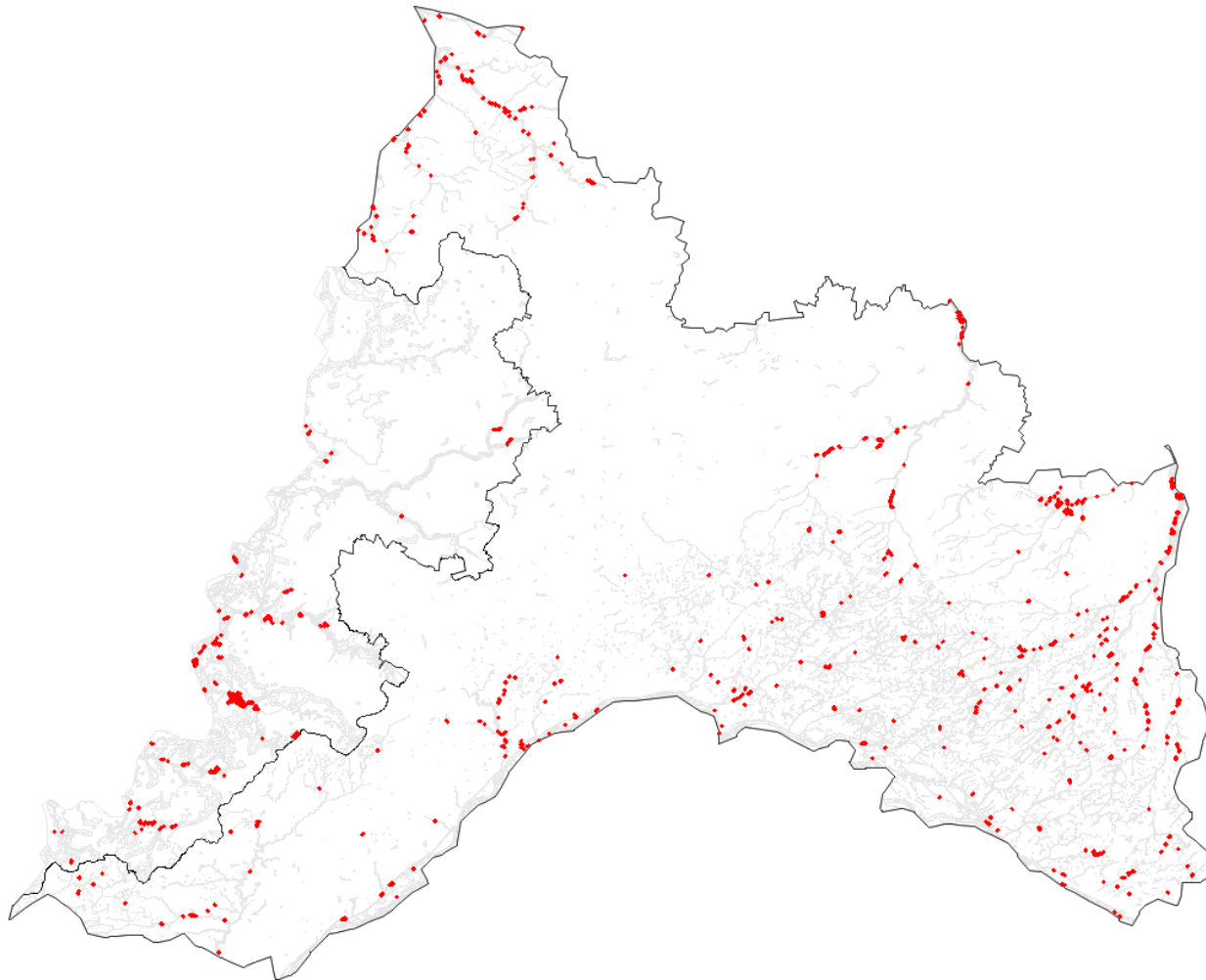
fig. 113) *Illustration des courbes montrant qu'un sol ou un même type de végétation répondent différemment selon la longueur d'onde choisie.*

ANNEXE 4 : Répartition par typologie des résultats de photo-interprétation incluant la partie commune au SAGE Loir

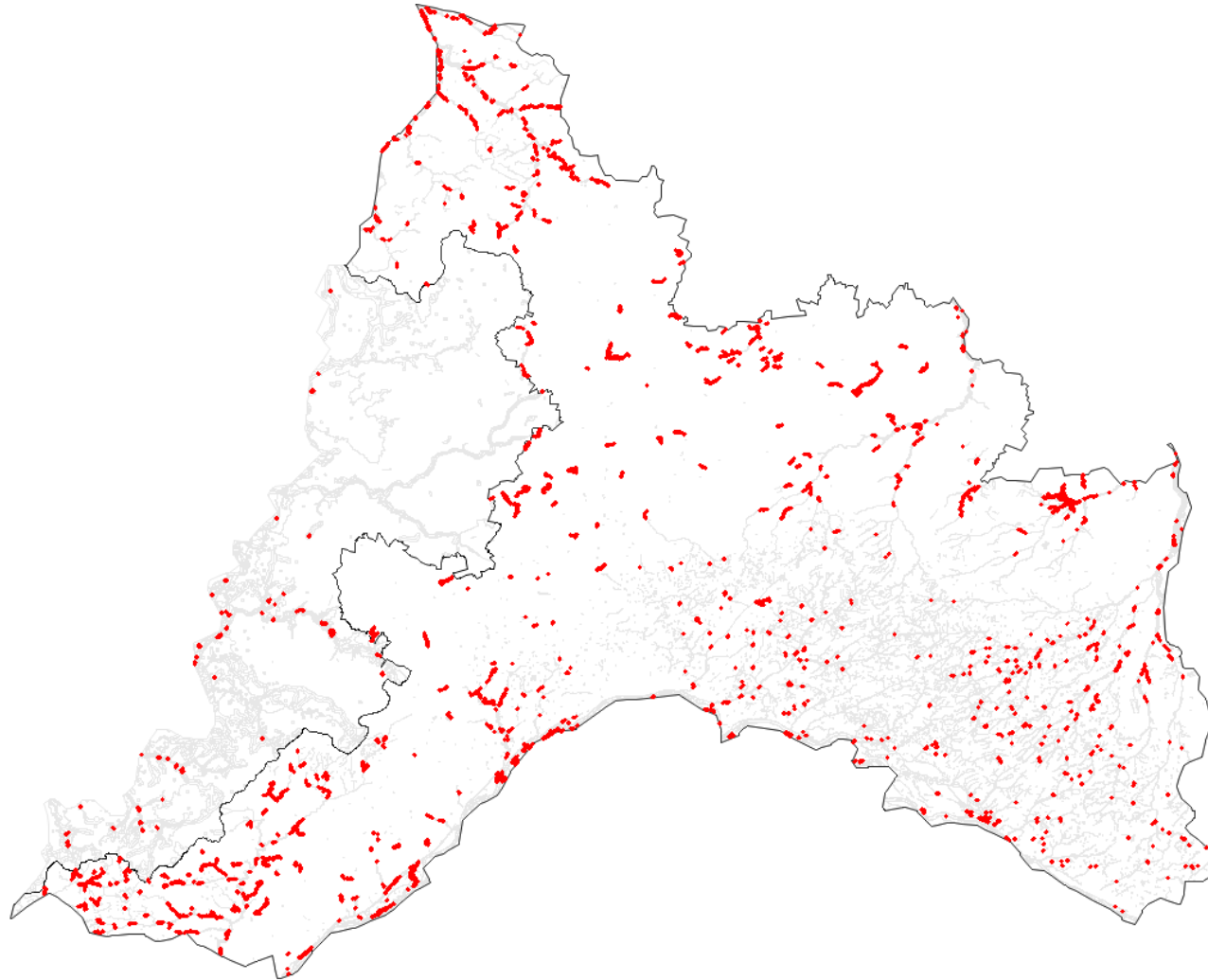
Type	Occurrence	Occurrence %	Superficie totale	Superficie totale %	Polygone moyen
			En ha		En m²
Boisement organisé	703	5.48 %	770.60	5.92 %	10 961
Peupleraie	700	5.46 %	1019.83	7,84 %	14 569
Ripisylve	2756	21.48 %	1691.81	13.00 %	6 138
Champs ou prairies humides	1150	8.96 %	2996.75	23.03 %	26 058
Zone humide artificialisée	179	1.40 %	120.47	0.93 %	6 730
Zone humide de bordure de cours d'eau	3306	25.77 %	4788.46	36.80 %	14 484
Zone humide de bordure de plan d'eau (*)	2429	18.93 %	933.79	7.18 %	3 844
Zones humides ponctuelles	1494	11.65 %	395.37	3.04 %	2 646
Marais	112	0.87 %	295.04	2.27 %	26 342
Total	12829		13 012.12		10 142

(*) sans les îles de petites tailles

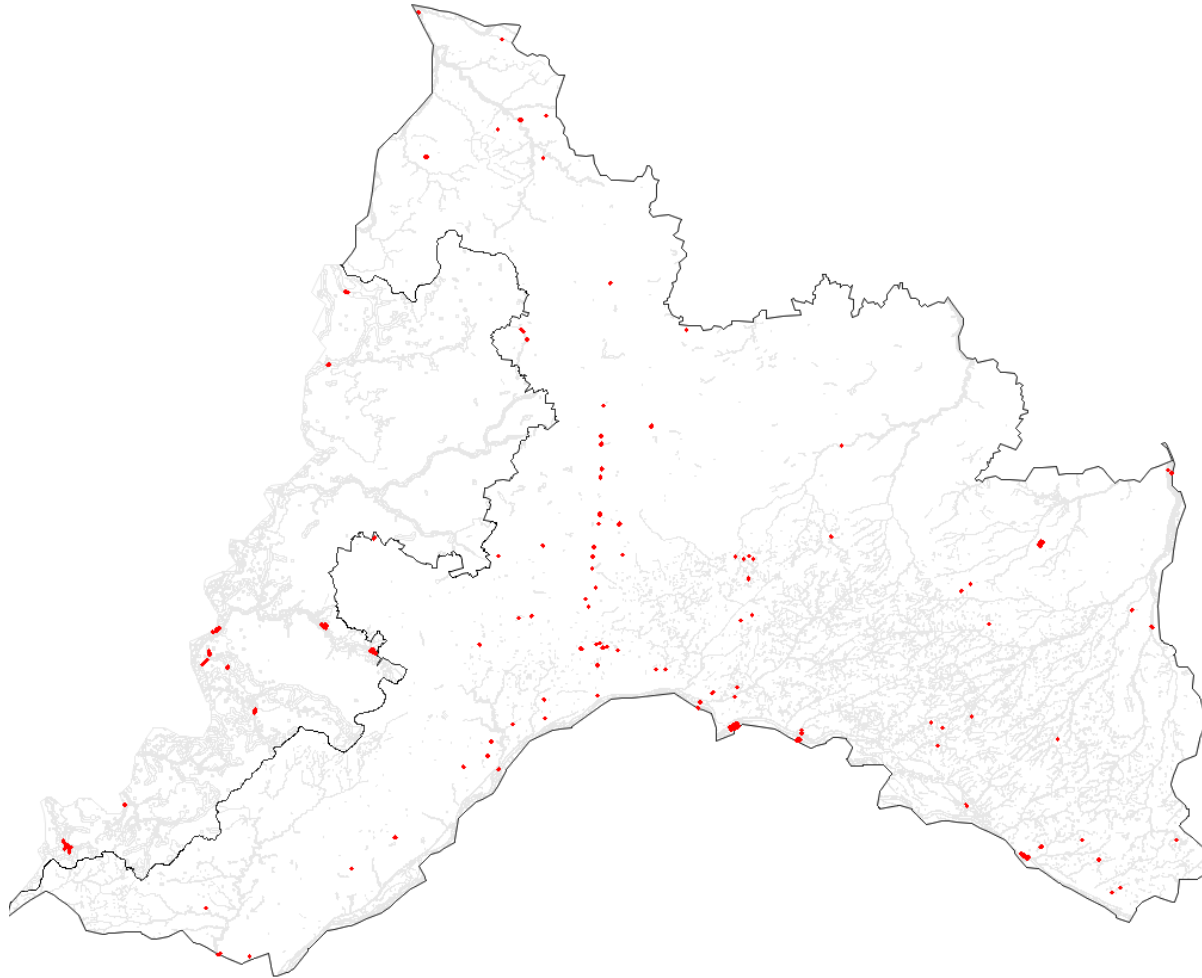
Boisement organisé (703 polygones – 770.6 ha)



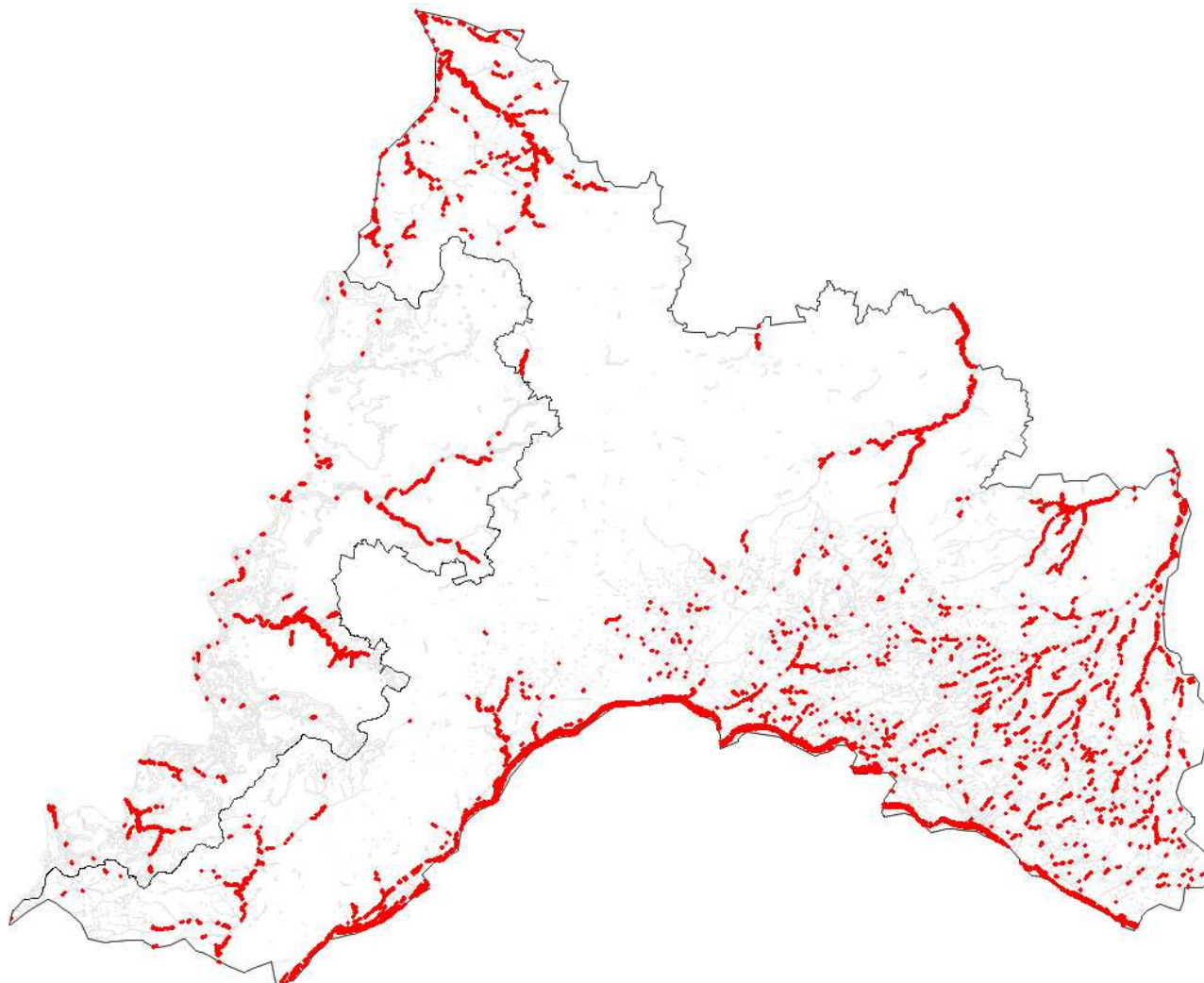
Champ ou prairie humide (1150 polygones – 2996.75 ha)



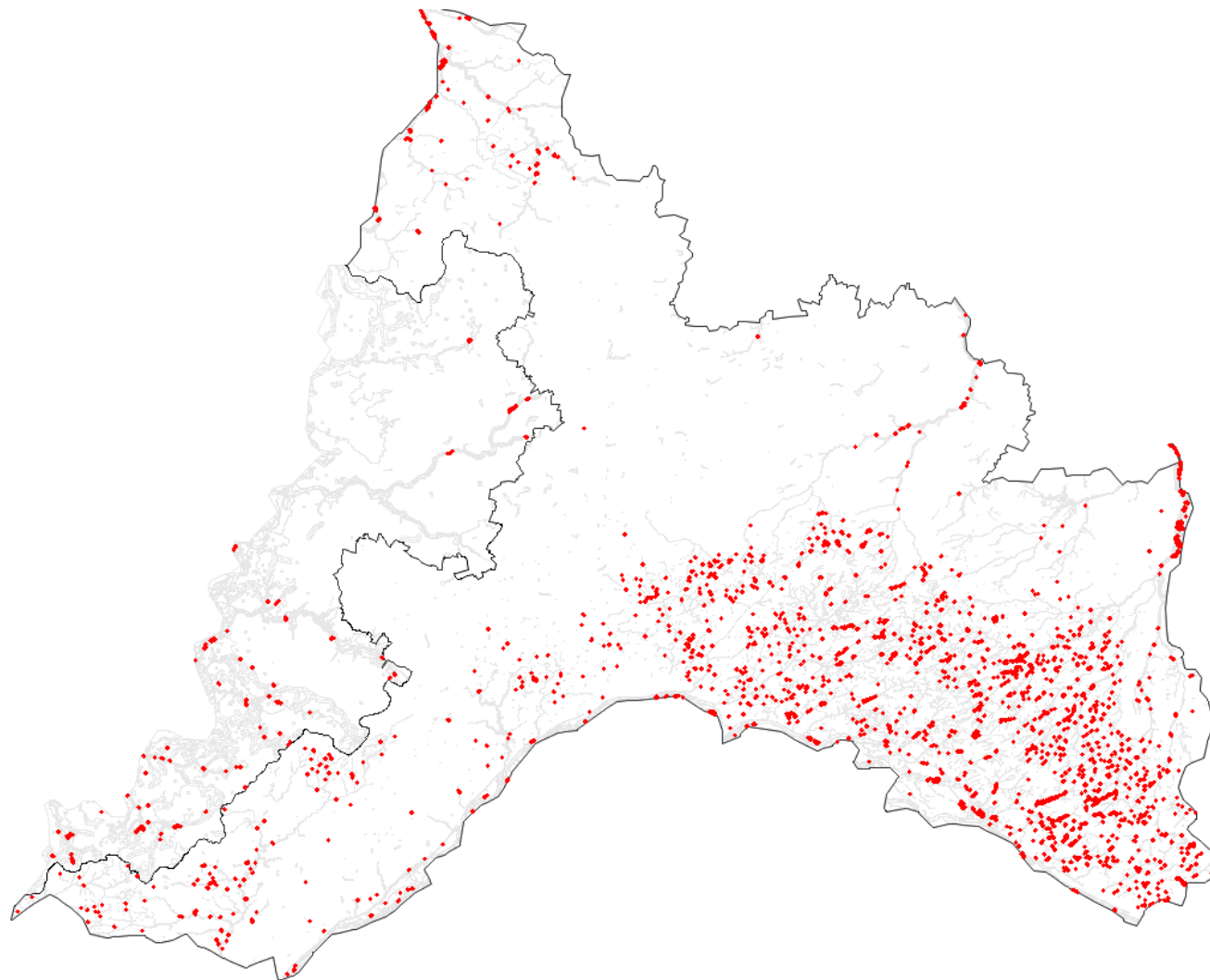
Zone humide artificialisée (179 polygones - 120.47 ha)



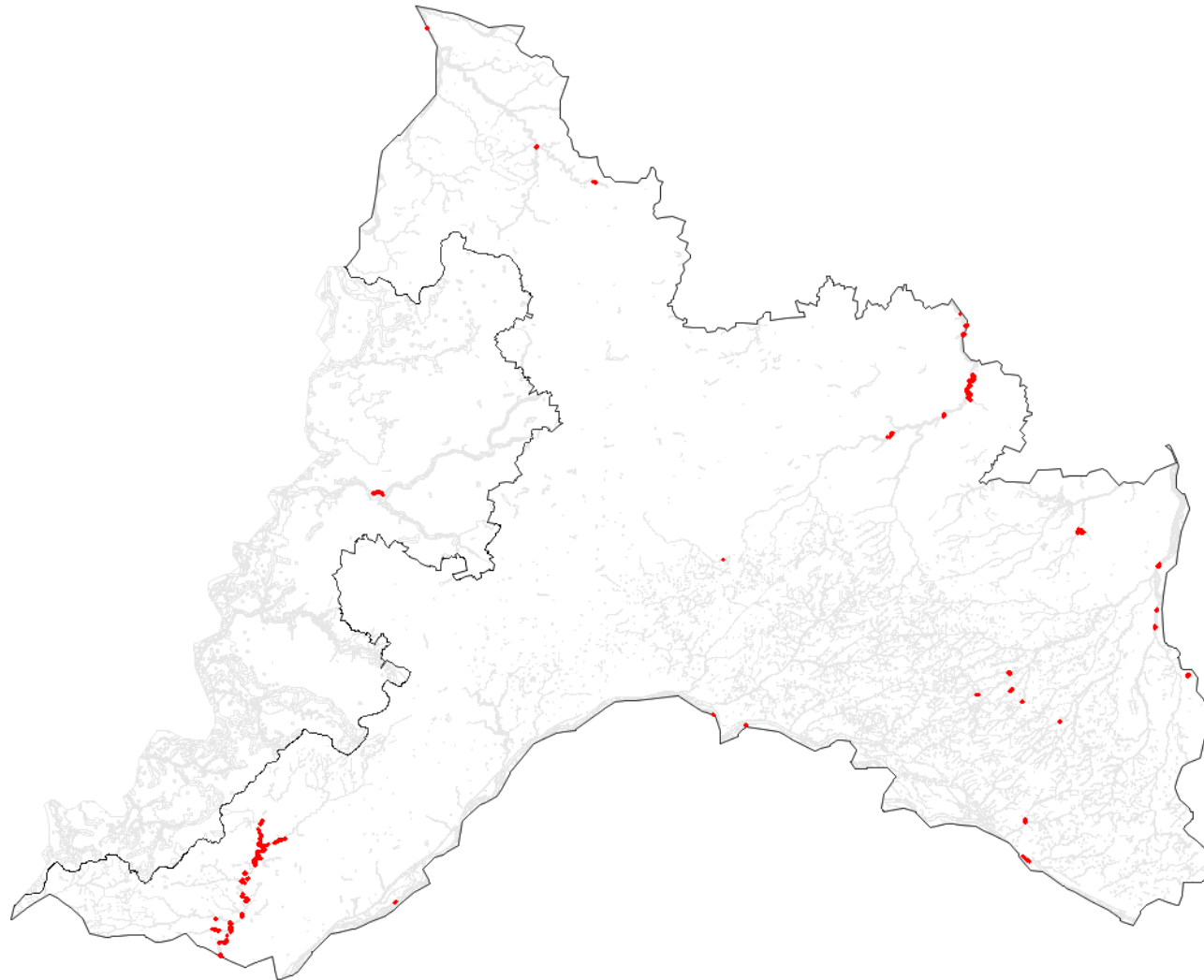
Zone humide de bordure de cours d'eau (3306 polygones – 4788.46 ha)



Zone humide de bordure de plan d'eau (2429 polygones – 933.79 ha)



Marais (112 polygones – 295.04 ha)



Zone humide ponctuelle (1494 polygones – 395.37 ha)

