Réalisation de l'inventaire des zones humides du territoire du

SAGE Croult Enghien Vielle Mer

PHASE 1 : mise en évidence des « secteurs à forte probabilité présence de zones à dominante humides » ou « zones humides potentielles » au préalable aux prospections terrain pour réaliser la cartographie des « zones humides effectives ».

Bureau d'études

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

FloraGIS
12 rue du maréchal Leclerc
F57530 Courcelles-Chaussy
Tel. +33 (0) 387 210 915

SOMMAIRE

I) RÉSUMÉ 6

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) Les inventaires existants 9

a) L'inventaire floristique du CBNBP (Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien) – Base FLORA 9

b) L'inventaire floristique de l'IAURIF ECOMOS 12

c) L'inventaire floristique et pédologique de l'association ANCA 13

d) L'inventaire floristique du SAGE 14

e) Les données des inventaires de la SNPN (Société Nationale de Protection de la Nature) 15

f) La cartographie des zones humides de l'AESN (Agence de l'Eau Seine Normandie) 16

g) La cartographie des zones humides du GIP (Groupement d'intérêt public) avec ZPS incluses 18

h) La cartographie des ZNIEFF 1 & 2 (Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique) 19

B) Données complémentaires 20

C) Intégration des inventaires existants et photo-interprétations..... 21

3) Les données exogènes relatives à l'eau 23

A) Les données des inventaires des mares et plans d'eau de la SNPN (Société Nationale de Protection de la Nature) 23

B) Les données de la BD TOPO de l'IGN 25

a) Préparation et mise à jour de la couche hydrographique 25

b) Photo-interprétation des éléments relatifs à l'eau..... 27

C) Requalification des plans d'eau et cours d'eau 28

a) Les cours d'eau 28

b) Les plans d'eau..... 30

C) Cas particuliers de certains bassins..... 31

4) Les données exogènes définies sur le critère pédologique ou historique 32

A) Inventaire des étangs de CASSINI 32

B) Inventaire des plans d'eau, sources et cours d'eau des cartes d'état-major. 34

D) Les SCAN 25 36

5) Les données pédologiques 37

6) Cartographie des cours et plans d'eau historiques. 38

7) Les données d'occupation du sol 39

8) Les données issues de traitements de données 40

A) L'indice IBK 40

a) Le Modèle numérique de terrain (MNT) 40

b) Notion d'indice Beven-Kirkby 41

c) Exploitation de l'IBK 42

d) Correction de l'IBK 44

B) Création d'une enveloppe d'alerte autour du réseau hydrographique linéaire et surfacique 45

a) Création des zones tampon (buffers) 45

b) Correction des zones tampon (buffers) par la pente 46

III) TÉLÉDÉTECTION 50

1) Imagerie BD ORTHO 50

2) Imagerie satellitale 51

A) Propriétés optiques des végétaux, de l'eau et du sol Notions de base de télédétection optique-infrarouge 51

B) Les données SENTINELLE 52

C) Les prétraitements 53

IV) PHOTO-INTERPRÉTATION 54

1) Échelle de travail 54

3) Méthodologie de photo-interprétation 54

A) Méthodologie 54

B) Logiciel utilisé 56

C) Limites de la photo-interprétation 57

D) Indice de confiance 57

5) Résultats de la photo-interprétation 60

V) ASSEMBLAGE DES COUCHES D'INFORMATIONS. 65

1) Méthodologie générale 65

2) Identification attributaire des différents éléments 67

BIBLIOGRAPHIE 76

ANNEXE 1 : CORRESPONDANCE AVEC L'ÉTUDE DRIEE IDF 79

ANNEXE 2 : PRÉPARATION ET STRUCTURATION DES COUCHES VECTORIELLES 80

ANNEXE 3 : WEB-MAPPING 83

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.

La zone d'étude correspond à la limite du SAGE Croult Enghien Vielle Mer qui couvre une superficie de 446 km² et recoupe deux départements : le Val-D'Oise (55 communes) et la Seine Saint-Denis (32 communes).

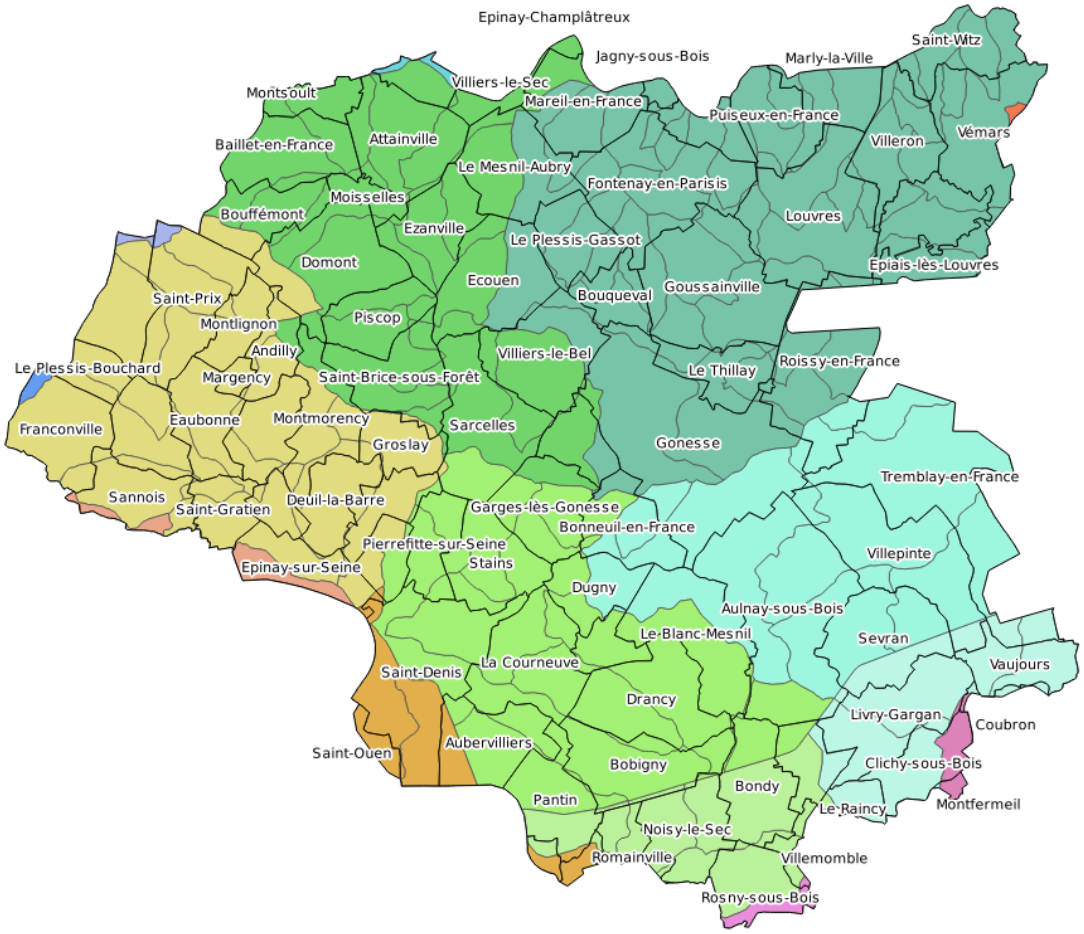


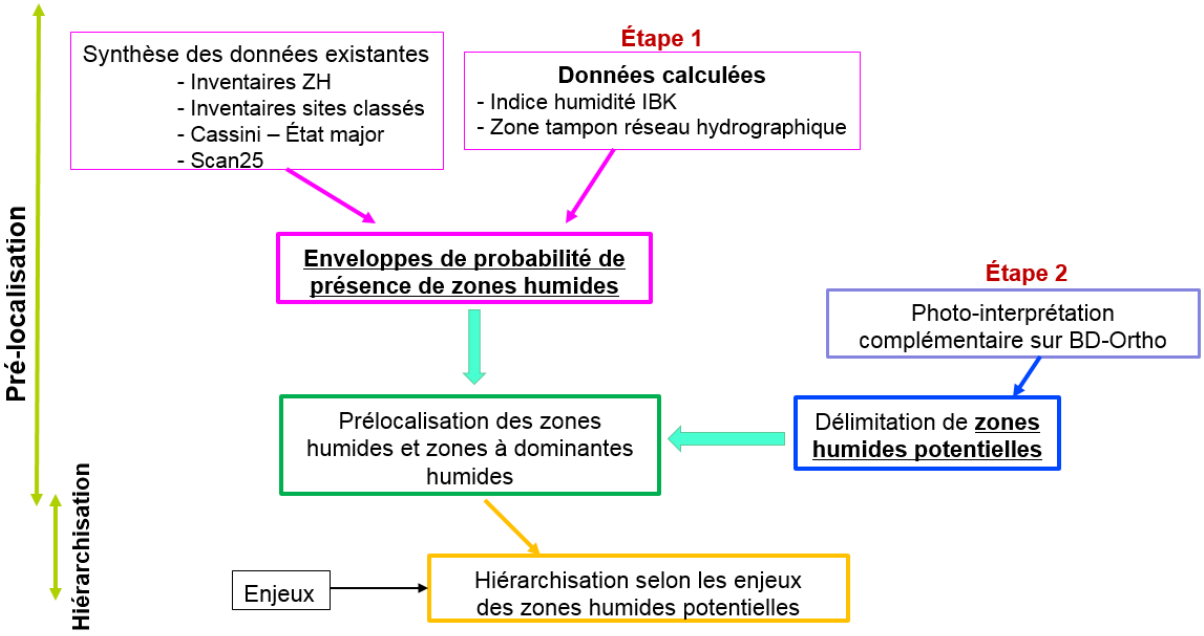
fig. 1) Illustration de l'emprise de l'étude

I) Résumé

La présente étude s'inscrit dans une démarche qui vise une prélocalisation des zones humides sur le territoire du SAGE Croult Enghien Vielle Mer 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 effectives, potentielles et des enveloppes de probabilité de présence de zones humides, sur la base de méthodes de photo-interprétation (phase 1). Elle a également pour objectif la mise en place d'une méthode de hiérarchisation des zones humides potentielles selon des critères d'enjeu (phase 2), afin de prioriser les inventaires terrain à réaliser (phase 3), puis d'identifier et de hiérarchiser les zones humides effectives pour la mise en œuvre de restauration et/ou de reconquête (phase 4).

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 ortho-photos complétera la base de données avant la fusion et la structuration de celle-ci.

SCHÉMA DE LA DÉMARCHE CARTOGRAPHIQUE



ÉTAPE 1A : Détermination les zones où la probabilité de présence de zones humides n'est pas nulle : **ENVELOPPES THÉORIQUES DE PROBABILITÉ DE PRÉSENCE DE ZONES HUMIDES**. Les enveloppes théoriques sont basées sur des calculs et des analyses spatiales. C'est la combinaison des trois informations suivantes qui délimitera des enveloppes de probabilités de présence :

- **POTENTIEL D'ACCUMULATION :** analyse topographique par l'utilisation de l'indice de Beven-Kirkby (IBK) qui permet de déterminer les endroits où **l'eau a le plus de chance de s'accumuler et de stagner**.
- **HISTORIQUE :** délimitation des zones en eau actuellement disparues, mais identifiables sur les cartes de Cassini et d'état-major.
- **INFLUENCE DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE :** analyse de distance au réseau hydrographique et aux plans d'eau.

ÉTAPE 1B : Sélection des **ZONES HUMIDES EFFECTIVES** issues des bases de données existantes. La zone humide effective est validée par la présence de végétation naturelle caractéristique de zones humides et des traces pédologiques rémanentes **sur le terrain.**

ÉTAPE 2 : Délimitations des **ZONES HUMIDES POTENTIELLES** faites par Photo-Interprétation Assistée par Ordinateur (PIAO). Cela consiste en une interprétation de photographies aériennes afin de délimiter sur un logiciel de cartographie des zones humides potentielles.

Dans l'attente de cette confirmation, ces zones délimitées sont appelées **zones humides potentielles**.

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 vecteur[1]. Pour l'analyse et la délimitation des enveloppes de zones humides potentielles, 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 93 — RGF. 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.

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
- Données issues de traitement d'autres données par exemple les données « IBK[2] » extraits du MNT (Modèle Numérique de terrain) ou les données relatives au réseau hydrographique.

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

[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.

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. Toutefois, 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) Les inventaires existants

a) L'inventaire floristique du CBNBP (Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien) – Base FLORA

Réalisée entre 2006 et 2014, cette donnée du CBNBP a été obtenue par diagnostics de végétation effectués sur les parcelles de l'Ecomos. Les données fournies sont complétées avec la notion d'« Habitat de zones humides selon l'arrêté du 24 juin 2008 » selon la typologie CORINE Biotopes.

Afin de permettre l'analyse des données du CBNBP à partir des critères modifiés par l'arrêté du 1er octobre 2009, le conservatoire a spécifié les critères et la méthode d'observation. Ainsi les habitats ont été diagnostiqués de 2 manières :

. Expertise "in-situ" : la caractérisation de l'habitat s'effectue sur le terrain grâce à un relevé floristique ou une interprétation in-situ (pas de relevé de végétation, mais habitat parcouru). La qualité de l'information est optimale.

. Expertise "ex-situ" : la caractérisation de l'habitat s'effectue au bureau, car le site est inaccessible ou le site est de grande taille, mais très homogène. Dans le premier cas, l'observateur renseigne l'habitat à minima. Dans le second cas, l'observateur a analysé l'habitat antérieurement et considère que les habitats distants possèdent les mêmes conditions stationnelles (géomorphologie, géologie, pédologie, altimétrie, exposition, pente) et relèvent du même groupement. La qualité de l'information est moins optimale que l'expertise "in-situ", mais reste malgré tout de qualité.

Au final, par rapport à leur potentiel en zone humide et la pertinence et précision de chaque donnée trois types d'information ont été isolés :

- **CBNBP – HUMIDE STRICT – *In situ* :** les parcelles de zone humide inventoriées *In situ* constituant l'information de référence en termes de fiabilité par rapport au critère floristique de l'arrêté du 24 juin 2008

- **CBNBP – HUMIDE STRICT – *Ex situ*** : les parcelles de zone humide inventoriées *Ex situ*

- **CBNBP – HUMIDE TRANSITOIRE – *In situ* et *Ex situ* :** les parcelles de zone humide partielle (pro parte) *In situ* et *Ex situ* qui sont des habitats de transition, pour lesquels la présence de zones humides est possible, mais pas certaine.

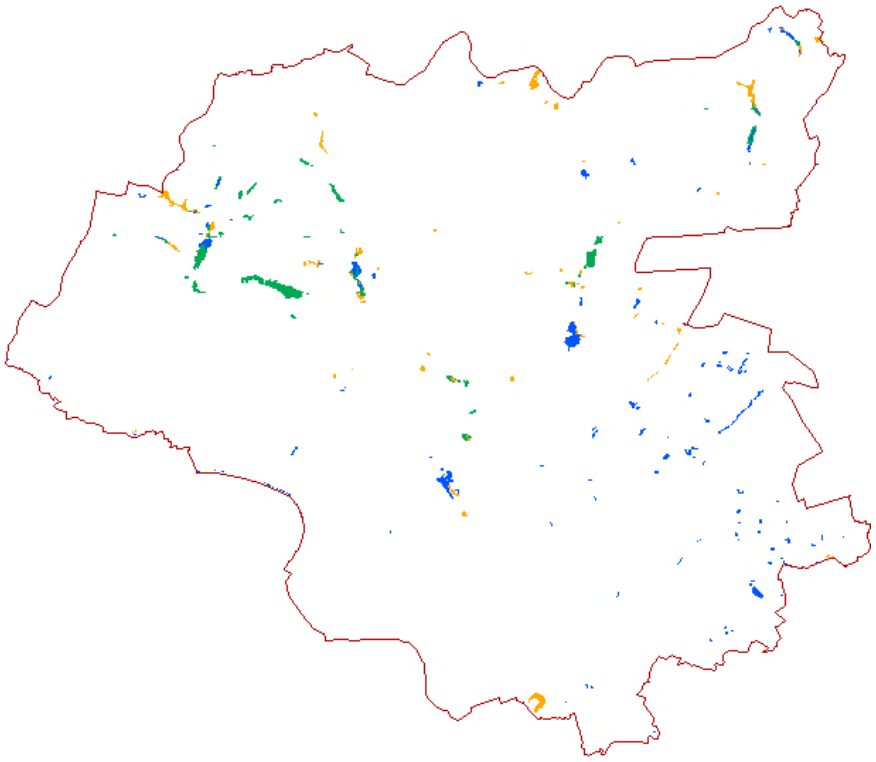


fig. 2) Illustration de l'emprise des données du CBNBP : les zones humides in situ en bleu, les zones humides ex-situ en orange et zone de transition en vert

Cette base de données vectorielle, comme le montre l'exemple ci-dessus, a été intégrée dans la couche finale. L'intégration s'est faite lors de la photo-interprétation et les limites ont été redessinées lorsque la précision du tracé pouvait être améliorée au 1/3000. La segmentation peut également provenir de l'intégration d'autres informations dans la couche finale. Toutefois, afin de garder une traçabilité, nous avons reporté les numéros d'identifiants des polygones CBNBP dans les polygones de la couche finale.

Toutefois, les polygones de l'inventaire CBNBP ont un ID unique et cet ID a été reporté dans le champ SOURCE. Il est donc facile de faire la corrélation et même de récupérer les informations des différentes tables d'origine.

fig. 3) Illustration de la redélimitation des polygones CBNBP (polygone rouge) lors de la photo-interprétation par rapport à la réalité de la BD Ortho

fig. 4) Illustration de la redélimitation et segmentation des polygones CBNBP (polygones rouges) lors de la photo-interprétation.

Par ailleurs, la date des dernières mises à jour étant ancienne, nous avons observé des changements d'occupation du sol en 2016 avec des zones humides disparues. De même, certains inventaires ont été faits dans des bassins de rétention ou bétonnés qui ne sont pas considérés comme zones humides.

b) L'inventaire floristique de l'IAURIF ECOMOS

Cette étude réalisée en 2000 est régulièrement mise à jour. Les milieux naturels sont issus d'une ré-interprétation des postes « Naturels » du MOS à partir de photographies aériennes acquises entre 1999 et 2000 et d'images Landsat.

En fonction des descriptifs des 4 niveaux de classification de l'étude IAURIF (CLC3/CLC4/CLC5/CLC6), un regroupement a été choisi en fonction du caractère humide mentionné dans les intitulés des classes d'ECOMOS.

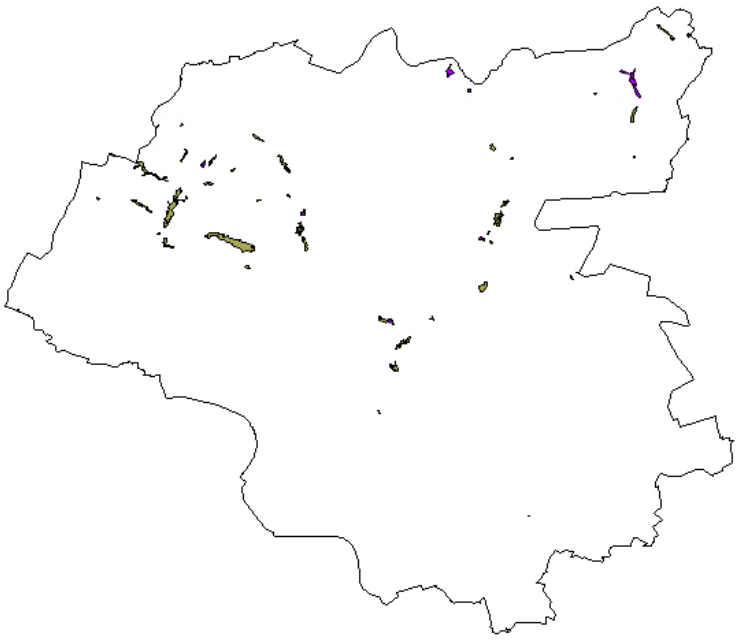


fig. 5) Illustration des zones humides de la base ECOMOS

Lors de l'étude DRIEE IDF, en fonction des descriptifs des 4 niveaux de classification à notre disposition (CLC5/CLC6), deux regroupements ont été choisis en fonction du caractère humide mentionné dans les intitulés des classes d'ECOMOS :

- **Caractère « humide »** (code « hum » dans le tableau ci-dessous) – Ce caractère « humide » d'ECOMOS.

- **Caractère « potentiellement humide »** (code « pothum » dans le tableau ci-dessous) appliqué aux classes faisant référence à une espèce arborée.

Cette base de données vectorielle a été intégrée dans la couche finale. L'intégration s'est faite lors de la photo-interprétation et les limites ont été redessinées lorsque la précision du tracé pouvait être améliorée au 1/3000. Cela s'avère nécessaire, car la donnée initiale est principalement délimitée en fonction du parcellaire sans tenir compte du zonage à l'intérieur de ces parcelles.

fig. 6) Illustration de la redélimitation des polygones ECOMOS (en rouge) lors de la photo-interprétation (en vert).

Par ailleurs, les polygones de cette couche d'information ont un code habitat qui a été reporté dans le champ SOURCE.

c) L'inventaire floristique et pédologique de l'association ANCA

L'association ANCA a réalisé des inventaires floristiques et faunistiques de deux secteurs présents dans le territoire du SAGE. Ces inventaires très complets ont été intégrés dans la base de zones humides effectives. Il est à noter que ce sont les seuls inventaires à intégrer réellement des prélèvements pédologiques.

fig. 7) Position de l'inventaire du Fort-de-Noisy

fig. 8) Position de l'inventaire du Plateau-Avron

d) L'inventaire floristique sur le territoire du SAGE

Cet inventaire se présente sous forme de polygones et est hérité de la cartographie de l'AESN ce qui explique sa redondance importe avec cette couche. Néanmoins, la donnée de base a été retravaillée et complétée.

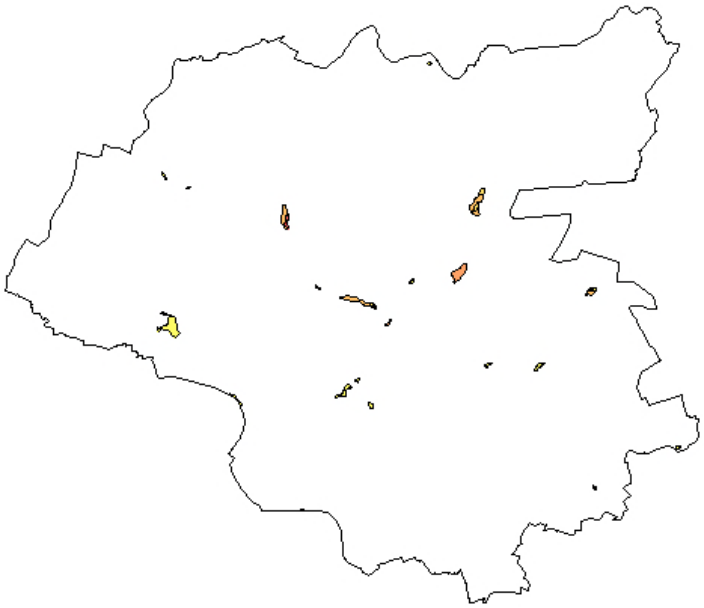


fig. 9) Illustration des délimitations issues de la base de données sur le SAGE (31 polygones)

Style	TYPE	SOUS_TYPE	CONFIANCE	OBSERV
	3.00	0.00	2.00	Station d'épuration
	1.00	3.00	3.00	Station d'épuration
	1.00	3.00	3.00	Bassin de retenue
	8.00	0.00	1.00	2.1 - 7.1
	8.00	0.00	2.00	2.1 - 3.0
	1.00	3.00	3.00	

fig. 10) Illustration de la table attributaire de la base de données

Ces données n'ont pas été intégrées directement, car elles n'apportent qu'une information fragmentaire et floue et sont majoritairement redondantes avec les autres bases de données. De plus, ce sont des zones où il est facile de repérer sur la BD ORTHO le caractère humide et les limites ont été redessinées au 1/3000.

fig. 11) Illustration de la redélimitation des polygones (en rouge) lors de la photo-interprétation (en vert).

e) Les données des inventaires de la SNPN (Société Nationale de Protection de la Nature)

Un inventaire des zones humides sur les départements 93 et 95 a été mis à disposition de l'étude par la SNPN. Cette base de données est vectorielle sous forme polygonale.

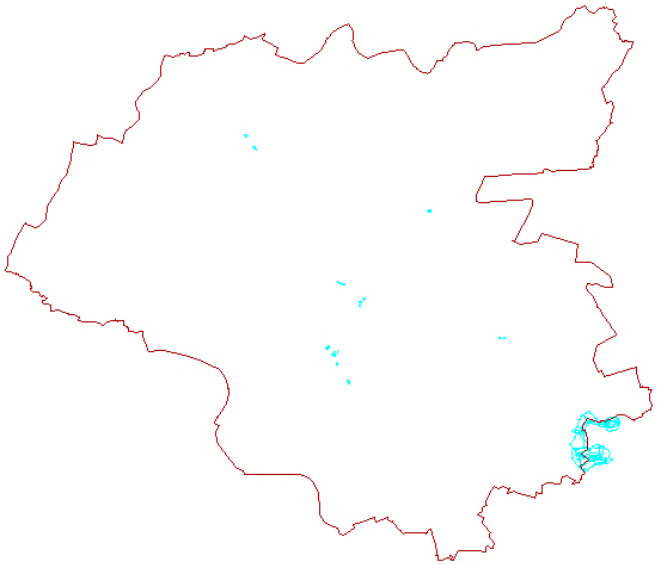


fig. 12) Illustration des délimitations issues de la base de données SNPN (170 polygones)

Les polygones de la base de données sont reliés à une table attributaire contenant notamment un ID_HABITAT. Cet ID a été reporté dans la couche finale dans le champ « SOURCE ».

ID_HABITAT	NATURE_OBS	DATE_OBSER	CODE_COR_C	COR_COMP	REC_1	REC_2	REC_3
AH_95_00200	A distance	20120302	53.16	53.16 : Végétation à Phalaris arundinacea	100	0	0
AH_95_00233	A distance	20120709	53.11	53.11 : Phragmitaies	100	0	0
AH_95_00233	A distance	20120709	53.11	53.11 : Phragmitaies	100	0	0
AH_95_00233	A distance	20120709	53.11	53.11 : Phragmitaies	100	0	0
AH_95_00235	A distance	20120709	53.11x53.13	53.11 x 53.13 : Phragmitaies x Typhaies	90	10	0
AH_95_00234	A distance	20120709	44 x 53.11	44 x 53.11 : Forêts riveraines, forêts et fourrés très hur	10	90	0
AH_95_00245	Support d'inter	18991230	22.1 x 53.111 :	22.1 x 53.112 x 53.13 : Eaux douces x Phragmitaies sèc	15	35	50
AH_93_00001	Support d'inter	18991230	53.111	53.111 : Phragmitaies inondées	100	0	0
AH_93_00002	Support d'inter	18991230	53.1	53.1 : Roselières	100	0	0
AH_93_00002	Support d'inter	18991230	53.1	53.1 : Roselières	100	0	0

fig. 13) Illustration de la table attributaire de la base de données SNPN

Cette base de données vectorielle a été intégrée dans la couche finale. L'intégration s'est faite lors de la photo-interprétation et les limites ont été redessinées lorsque la précision du tracé pouvait être améliorée au 1/3000.

fig. 14) Illustration de la redélimitation des polygones SNPN (en rouge) lors de la photo-interprétation (en vert).

f) La cartographie des zones humides de l'AESN (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 comprise entre le 1/15 000 et 1/18 000 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.

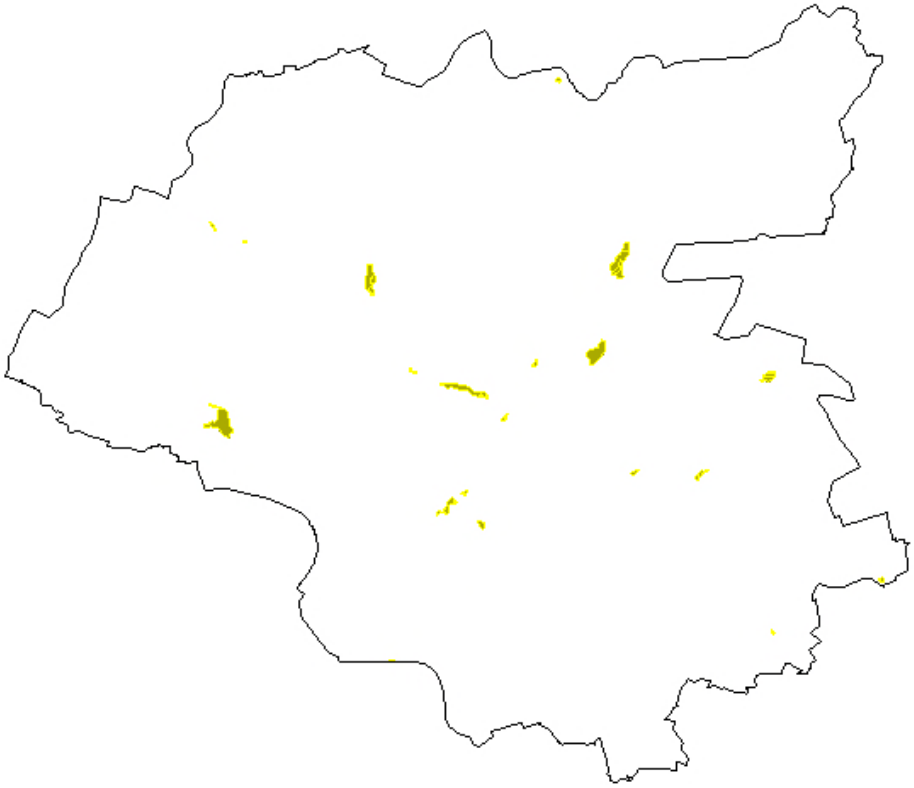


fig. 15) Illustration de la donnée AESN

Le problème de l'étude AESN est lié à son échelle. Elle est peu compatible avec le travail de photo-interprétation réalisé au 1/3 000, car la différence de précision de tracé est importante (5 fois moins bonne pour les parties dessinées au 1/15 000). 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. Ainsi, les contours sont affinés sur la base de l'observation sur BD ortho.

TYPE	SOUS_TYPE	CONFIANCE	OBSERV
1	3	3	
2	1	2	
1	3	3	
1	3	3	Complexe de plans d'eau
1	3	3	

fig. 16) Illustration de la table attributaire de la base de données AESN

Ces données n'ont pas été intégrées directement, car elles n'apportent qu'une information fragmentaire et floue et sont majoritairement redondantes avec les autres bases de données. De plus, ce sont des zones où il est facile de repérer sur la BD ORTHO le caractère humide et les limites ont été redessinées au 1/3000.

fig. 17) Illustration de la donnée AESN (en rouge) et de la photo-interprétation (en vert)

g) La cartographie des zones humides du GIP (Groupement d'intérêt public) avec ZPS incluses

Cette base de données rassemble des zones déjà identifiées dans d'autres bases (SNPN, ZNIEFF, etc.). Elle est donc très redondante et en même temps peu exhaustive.

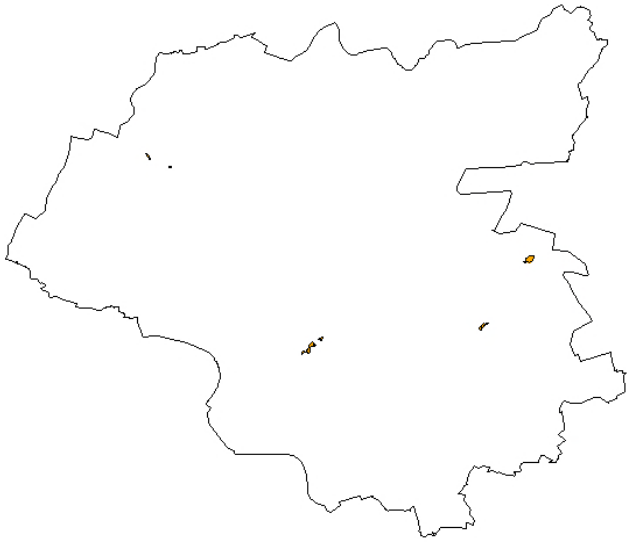


fig. 18) Illustration de la donnée GIP.

FID_cont_p	FID_ZH_inv	FID_ZH_zni	ZNIEFF2_	ZNIEFF2_ID	ID_SPN__13	ID_DIREN_3	NOM_12_13	NOM_12__17
122	128	128	238	1771	110001771	60050000	FORET DE MONTMORENCY	
124	132	132	245	1756	110001756	50460000	AEROPORT CHARLES DE GAULL	
1238	1477	128	238	1771	110001771	60050000	FORET DE MONTMORENCY	
1239	1478	128	238	1771	110001771	60050000	FORET DE MONTMORENCY	

fig. 19) Illustration de la table attributaire de la base de données GIP

Ces données n'ont pas été intégrées directement, car elles n'apportent qu'une information fragmentaire et floue et sont majoritairement redondantes avec les autres bases de données.

De plus, ce sont des zones où il est facile de repérer sur la BD ORTHO le caractère humide et les limites ont été redessinées au 1/3000.

fig. 20) Illustration de la donnée GIP (en rouge) et de la photo-interprétation (en vert)

h) La cartographie des ZNIEFF 1 & 2 (Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique)

Les zones ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Écologique 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.

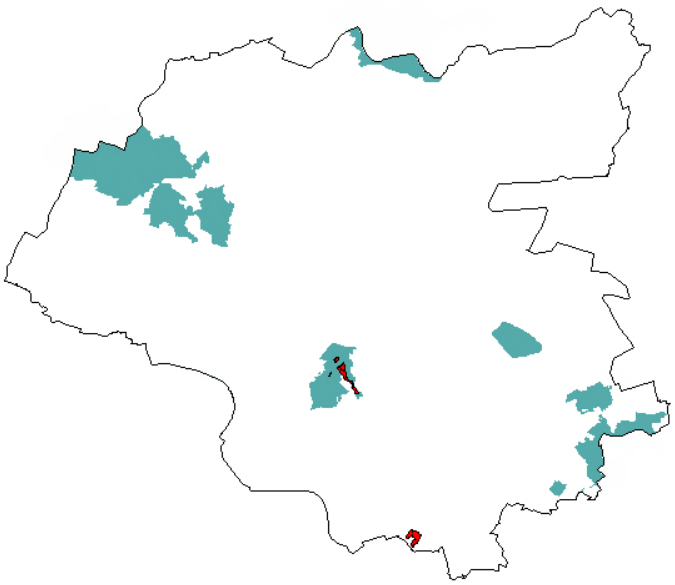


fig. 21) Illustration des délimitations ZNIEFF 1 (en rouge : 25 polygones) et ZNIEFF 2 (bleu : 13 polygones)

ID_MNHN	ID_ORG	NOM	GENERATION
110001754	93049001	Coteaux et plateau d'avron	2
110020455	93005002	Prairies du parc departemental du sausset	2
110020463	93015001	Massif de l'aulnoye et carrieres de vaujours et livry-gargan	2
110020464	93014001	Parc charlotte petit	2

fig. 22) Illustration de la table attributaire des ZNIEFF 1

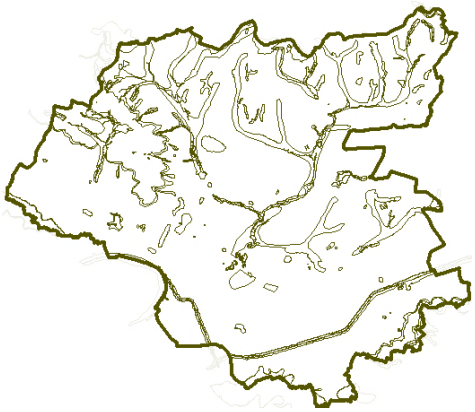
Ces données n'ont pas été intégrées directement, car elles n'apportent qu'une information fragmentaire et floue et sont majoritairement redondantes avec les autres bases de données. De plus, ce sont des zones où il est facile de repérer sur la BD ORTHO le caractère humide et les limites ont été redessinées au 1/3000.

fig. 23) Illustration de la donnée ZNIEFF (en rouge) et de la photo-interprétation (en vert)

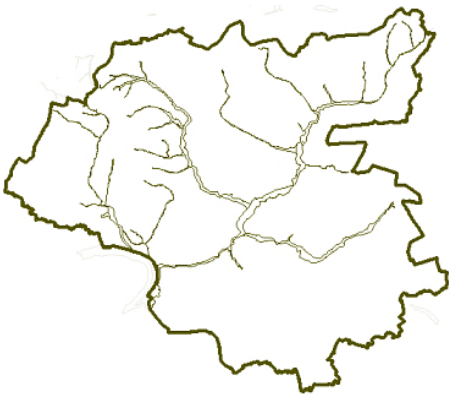
B) Données complémentaires

Ces bases, trop grossières, car majoritairement automatisées, n'ont été utilisées qu'en référence pour la PIAO et n'ont pas été directement intégrées dans la prélocalisation.

Zonage sur réseau hydrographique (raster) - origine SDAGE



Zonage de prélocalisation
(Enveloppes d'alertes)
Origine étude DRIEE IDF



Corridor fluvial – Origine AESN

C) Intégration des inventaires existants et photo-interprétations.

Les inventaires collectés ont été intégrés dans la couche de photo-interprétation, soit directement et sans modification lorsqu'il s'agissait de zones humides non visibles sur la BD Ortho (principalement en forêt), soit en modifiant légèrement les contours pour caler à l'échelle de photo-interprétation du 1/3 000.

Ces zones humides ont été subdivisées lorsque nécessaire. Toutes ces zones ne sont pas effectives, notamment lorsque le code corine biotope ne correspond pas à un habitat « H : humide » de la liste de l'arrêté ou que l'observation n'était pas faite sur le terrain, mais provenait d'une PIAO ou d'une observation à distance (ex-situ). Les zones humides non effectives des inventaires ont donc été intégrées comme zones humides potentielles (ZHP) avec références d'inventaires exogènes. Il est à noter que le photo-interprète a parfois dessiné des polygones de ZHP alors qu'il n'y avait rien de visible sur l'image, mais parce qu'une autre source indiquait qu'il y en avait potentiellement une. Dans ce cas, il indique ses doutes par un code de confiance entre 2 et 4.

Par défaut, pour les zones humides effectives, le code de confiance attribué à ces zones est de 1 (champ FIABILITÉ), mais un changement d'indice de confiance reste à l'appréciation du photo-interprète en fonction de ce qui est visible sur les images : partie de la zone supprimée, modifiée ou nature de la végétation différente de ce qui est annoncé dans le code Corine biotope.

En ce qui concerne les informations attributaires, une traçabilité de l'origine des données a été mise en place. À chaque polygone de zone humide est associée une table attributaire contenant notamment :

- Le caractère effectif est indiqué dans le champ « EFFECTIVE ». Néanmoins, lorsqu'un contrôle de terrain était programmé pour la phase 3, cette valeur a été supprimée dans l'attente du résultat de l'investigation de terrain.
- L'indice de confiance est une appréciation du photo-interprète sur le polygone tracé (champ FIABILITÉ). Ce critère est explicité dans la partie « Photo-interprétation » de ce rapport.

- L'origine de la référence, c'est-à-dire source de la donnée exogène qui qualifie le caractère effectif ou potentiel est indiquée dans le champ « SOURCE ».
- Le champ « PÉDOLOGIE » indique si ce critère a été contrôlé sur le terrain soit lors de l'inventaire passé (données exogènes), soit lors de l'inventaire de phase 3 de ce projet.
- Le champ « FLORISTIQUE » indique si ce critère a été contrôlé sur le terrain soit lors de l'inventaire passé (données exogènes), soit lors de l'inventaire de phase 3 de ce projet.
- Le champ « FLORAGIS » indique que ce polygone a été contrôlé par le bureau d'étude FloraGIS dans le cadre de la phase 3 de cette étude. Néanmoins, le contrôle n'implique pas la réalisation d'un inventaire si la parcelle n'était pas accessible par exemple.

EFFECTIVE	FIABILITE	SOURCE	PEDOLOGIE	FLORISTIQUE	FloraGIS
non	1	CBNBP (20111124093634Laf) [exsitu cb: 31.81] - PIAO BD Ortho	non	non	☐
oui	1	CBNBP (20080709163839Fil) [insitu cb: 44.92] - PIAO BD Ortho	non	oui	☐
oui	3	CBNBP (20080813170527Fil) [insitu cb: 53.4] - PIAO BD Ortho	non	oui	☐
	1	PIAO BD Ortho	non	non	☑
	2	CBNBP (20080818135521Fil) [insitu cb: 38.22] - PIAO BD Ortho	non	non	☑
	1	PIAO BD Ortho	non	non	☑
oui	1	CBNBP (20080709160857Fil) [insitu cb: 37.71] - PIAO BD Ortho	non	oui	☐
	3	PIAO BD Ortho	non	non	☑
	2	PIAO BD Ortho	non	non	☑
	2	PIAO BD Ortho	non	non	☑
oui	1	CBNBP (20080813170527Fil) [insitu cb: 53.4] - PIAO BD Ortho	non	oui	☐
	2	CBNBP (20080818140026Fil) [insitu cb: 87.1] - PIAO BD Ortho	non	non	☑
	2	PIAO BD Ortho	non	non	☑
oui	1	CBNBP (20080813170015Fil) [insitu cb: 53.111] - PIAO BD Ortho	non	oui	☐
	1	CBNBP (20080818140026Fil) [insitu cb: 87.1] - PIAO BD Ortho	non	non	☑
non	2	PIAO BD Ortho	non	non	☐
non	2	PIAO BD Ortho	non	non	☐

1 2

fig. 24) Exemple de polygones issus du report d'information exogène

Cas 1 : il s'agit d'une zone indiquée par la base de données CBNBP avec un contrôle « in-situ » et un code corine biotope « Humide ». Elle est considérée comme effective.

Cas 2 : il s'agit d'une zone indiquée par la base de données CBNBP avec un contrôle « in-situ » et un code corine biotope « Pro parte ». Elle est considérée comme potentielle et sera investiguée lors de la phase 3 de ce projet.

EFFECTIVE	FIABILITE	SOURCE	PEDOLOGIE	FLORISTIQUE	FloraGIS
oui	1	Société du Grand Paris - PIAO	oui	non	☐
non	3	PIAO BD Ortho	non	non	☐
non	2	PIAO BD Ortho	non	non	☐
non	3	PIAO BD Ortho	non	non	☐
	1	CBNBP (Inventaire mare Sausset) - PIAO BD Ortho	non	oui	☑
	2	CBNBP (20080814150028Fil) [insitu cb: 87.1] - PIAO BD Ortho	non	non	☑
non	3	CBNBP (20111125160457Laf) [exsitu cb: 85.15] - PIAO BD Ortho	non	non	☐
	1	CBNBP (Inventaire mare Sausset) - PIAO BD Ortho	non	oui	☑
	2	PIAO BD Ortho	non	non	☑
	2	PIAO BD Ortho	non	non	☑
non	3	PIAO BD Ortho	non	non	☐
	2	CBNBP (20080814150028Fil) [insitu cb: 87.1] - PIAO BD Ortho	non	non	☑
non	3	CBNBP (20080814123558Fil) [insitu cb: 38.22] - PIAO BD Ortho	non	non	☐
non	2	PIAO BD Ortho	non	non	☐

3 4 5

fig. 25) Exemple de polygones issus du report d'information exogène ou de polygone de photo-interprétation

Cas 3 : il s'agit d'une zone confirmée par la Société du Grand Paris avec un contrôle de terrain ayant confirmé le caractère humide pédologique. Elle est considérée comme effective.

Cas 4 : il s'agit d'un polygone photo-interprété dans le cadre de cette étude, sans donnée exogène pour le confirmer. Elle est considérée comme potentielle.

Cas 5 : il s'agit d'une zone indiquée par la base de données CBNBP sans précision sur la méthodologie d'inventaire. Elle est considérée comme potentielle et sera investiguée lors de la phase 3 de ce projet.

3) Les données exogènes relatives à l'eau

A) Les données des inventaires des mares et plans d'eau de la SNPN (Société Nationale de Protection de la Nature)

Un inventaire des mares sur les départements 93 et 95 a été mis à disposition de l'étude par la SNPN. Cette base de données est vectorielle sous forme ponctuelle. De fait, certains points correspondent à des bassins, des surfaces en eau ou des zones humides. Beaucoup des plans d'eau étaient déjà présents dans la BD Topo et l'intérêt de la couche concernait surtout les mares qui ont été intégrées.

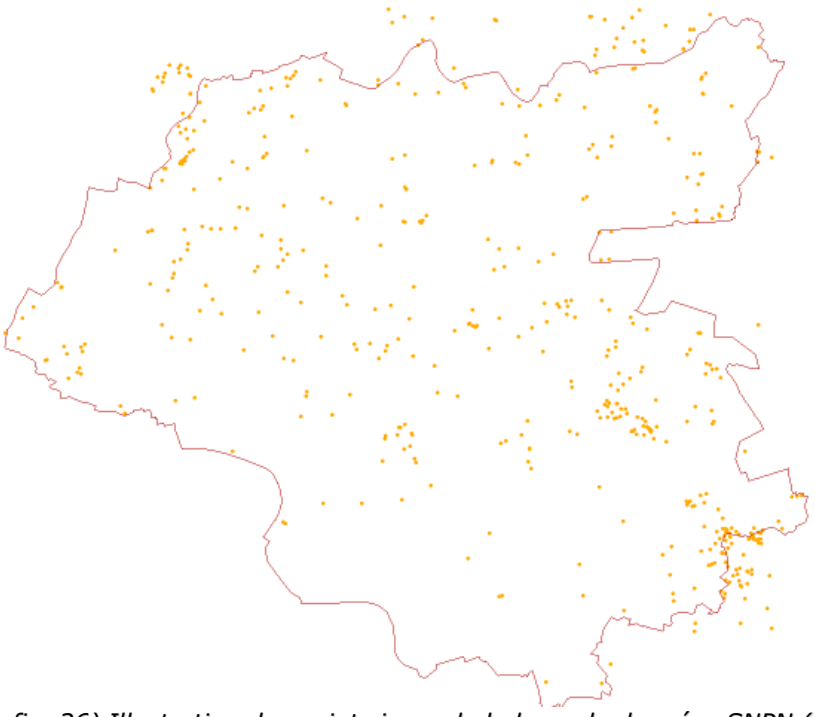


fig. 26) Illustration des points issus de la base de données SNPN (490 polygones)

Cette base de données vectorielle a été intégrée dans la couche finale. L'intégration s'est faite lors de la photo-interprétation et les limites ont été redessinées lorsque la précision du tracé pouvait être améliorée au 1/3000. Cela s'avère nécessaire, car la donnée initiale est principalement délimitée en fonction du parcellaire sans tenir compte du zonage à l'intérieur de ces parcelles. Certaines mares n'ont pas été intégrées, car elles correspondaient à des bassins par exemple. En revanche, d'autres non répertoriées ont été ajoutées. Aucune zone tampon n'a été utilisée pour intégrer les données ponctuelles, car le photo-interprète affichait la couche de point et délimitait en fonction de l'information présente sur les images.

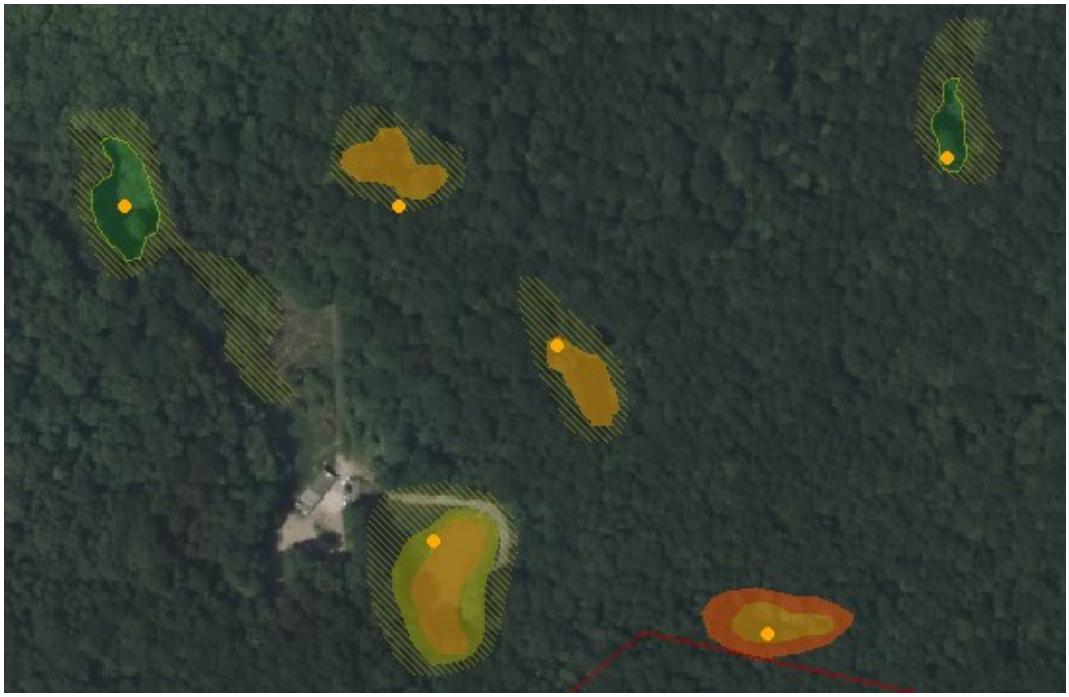


fig. 27) Illustration de la délimitation des polygones à partir des points de la base de données de la SNPN lors de la photo-interprétation.

Les points de la base de données sont reliés à une table attributaire contenant notamment un ID. Ce dernier a été reporté dans la couche finale dans le champ SOURCE.

ID_MARE	Date_saisi	DATE_	CONTEXTE_1	CONTEXTE_2	Statut
MA_93_00141	20120312	18991230	prairie mésophile		Potentielle
MA_93_00137	20120312	18991230	parc périurbain / urbain	bois et forêt de feuillus	Potentielle
MA_93_00121	20120307	18991230	bois et forêt de feuillus		Potentielle
MA_93_00142	20120312	18991230	prairie mésophile		Potentielle
MA_93_00143	20120312	18991230	prairie mésophile		Potentielle

fig. 28) Illustration de la table attributaire de la base de données SNPN

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.

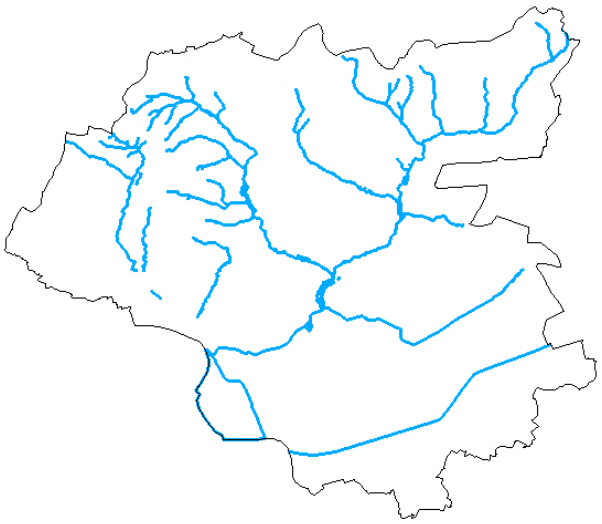


fig. 29) Illustration de l'assemblage des différentes BD TOPO des départements composant le SAGE Croult Enghien Vielle Mer

a) Préparation et mise à jour de la couche hydrographique

Les plans d'eau

Les plans d'eau sont majoritairement cartographiés à partir de couche SURFACE_EAU de la BD TOPO. Cette couche contient des éléments qu'il faut écarter, car sans rapport avec les surfaces en eau naturelles.

La première 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'identifier 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 ».

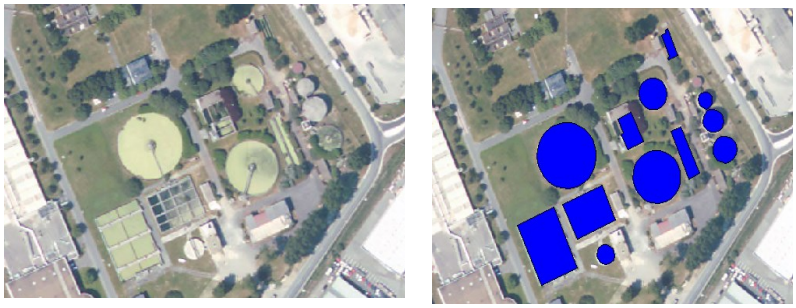


fig. 30) Illustration d'éléments artificiels répertoriés dans la BD Topo

Les bassins d'agrément ou de rétention (même plastifiés) ont en revanche été gardés, car ils présentent un intérêt écologique du fait de la faible quantité de zones humides et de plans d'eau sur le territoire. En effet, ils sont susceptibles d'être colonisés par des espèces végétales ou animales.

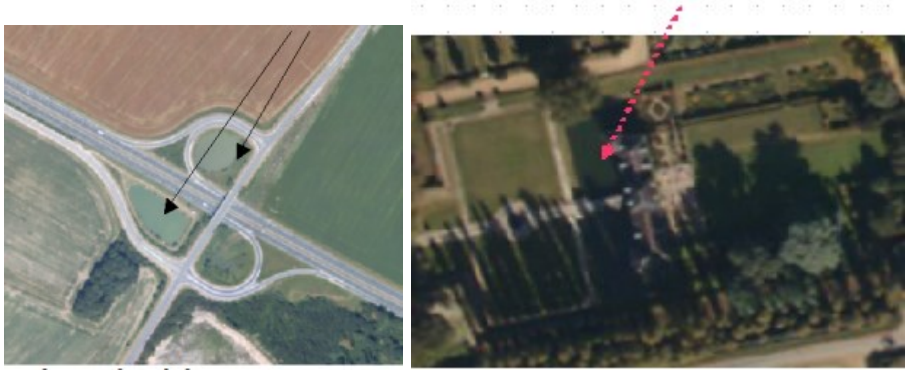


fig. 31) Illustration d'éléments artificiels de type bassin de rétention isolé ou plan d'eau de parc d'agrément.

Les cours d'eau

Le réseau hydrographique est composé des cours d'eau et fossés. 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 se trouve dans la couche SURFACE_EAU, car les deux berges sont délimitées.

Il s'agit donc de 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.

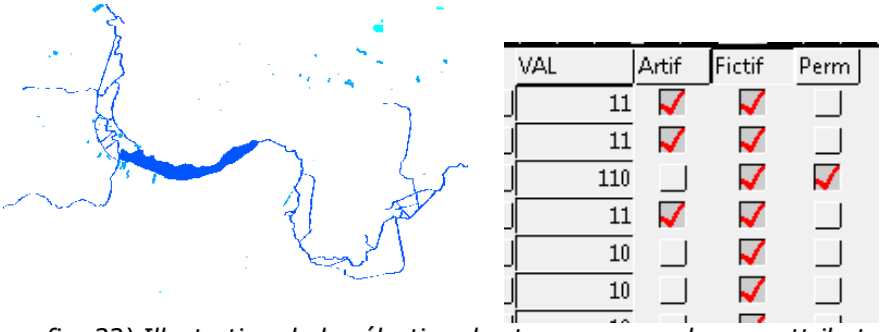


fig. 32) Illustration de la sélection des tronçons par champs attributaires ce qui élimine une majorité d'entités non exploitables dans l'étude.

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.

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. Un travail complémentaire de photo-interprétation est donc nécessaire pour corriger et homogénéiser cette couche d'information.

b) Photo-interprétation des éléments relatifs à l'eau

Concernant les plans d'eau et cours 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. 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.

C) Requalification des plans d'eau et cours d'eau

a) Les cours d'eau

Afin d'améliorer le réseau hydrographique du territoire qui est peu présent, il a été décidé d'y ajouter le réseau de noues ou de fossés, ainsi que les fonds de vallée et les réseaux enterrés. Il est à noter que les noues correspondent en majorité aux espaces d'infiltration que l'on retrouve autour des autoroutes ou doubles voies. En effet, il est difficile sur la base d'une simple photo-interprétation d'établir la présence d'un fossé trop fin pour être visible.

Concernant les fossés, ont été distingués ceux servant au drainage le long des grands axes, de ceux de collecte dans les zones industrielles ou commerciales (zones aménagées). Quant à la qualification « naturelle », elle précise que le fossé n'est dans aucune des deux catégories précédentes et n'est pas non plus dans les champs.

Ces éléments viennent compléter les cours d'eau ce qui permettra une meilleure analyse des connexions et éventuellement alimentation des zones humides.

Par ailleurs, dans un second temps, le caractère historique (disparition) des cours d'eau a été analysé sur les documents d'archives.

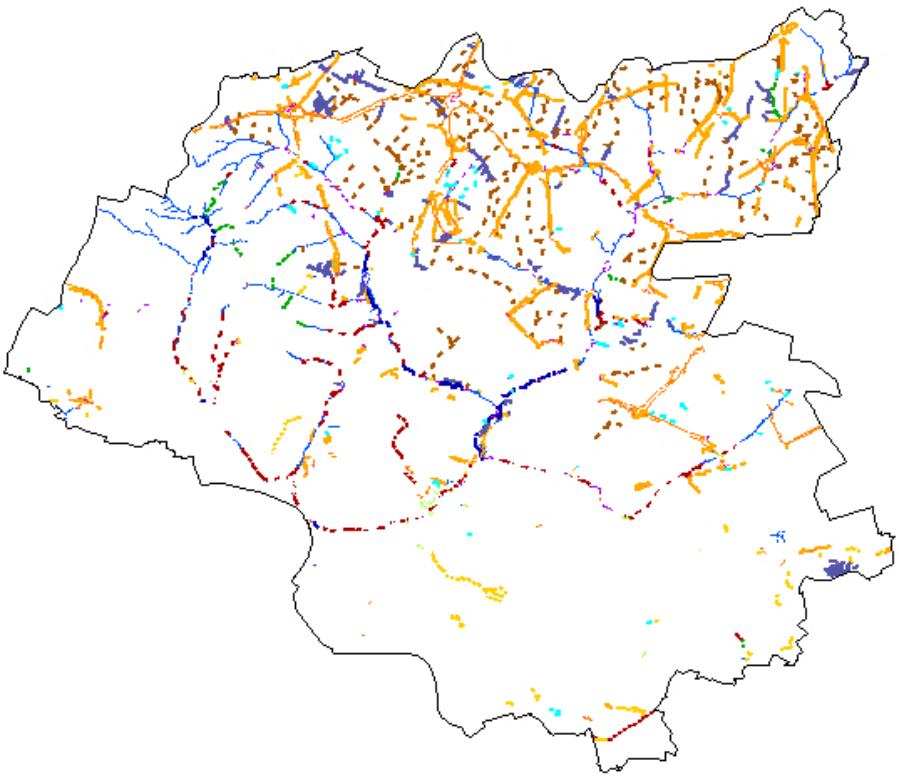


fig. 33) Illustration des différents réseaux de surface ou souterrain

Style	CODE	intitulé
	10	Réseau hydrographique large
	15	Réseau hydrographique large non visible (ripisylve)
	20	Réseau hydrographique fin
	25	Réseau hydrographique fin non visible (ripisylve)
	30	Chenal bétonné
	35	Structure chenalisée de fond de bassin d'écrêtement
	40	Passage sous un pont ou dans une buse sous un réseau routier / ferré
	45	Passage dans une buse (autre que sous le réseau routier / ferré)
	50	Fossé en milieu "naturel"
	55	Fossé d'aménagement
	60	Fossé le long des réseaux routiers / ferrés
	61	Noue
	65	Fossé le long des réseaux routiers / ferrés et non visible (arboré)
	66	Noue non visible (arboré)
	70	Fossé agricole
	75	Fossé agricole non visible (arboré)
	80	Réseau urbain enterré supposé
	85	Réseau urbain enterré (source DDT95 - SIARE - SIAH)
	90	Réseau incertain
	100	(paléo) chenaux de ruissellement dans les champs
	110	Fond de vallée (forêt)
	210	Réseau hydrographique large
	215	Réseau hydrographique large non visible (ripisylve)
	220	Réseau hydrographique fin
	225	Réseau hydrographique fin non visible (ripisylve)
	270	Réseau de drainage / irriguation
	280	Réseau enterré supposé
	290	Réseau incertain
	500	Report réseau carte état major

fig. 34) Nomenclature des réseaux cartographiés

À chaque tronçon de ce réseau est associée une table attributaire contenant notamment :

- La dernière date d'observation (annee_F) et donc c'est historique ou actuel (HISTORIQUE).
- L'origine de l'information : majoritairement PIAO sur photos aériennes ou cartes d'archives (SOURCE)
- Le nom du cours d'eau et la longueur du tronçon (Nom ; Longueur)
- Son degré de certitude : observé, doute (DOUTE)

HISTORIQUE	annee_F	DOUTE	SOURCE	Nom	Longeur
	2016	Observé	PIAO		10.12
	2016	Observé	PIAO - PLCO		10.21
	-1	Observé	PIAO - DDT95 Etat(1)	Le Croult	10.25
	-1	Observé	SIARE	Le Ru des Haras	10.26
	2016	Observé	PIAO		10.28
Ancien 1900	1955	Observé	PIAO		10.28
	2016	Observé	PIAO		10.30
	2016	Observé	PIAO		10.33
	2016	Observé	PIAO - DDT95 Etat(2) - BD Topo	Ru du Rhin	10.41

fig. 35) Illustration de la table attributaire des différents réseaux

b) Les plans d'eau

Comme pour le réseau hydrographique ; il a été décidé d'enrichir la couche plan d'eau notamment en précisant sa nature. Ces éléments viennent compléter les plans d'eau ce qui permettra une meilleure analyse des connexions et éventuellement alimentation des zones humides.

Par ailleurs, dans un second temps, le caractère historique (disparition) des plans d'eau a été analysé sur les documents d'archives.

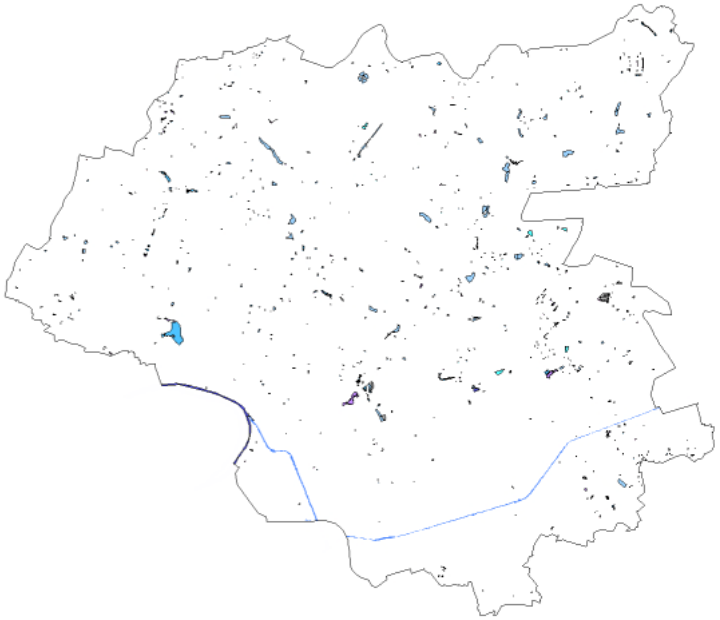


fig. 36) Illustration des plans d'eau sur le territoire

Style	CODE	intitulé
	10	Plan d'eau naturel
	20	Plan d'eau non confirmé par PIAO
	30	Bassin industriel ou de carrière
	35	Bassin ou mare dans une ferme
	40	Bassin de rétention bétonné
	50	Bassin de rétention ou d'écrêtement en herbe (parfois noue très large)
	55	Bassin de rétention plastifié
	60	Plan d'eau d'agrément (golf, parc)
	70	Mares
	80	Bassin ou mares chez un particulier
	90	Canal ou structure bétonée intdétermine
	100	Réseau hydrographique large
	110	Canal

fig. 37) Nomenclature des plans d'eau cartographiés

À chaque polygone est associée une table attributaire contenant notamment :

- La dernière date d'observation (annee_F), la première date d'observation (Année_I) et donc s'est est historique, créé récemment ou actuel (HISTORIQUE).
- L'origine de l'information : majoritairement PIAO sur photos aériennes ou cartes d'archives (SOURCE)
- Le gestionnaire notamment pour les bassins (GESTION)
- Son degré de certitude : observé, doute (DOUTE)

- La présence de végétation sur la périphérie en 2016 (VEGET_2016)
- La présence d'eau en 2016 (ETAT_2016) lorsqu'il est possible de le voir, hors couvert arboré donc.

ETAT_2016	VEGET_2016	HISTORIQUE	annee_I	annee_F	DOUTE	GESTION	SOURCE
?	Avec végétation		1987	2016	Observé		PIAO - BD Topo (Permanent)
en eau	Sans végétation		2003	2016	Observé		PIAO - BD Topo (Permanent) - SNPN[MA_95_00368] (Potentielle)
en eau	Avec végétation		1987	2016	Observé		PIAO - BD Topo (Intermittent) - SNPN[MA_95_00427] (Potentielle)
en eau	Sans végétation		2003	2016	Observé		PIAO - BD Topo (Permanent) - SNPN[MA_95_00369] (Potentielle)
en eau	Sans végétation		2003	2016	Observé		PIAO
en eau	Avec végétation		2003	2016	Observé		PIAO - BD Topo (Permanent) - SNPN[MA_95_00426] (Potentielle)
?	Avec végétation		1987	2016	Doute		PIAO - BD Topo (Intermittent) - SNPN[MA_95_00381] (Potentielle)
-		Ancien 2000	1987	1987	Observé		PIAO
-	Sans végétation		1987	2016	Observé		PIAO

fig. 38) Illustration de la table attributaire des différents plans d'eau

C) Cas particuliers de certains bassins

On trouve sur le territoire de très grands bassins de rétention qui depuis leur création ont été largement recolonisés par une végétation naturelle pouvant aller jusqu'à la strate arborée. Ces bassins, du fait de leur fonction sont donc gérés et ne peuvent donc pas être considérés comme des zones humides. Dans le cas contraire, le classement en zone humide interdirait des modifications, aménagements ou simplement l'entretien de ce dernier.

fig. 39) Cas d'un bassin de régulation créé entre 1987 et 2011 et recolonisé par la végétation naturelle.

Il a été proposé de classer les zones humides situées dans ces bassins en une classe à part : BASSINS À CARACTÈRE HUMIDE qui ne feront pas l'objet de validation terrain, mais seront gardés dans la base de données à titre indicatif. En effet, cette information est intéressante à capitaliser, car ces bassins à défaut d'être des zones humides, offrent des réservoirs de biodiversité indéniables qu'il est important de préserver.

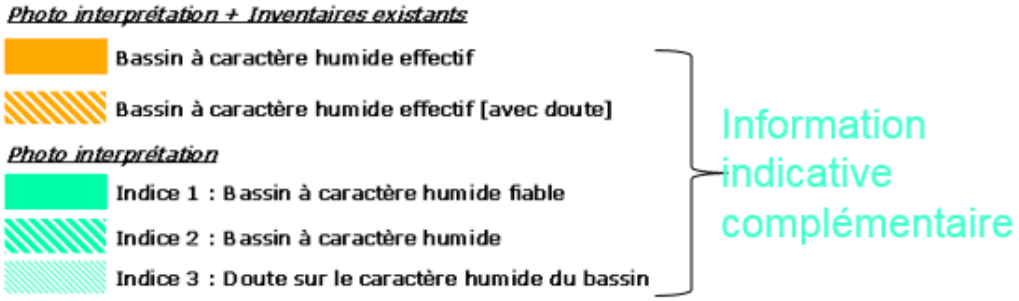


fig. 40) Toponymie des bassins à caractère humide en fonction de la présence d'inventaires à l'intérieur et du degré de fiabilité accordé en PIAO

fig. 41) Illustration de la cartographie d'un bassin à caractère humide

4) Les données exogènes définies sur le critère pédologique ou historique

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 XVIIe 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. 42) Couverture des cartes de Cassini et 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 les étangs, peu représentés sur le territoire sans doute en raison de leur petite taille. Seuls 3 étangs représentés 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.

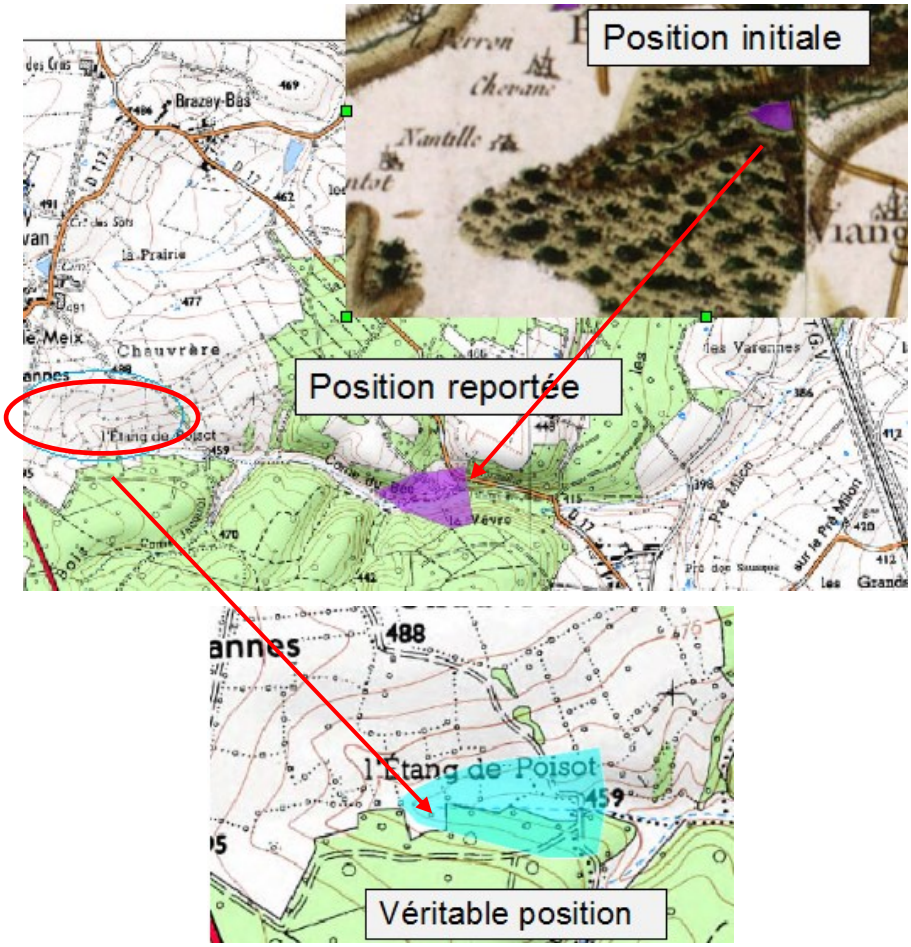


fig. 43) Illustration du recalage des cartes de Cassini sur Scan 25

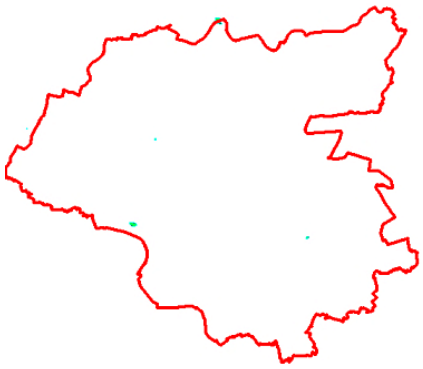


fig. 44) Illustration des étangs de Cassini repérés

B) Inventaire des plans d'eau, sources et cours d'eau des cartes d'état-major.

Les cartes d'État-Major sont un ensemble de cartes couvrant la France, réalisées dans leur première version, au XIXe siècle. Une ordonnance royale de 1827 en confie l'exécution au Dépôt de la Guerre. Cette carte peut être vue comme succédant à la carte de Cassini dont l'absence de mise à jour devenait une gêne de plus en plus grande.

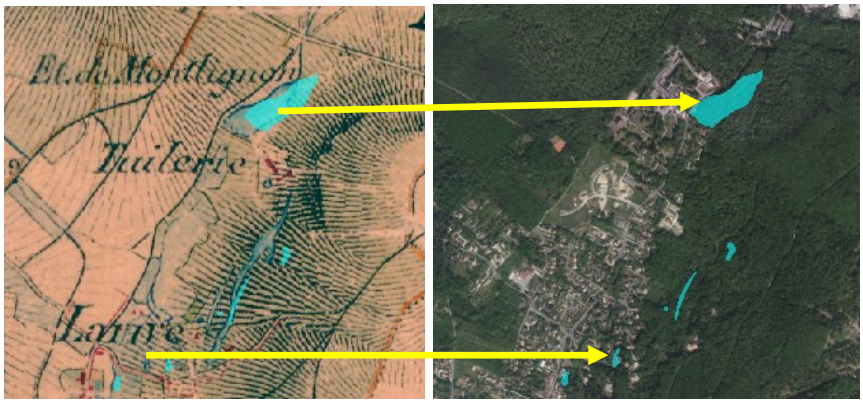


fig. 45) Illustration du repositionnement des plans d'eau des cartes d'état-major sur la BD-Ortho

La projection utilisée à la conception de la carte est celle dite de Bonne. Bien que de meilleure qualité que les cartes de Cassini, des anomalies restent visibles notamment dans la morphologie du paysage. Il est donc nécessaire de recaler ces cartes sur les référentiels modernes, mais aussi de prendre soin de relativiser la position des objets par rapport aux autres informations (routes, habitation, etc.).

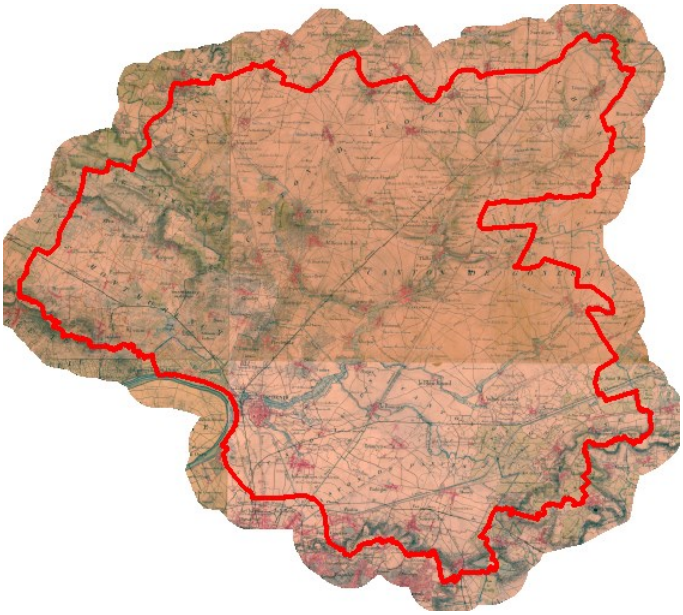


fig. 46) Couverture des cartes d'état-major

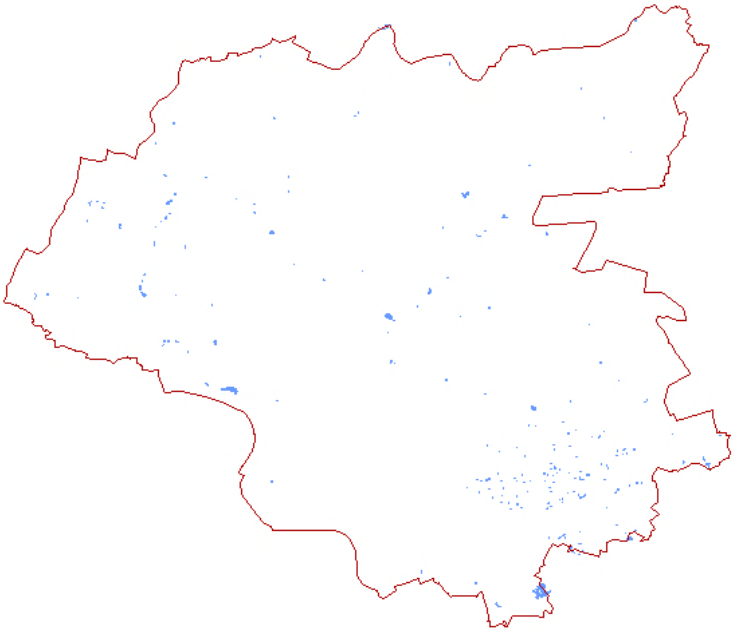


fig. 47) Illustration des 359 plans d'eau repérés sur les cartes d'état-major.

Ces plans d'eau repérés sur ces documents historiques permettent de vérifier s'il s'agit de surface existant depuis l'origine ou de plans d'eau créés. Dans le sens inverse, cela permet également de vérifier si certains d'entre eux ont été asséchés depuis.

C) Photos aériennes d'archive

Afin de compléter l'analyse historique par des documents plus précis et fiables que les anciennes cartes, nous avons complété la cartographie par une photo-interprétation d'images aériennes d'archives préalablement géoréférencées et rectifiées sur le MNT. Ces campagnes aériennes sont les suivantes :

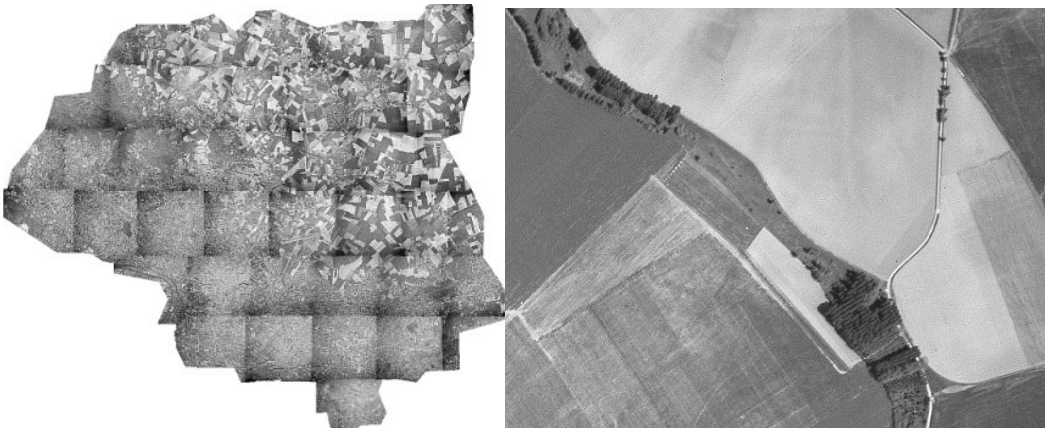


fig. 48) Assemblage des photos aériennes de l'IGN de 1955 et extrait

fig. 49) Assemblage des photos aériennes de l'IGN de 1987 et extrait

Les dates d'observations des plans d'eau et réseaux sur ces images apparaissent dans les tables attributaires. Cette analyse a permis de se rendre compte à quel point les étangs ont été asséchés depuis ce dernier siècle et de constater également que les cours d'eau ont été détournés de leur lit ou définitivement éliminés par l'urbanisation.

D) Les SCAN 25

Comme les cartes historiques et les photos aériennes d'archives, les SCAN 25 représentent un état du territoire à une date donnée. Ils ont donc contribué à l'analyse historique et les dates d'observations des plans d'eau et réseaux sur ces cartes apparaissent dans les tables attributaires.

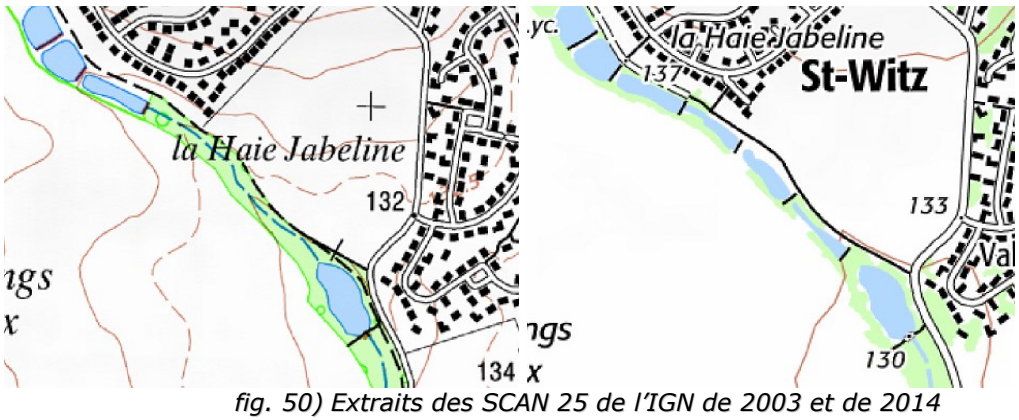


fig. 50) Extraits des SCAN 25 de l'IGN de 2003 et de 2014

5) Les données pédologiques

La récupération de ces zones avait déjà été effectuée lors de l'étude pour la DRIEE IDF. Toutefois, une demande a été faite pour d'éventuelles données plus fines à l'INRA avec une réponse négative.

Sur la zone du SAGE, les données sont au 1/250 000, ce qui n'est pas adapté aux besoins de cartographie assez fine des secteurs potentiellement humides. Note : au 1/25 000, l'erreur de tracé du 1/250 000 correspond à 1 cm.

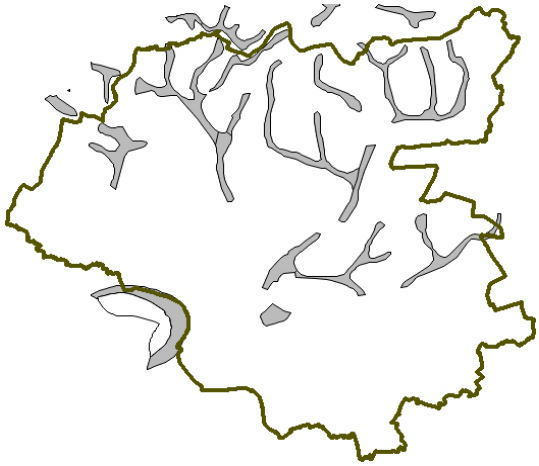


fig. 51) Illustration des enveloppes pédologiques au 1/250000

Étant donné la précision de la cartographie réalisée sur le territoire, ces enveloppes n'ont pas été intégrées comme cela avait été le cas dans les enveloppes d'alerte de l'étude DRIEE IDF. Néanmoins, il a été remarqué qu'une assez bonne corrélation entre ces zones et le résultat de l'IBK.

fig. 52) On peut noter la corrélation entre les zones pédologiques répondants à la définition des ZH (essentiellement limon et argiles fluviatiles) et les résultats de l'IBK.

En l'absence de données pédologiques plus fines, l'IBK permet donc d'éviter l'utilisation de cette donnée au 1/250 000

6) Cartographie des cours et plans d'eau historiques.

Sur la base de toutes les données précédentes, il a donc été possible d'établir la cartographie du réseau hydrographique ainsi que les plans d'eau disparus.

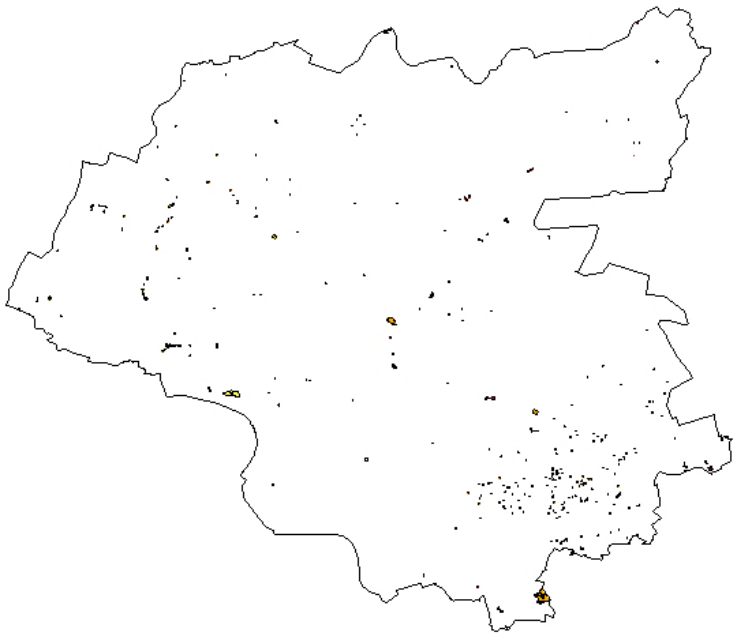


fig. 53) Plans d'eau historiques (disparus)

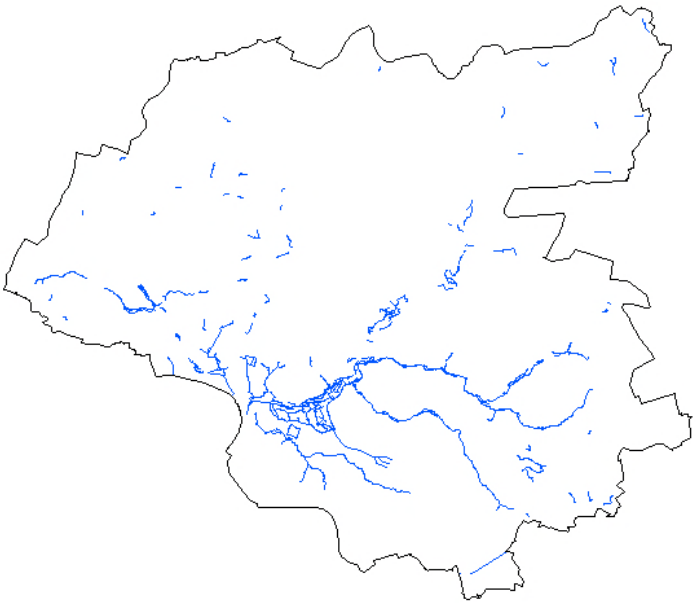


fig. 54) Cours d'eau historiques (disparus)

On remarque rapidement la quantité impressionnante d'éléments détruits par l'urbanisation, ce qui donne une idée proportionnelle sur les zones humides disparues également. De fait, les zones humides sont rarement indiquées sur les documents d'archives et sont également très difficiles à repérer sur des photos aériennes en noir et blanc.

7) Les données d'occupation du sol

Le territoire du SAGE étant très urbanisé, il nous est apparu important de tenir compte de l'occupation du sol présente dans les analyses et notamment au niveau des produits issus des traitements automatisés. Néanmoins, aucun MOS récent et d'une échelle appropriée n'était disponible sur le territoire. Une cartographie simplifiée a donc été réalisée par photo-interprétation au 1/5000.

Style	NOM
	Espaces naturels ou sans usages
	Agricole
	Sol nu - cimetières
	Pavillonnaire
	Terrains de sport
	ZAC - tertiaire
	HLM/admin sur grandes surfaces aménégées
	Parcs
	Forêt
	Route - autoroute + aires associées
	Friches - pistes aéroports - délaissé routier
	Petit bâti collectif - pavillonnaire dense
	Pavillonnaire trés lâche
	HLM/admin avec peu de végétation
	Centre ville - haussemanien
	Eau

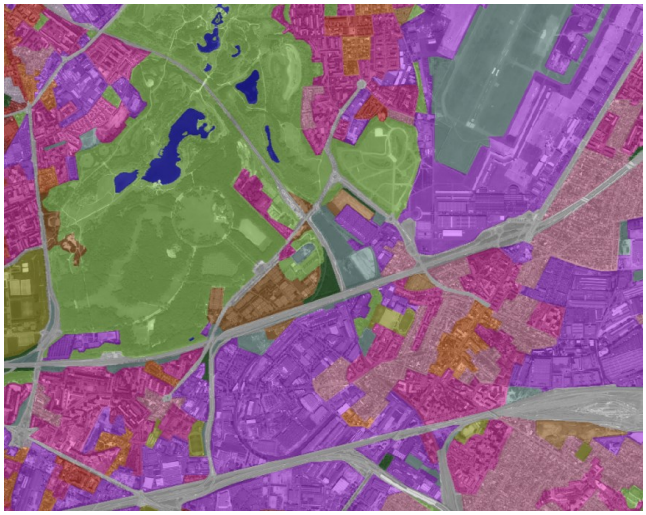


fig. 55) Légende et détail de l'occupation du sol 2014 sur le SAGE

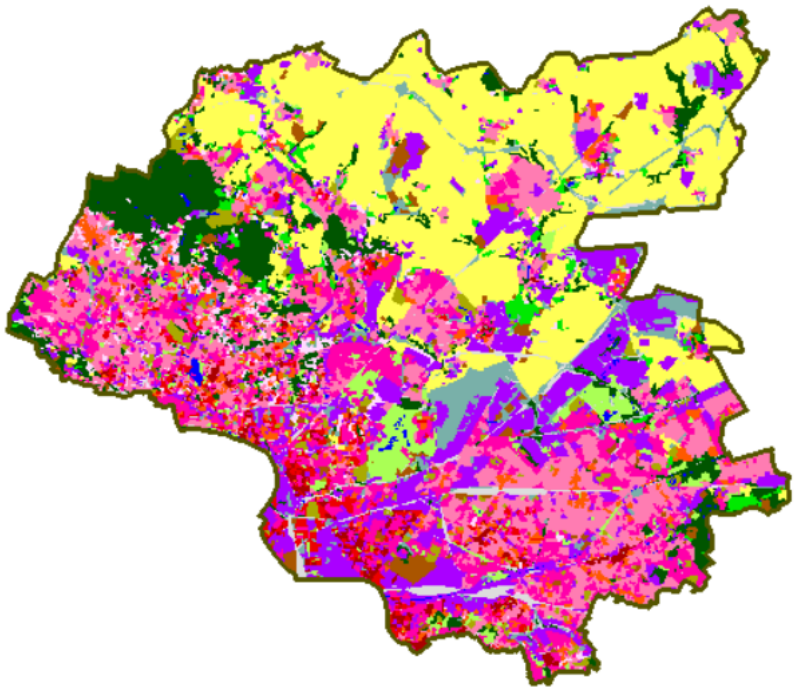


fig. 56) Illustration de l'occupation du sol 2014 sur le SAGE

Ce MOS sera utilisé comme base d'information pour l'artificialisation, mais également pour évaluer le ruissellement.

8) 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 25 mètres, mais ce pas de 25 mètres est difficilement exploitable dans le cadre de calculs d'indice, car il est important que les petits artefacts ne perturbent pas les calculs. C'est pourquoi il a été rééchantillonné à 50 mètres.

Le MNT présente des artefacts de deux sortes :

- 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.
- 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.

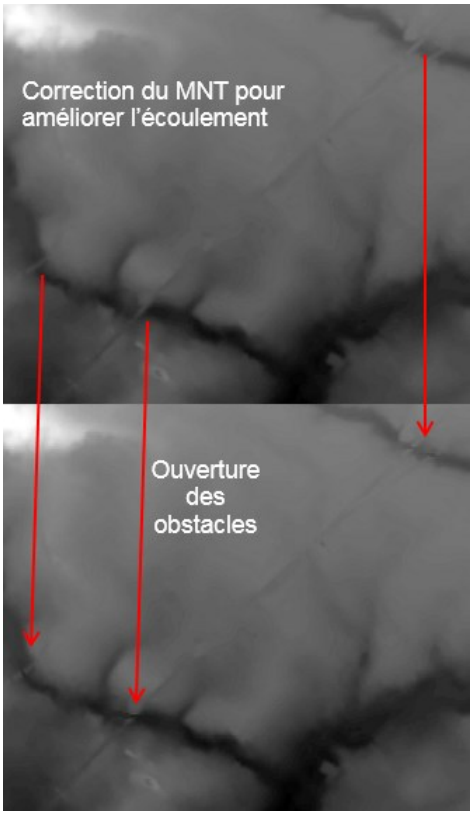


fig. 57) Illustration du travail de correction du MNT pour permettre une simulation de l'écoulement.

De plus, les valeurs de ce MNT sont en entier (sans chiffres à virgule), ce qui pose le problème des faibles pentes, car cela génère des artefacts qui correspondent à des sauts de courbes de niveau. 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 (angle) = dénivelé/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.

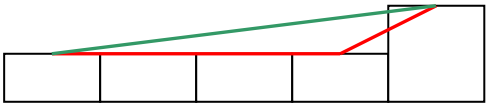


fig. 58) Schéma de deux types d'interpolation de la pente en fonction du point d'origine

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 même sur une fenêtre de 5x5 pixels ne reflètent pas toujours la réalité du terrain et génère des zones qui nécessiteront un traitement vectoriel.

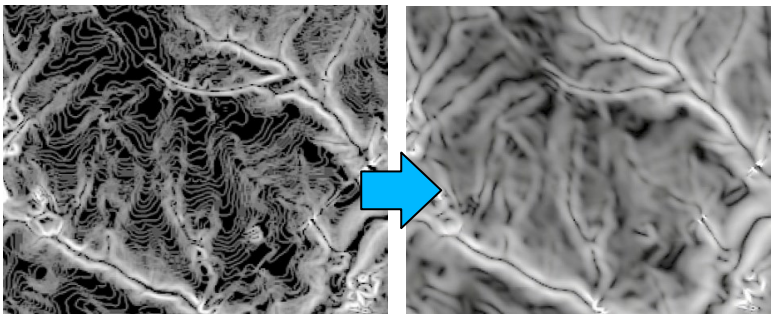


fig. 59) Illustration du problème des faibles pentes calculées sur des nombres entiers.

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

L'indice topographique de Beven-Kirkby (IBK) permet de mettre en évidence des zones ou 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.

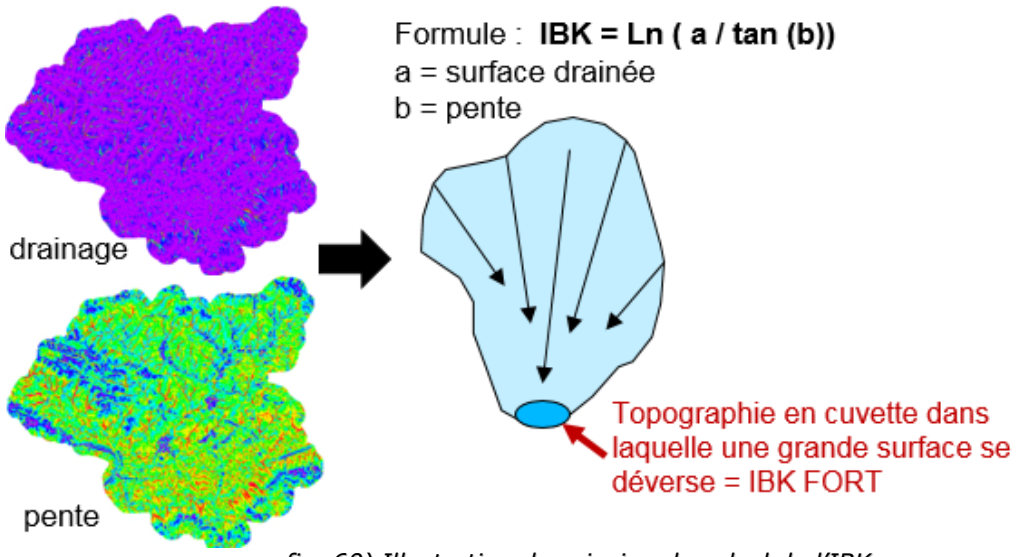


fig. 60) Illustration du principe de calcul de l'IBK

De même, on remarque dans les parties agricoles une très bonne corrélation avec les traces de ruissellement qui avaient été faites par le DDT95.

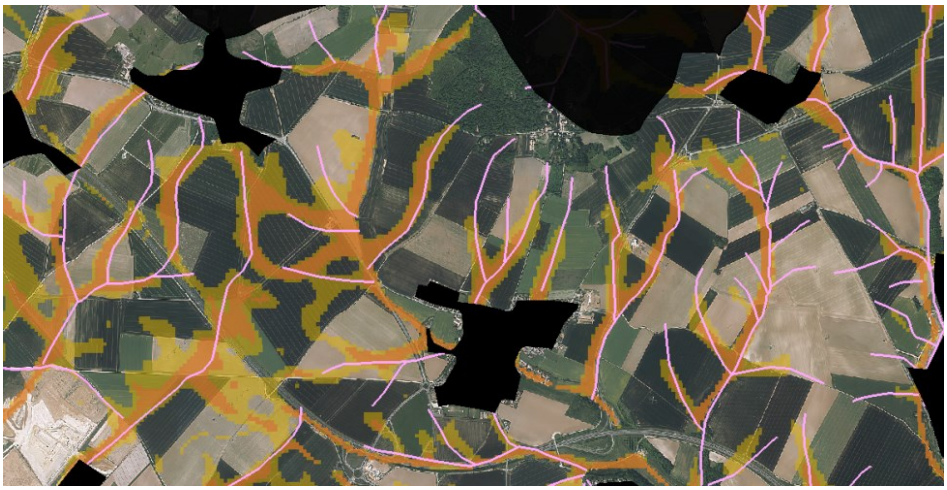


fig. 61) Illustration comparative entre l'IBK et des axes de ruissellement calculés par la DDT95

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.

Toutefois, la méthode présente quelques limites :

- Il y a des problèmes d'identification de ZH perchées (d'origine géologique et non topographique).
- On observe une sous-estimation des zones humides dans les secteurs de vallées étroites.
- 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, la probabilité peut être forte, mais dans les faits, dans une zone majoritairement agricole et drainée par exemple, on trouve peu de zones humides. Il est d'ailleurs possible de voir des surfaces imperméabilisées (en zone urbaine) se retrouver dans la classe initialement « forte » de l'IBK ce qui montre bien les limites de cette information, car le produit mathématique initial ne prend pas en compte l'occupation du sol.

Pour déterminer les seuils, il est préférable de disposer d'informations sur l'ensemble du SAGE pour corréler les zones de présence effectives de zones humides et les valeurs de l'IBK.

À partir des statistiques réalisées, on ne peut établir qu'un seul seuil de 14.1 représentant la forte probabilité de présence de zones humides qui correspondent à 85 % de présence cumulée des échantillons utilisés pour le calibrage. Un second seuil de 13.1 représentant les probabilités moyennes a été déterminé statistiquement sur la base de 65 % de présence cumulée des échantillons.

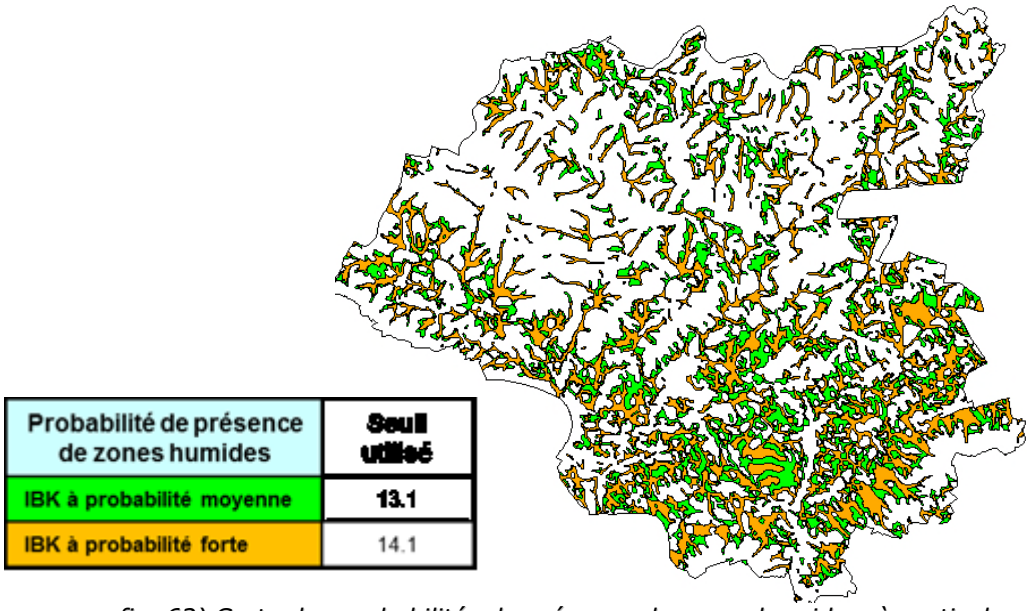


fig. 62) Carte des probabilités de présence de zones humides, à partir du calcul de l'IBK, du moyennement probable (vert) au plus probable (orange)

d) Correction de l'IBK

L'IBK ne tient pas compte de l'occupation du sol et il est problématique de le laisser en l'état pour des questions de crédibilité des résultats, car il localise des zones de forte probabilité de présence de zones humides sur des zones imperméabilisées comme les parkings de supermarché par exemple. Il a donc été décidé d'apporter une correction et pour cela, une cartographie de la perméabilité a été produite par photo-interprétation au 1/5000 sur BD-Ortho.

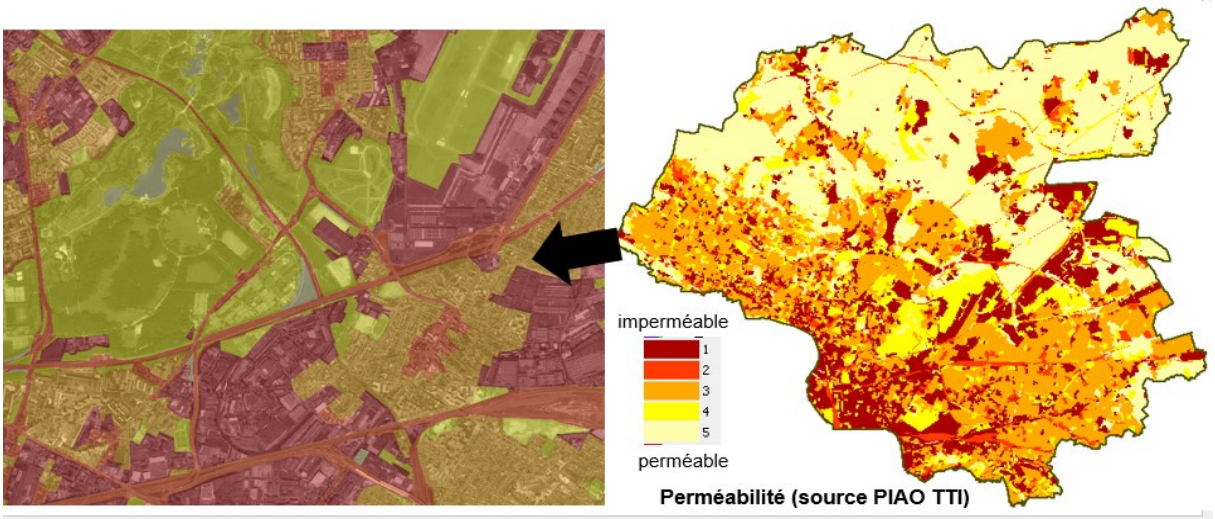


fig. 63) Illustration de la carte de perméabilité produite pour faire les corrections d'IBK.

La correction par la perméabilité va soit baisser le niveau d'IBK de fort à moyen (pavillonnaire dense…), soit de supprimer l'indice sur les surfaces imperméabilisées (routes, centres urbains, zones industrielles)

IBK	Perméabilité	IBK final
1	1 à 2 (faible)	0
1	3 à 5 (forte)	1
2	1 (faible)	0
2	2 à 3 (moyen)	1
2	4 à 5 (forte)	2

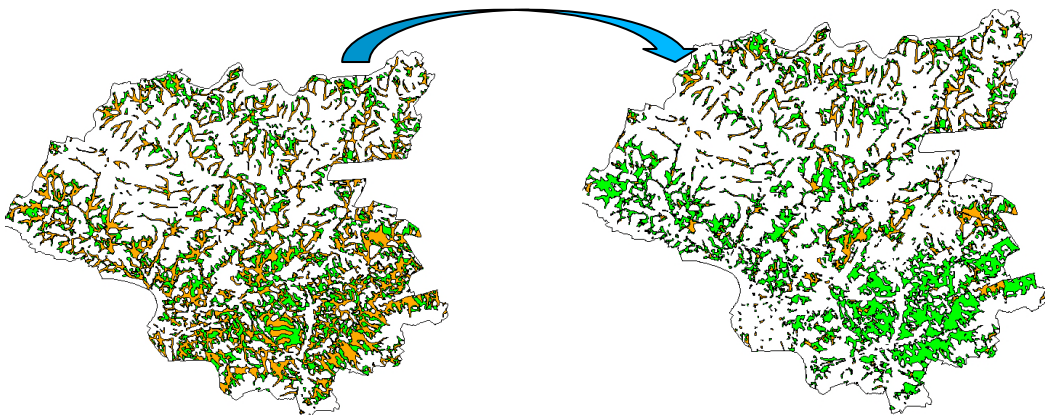


fig. 64) Illustration de la formule de correction de l'IBK en fonction de la perméabilité

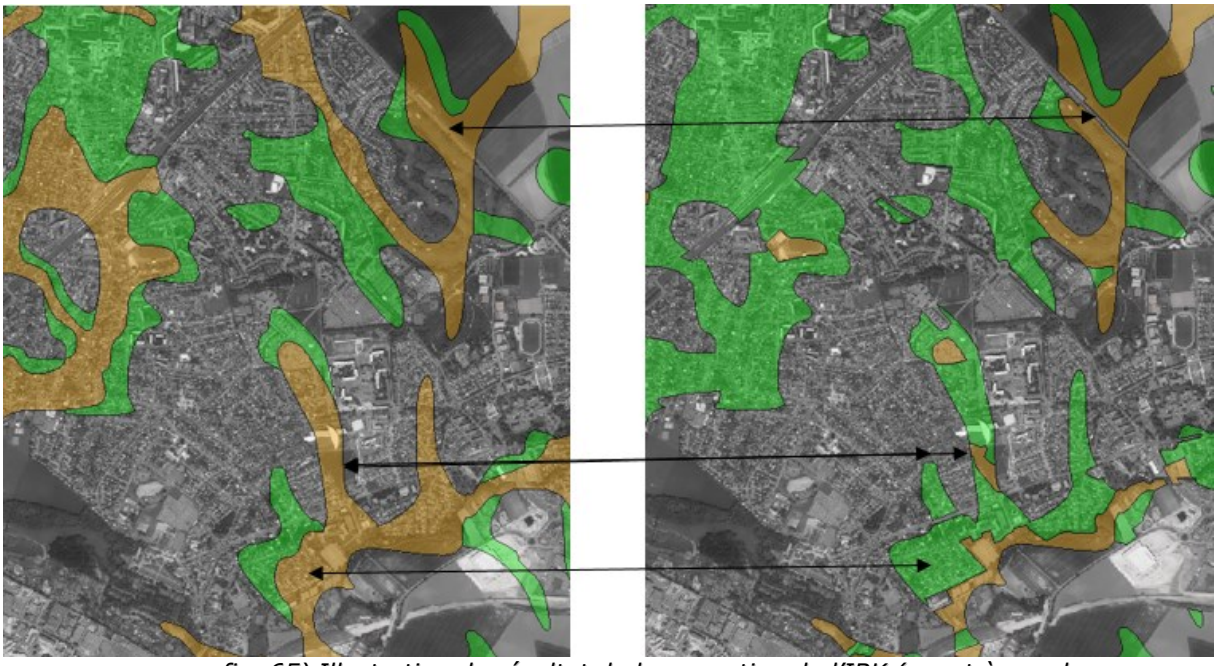


fig. 65) Illustration du résultat de la correction de l'IBK (avant à gauche- après à droite)

On peut voir que les occupations du sol très artificialisées vont modifier l'indice, alors que les parties naturelles ou agricoles ne modifient ni l'indice, ni la forme des enveloppes initiales.

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

La méthode consiste, une fois les différents tronçons de réseau extraits et triés, à appliquer une zone tampon autour du réseau hydrographique (cours d'eau). Cependant, une simple « bufferisation[3] » 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.

a) Création des zones tampon (buffers)

La première étape consiste en une génération d'une zone tampon sur le réseau, car une grande majorité des zones humides des inventaires existants se trouvent dans cette zone tampon.

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.

[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, le territoire du SAGE Croult Enghien Vielle Mer est très particulier dans le sens ou le réseau hydrographique est peu influent de fait de son emprise, son débit et la présence de nombreuses parties busées. Nous avons donc fait des évaluations sur le terrain pour affiner les paramètres à appliquer à ce calcul. Il en résulte les choix suivants pour la génération de ce produit :

- Suppression des tronçons artificialisés (bétonné)
- Largeur du tampon :
  - 10 mètres pour le RH principal
  - 6 mètres pour le RH secondaire
  - 2.5 mètres pour les fossés
  - 20 mètres pour les plans d'eau « naturels »
  - 10 mètres pour les petits plans d'eau et mares
- Érosion par la pente

b) Correction des zones tampon (buffers) par la pente

Dans un deuxième temps, on calcul des distances au réseau et plans d'eau par un procédé itératif qui va déterminer en chaque point la distance à l'élément le plus proche. En effet, il est préférable d'adapter la taille de la zone tampon à la configuration du terrain. 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.

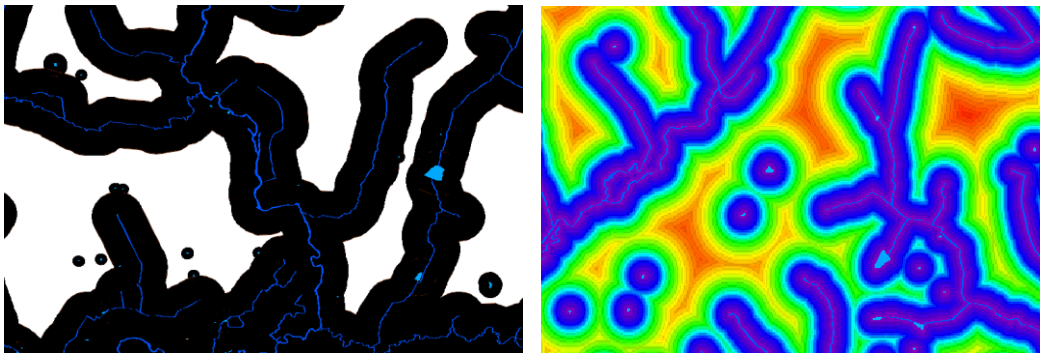
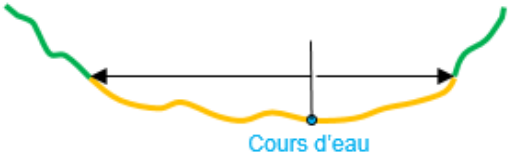


fig. 66) Illustration de la génération de la zone tampon sur le linéaire de réseau hydrographique est un algorithme simple prenant uniquement en compte la distance au réseau.

Ainsi, on applique une contrainte par la pente. On considère que la zone tampon a une taille de zéro lorsqu'il est au contact avec une pente supérieure à 6° et qu'il peut s'étendre sur 20 à mètres sur une pente nulle.

Comme le montre l'exemple ci-dessous, la correction va réduire la zone tampon lorsque la pente est inférieure à 6°. Ainsi, dans les reliefs, l'érosion réduit la zone tampon au minimum.



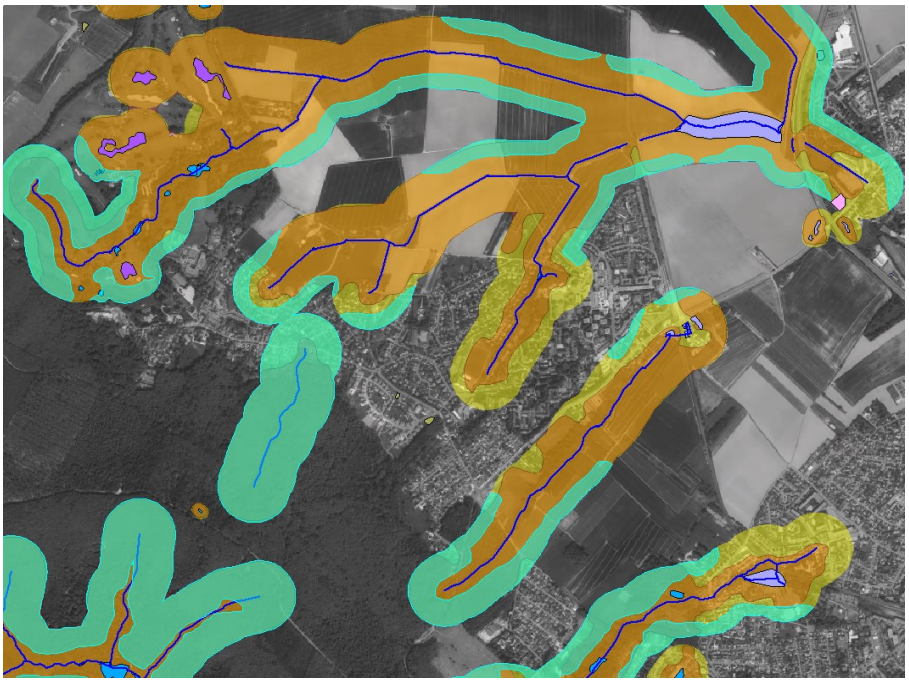


fig. 67) En orange, la zone tampon finale
En jaune, les zones éliminées par la correction de perméabilité
En vert, les zones éliminées par la correction de pente

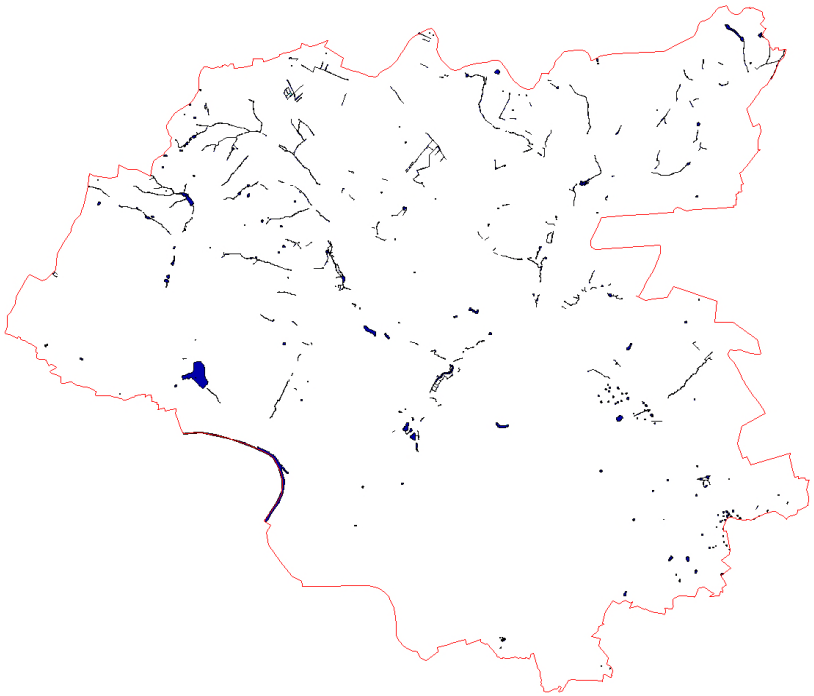
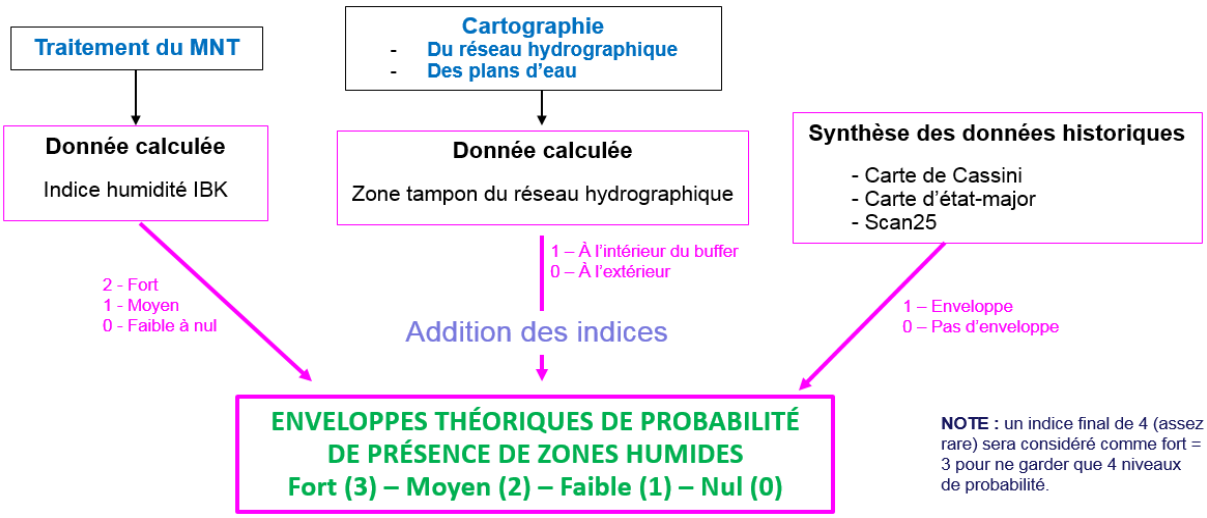


fig. 68) Résultat de la correction des buffers à partir de la pente

fig. 69) C) Assemblage des enveloppes de probabilité de présence

RÉSUMÉ MÉTHODOLOGIQUE :



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

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 polygynes produits par la transformation d'image en vecteur.

Ensuite, les éléments historiques ont été considérés comme des éléments d'égale importance que les enveloppes théoriques de l'IBK et des zones tampon 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.

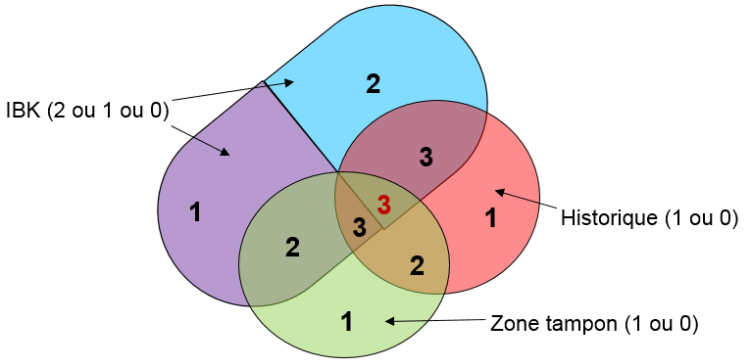


fig. 70) Méthode de combinaison des différentes informations

La fusion de la zone tampon "cours d'eau", de l'IBK et des zones historiques 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.

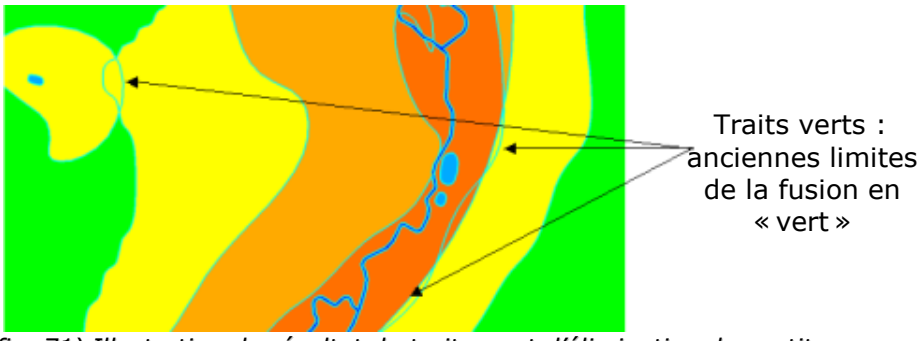


fig. 71) Illustration du résultat du traitement d'élimination des petits polygones.

On obtient donc un zonage théorique à 3 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.

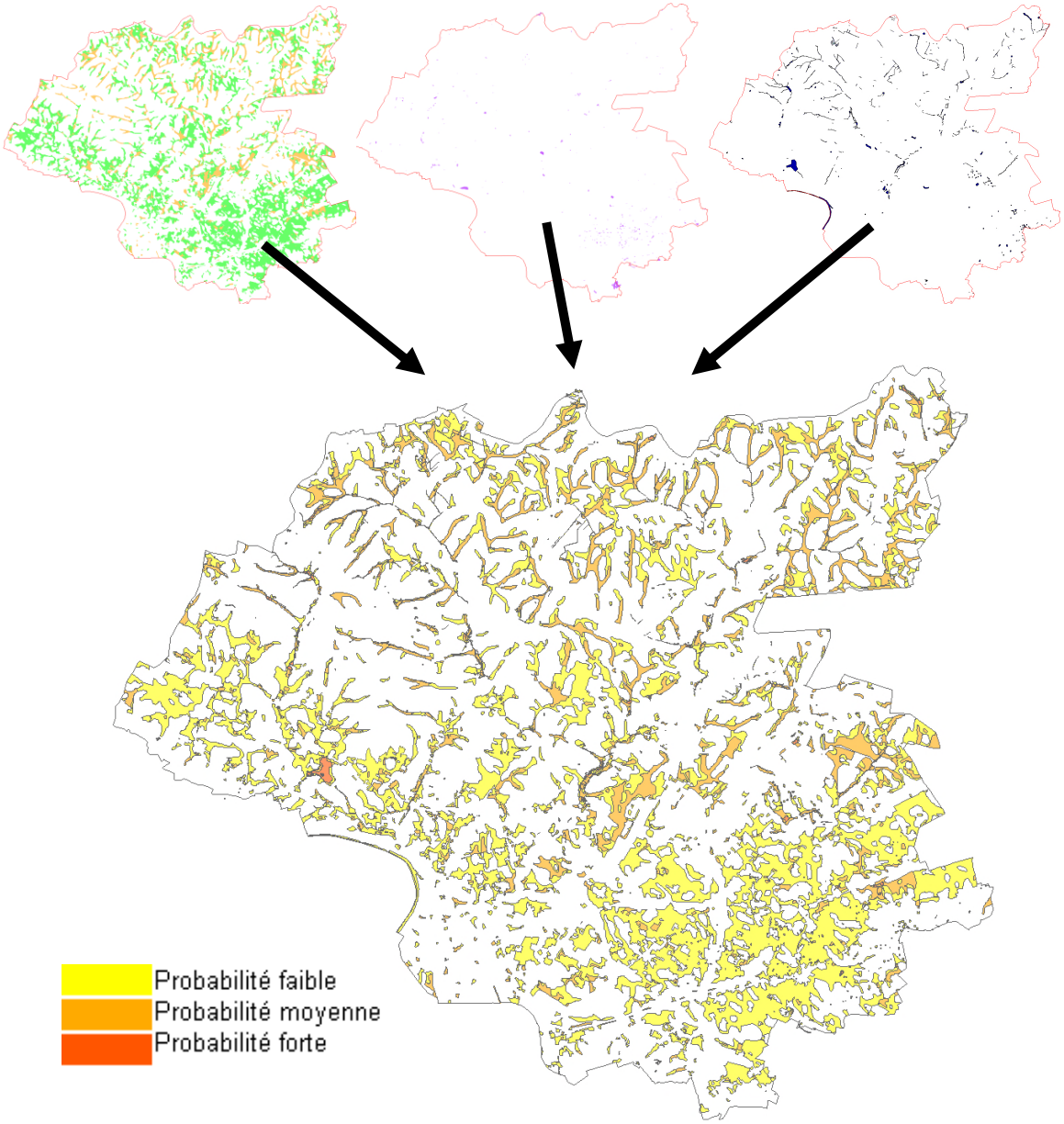


fig. 72) Enveloppes de probabilité de présence de zones humides sur le territoire

III) Télédétection

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).

1) Imagerie BD ORTHO

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.

Pour la réalisation du projet, des BD ORTHO d'origines et de dates différentes ont été utilisée.

fig. 73) BD-Ortho de l'IGN de 2014 et extrait

Par ailleurs, comme la BD-Ortho la plus récente disponible dans le cadre de l'étude était de 2014, nous avons également utilisé lorsque c'était nécessaire les images disponibles sur Google-Earth notamment pour nous assurer que les plans d'eau, les bassins et les zones humides étaient encore présents en 2017.

fig. 74) BD-Ortho de l'IGN de 2014 et image Google-Earth

2) Imagerie satellitale

A) Propriétés optiques des végétaux, de l'eau et du sol Notions de base de télédétection optique-infrarouge

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.

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 sa vigueur
- **Rouge** : bonne discrimination interne de la végétation
- **Proche infrarouge** : délimitation des surfaces en eau, structure de la végétation

B) Les données SENTINELLE

L'Agence spatiale européenne a lancé la construction autour de la plate-forme PRIMA le capteur Sentinel-1 avec une résolution au sol variant de 5 à 25 mètres en fonction du mode opératoire sélectionné.

L'objectif du programme est de fournir aux pays européens des données complètes et actualisées leur permettant d'assurer le contrôle et la surveillance de l'environnement.

Les caractéristiques du satellite et des images SENTINELLE sont

Résolution de 10 mètres pour les 4 Bandes spectrales

Échelle de travail optimale : 1/15 000

Description des bandes spectrales :

N° Bande	S2A		S2B	
	Longueur d'onde Centrale (nm)	Largeur de la Bande (nm)	Longueur d'onde Centrale (nm)	Largeur de la Bande (nm)
2	496.6	98	492.1	98
3	560.0	45	559	46
4	664.5	38	665	39
8	835.1	145	833	133

fig. 75) Extrait d'une image SENTINELLE

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 de la fin d'hiver au printemps, car les sols nus facilitent la détection des zones humides notamment dans les parties agricoles.

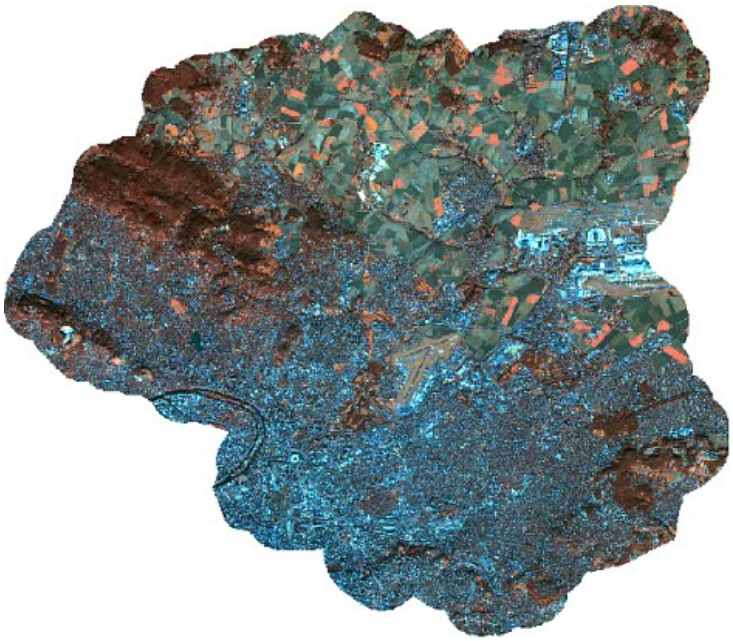


fig. 76) Illustration de la couverture image SENTINELLE du territoire du SAGE

C) Les prétraitements

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. L'orthorectification est un processus de calcul qui a comme objectifs de corriger les déformations de l'image liées au relief de façon à ce que l'image semble être prise à la verticale. Trois opérations de rectifications sont à réaliser lors du calcul de l'ortho-image :

- Corriger l'inclinaison de la prise de vue
- Rectifier l'inclinaison des objets due au relief
- Corriger l'erreur de parallaxe[4] commise à l'acquisition

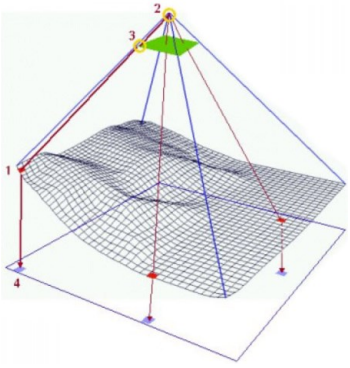


fig. 77) Schéma de la déformation lors de l'orthorectification

[4] 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.

IV) Photo-interprétation

1) Échelle 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.

fig. 78) Station de travail multi-écrans

3) Méthodologie de photo-interprétation

A) Méthodologie

La cartographie s'est effectuée de façon uniquement manuelle. Les images de références pour cette photo-interprétation sont les images SENTINELLE. 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 :

- Teinte/couleur sur les images visibles.
- 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.

La photo-interprétation intervient à plusieurs étapes du projet :

- Lors de la mise à jour du réseau hydrographique et des plans d'eau
- Lors du report des zones humides effectives provenant des données exogènes
- Lors de l'inventaire des bassins et bassins à caractère humide
- Lors de la cartographie des zones humides potentielles

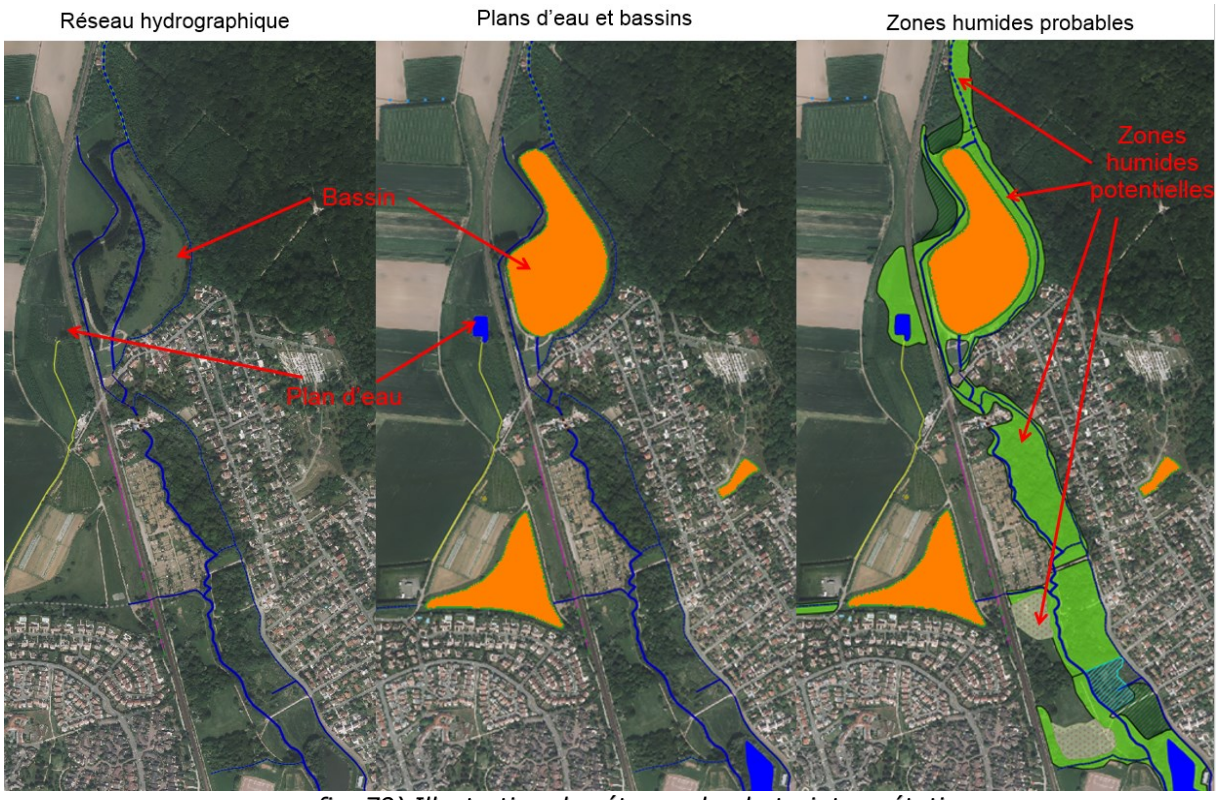


fig. 79) Illustration des étapes de photo-interprétation

B) Logiciel utilisé

Notre équipe travaille majoritairement sur le logiciel TNTmips ©. Ce SIG permet sur une même couche de créer et gérer les trois types d'objets utilisés pour la cartographie et chaque objet peut-être renseigné par une table d'attribut. En outre, le logiciel utilise une véritable topologie qui permet, toujours à partir d'une même couche de créer des polygones à partir de polylignes ou polyarcs ce qui évite toute duplication de données ou erreur de jointure. La jonction des segments de lignes est matérialisée par des nœuds qui permettent de fermer ou ouvrir les arcs.

Le système ne peut créer ni SUPERPOSITION, ni TROUS dans la couche polygonale.
Chaque entité délimitée est un polygone qui génère automatiquement une ligne dans la table attributaire.

De ce fait, tous les travaux de combinaison/extraction/nettoyage de couches sont réalisés dans le cadre des règles de topologie. C'est un atout important pour la qualité du résultat.

Le logiciel offre également la possibilité d'utiliser le multi-fenêtrage qui permet d'afficher dans plusieurs fenêtres filles des données de format, de projection et d'échelles différentes. Cette fonction facilite grandement l'intégration de données exogènes utiles à une meilleure compréhension des phénomènes.

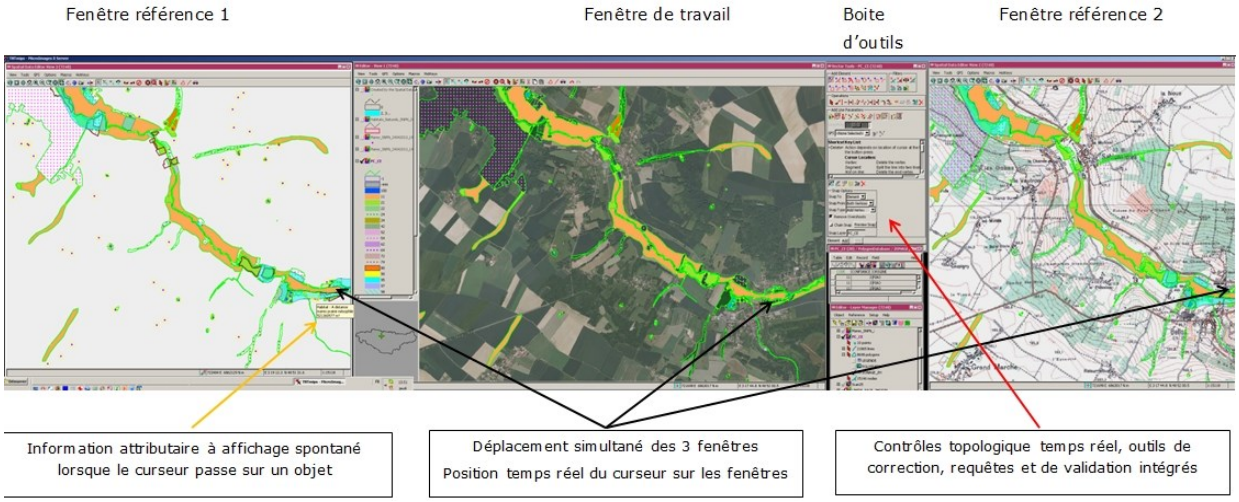


fig. 80) Illustration du travail en multi-fenêtrage

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.

D) Indice de confiance

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. Les codes de confiance ont pour vocation de préciser (selon l'avis du photo-interprète en fonction de ce qu'il voit et des données exogènes à disposition) le degré de doute qu'il avait au moment de délimiter la zone. Il est rappelé que même les zones délimitées par PIAO restent du domaine de la probabilité et qu'il ne s'agit en aucun cas d'affirmer ou non qu'il s'agit d'une zone humide.

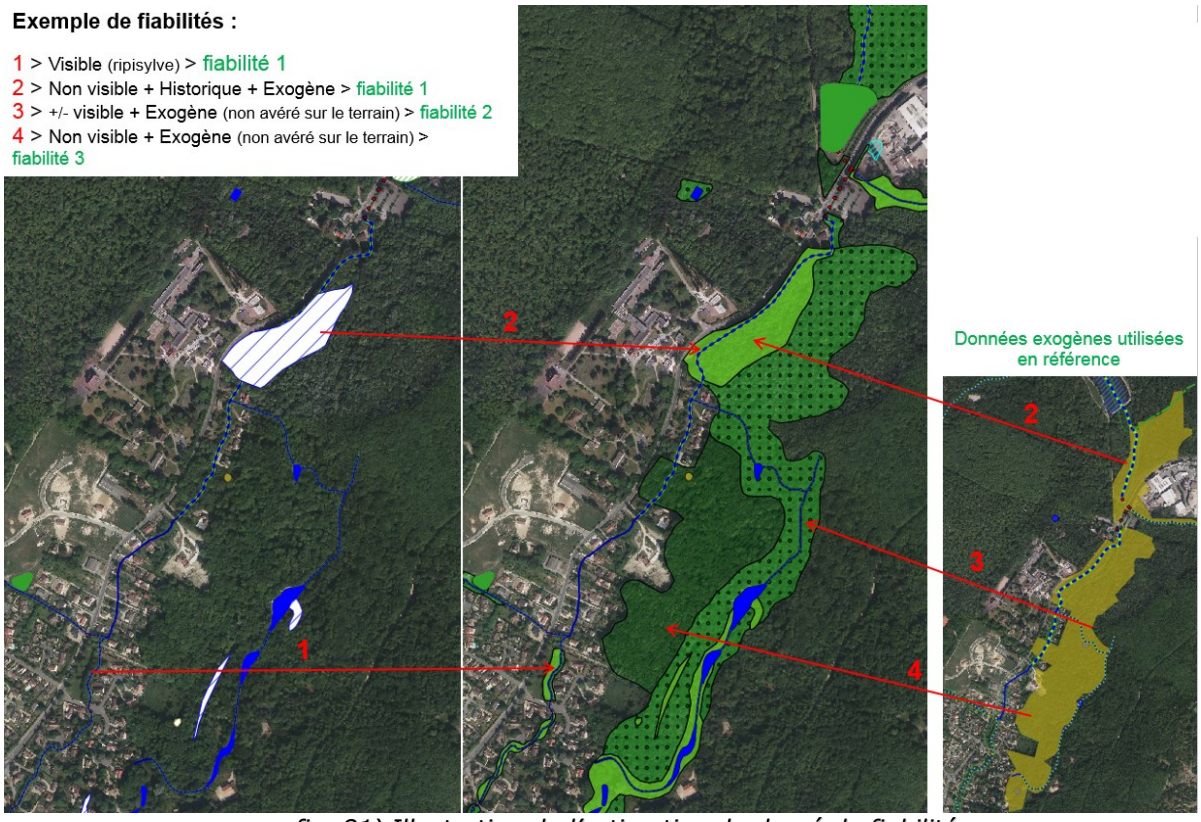


fig. 81) Illustration de l'estimation du degré de fiabilité

La fiabilité correspond à la certitude du photo-interprète à la fois sur le tracé du polygone et sur l'identification de la zone qu'il délimite. Cette dernière, indiquée par un indice de confiance est une combinaison de ce que voit le photo-interprète et les confirmations que lui apportent les données exogènes.

- L'indice de confiance 1 est associé à toute zone dont l'interprétation est fiable (croisements de données entre la BD ORTHO et les différentes données à disposition). Ces zones sont souvent en contact avec le réseau hydrographique et présentent au moins deux de ces caractéristiques :
    - une végétation différente
    - des traces d'écoulements connectées au réseau
    - des traces radiométriques sombres (stagnation +/- temporaire d'eau)
    - un réseau de drainage
    - zone provenant d'un inventaire

Concernant le degré de confiance des données du CBNBP, il a été affecté majoritairement 1. Parfois, le photo-interprète peut être amené à le descendre au niveau 2 voire 3 s'il a un doute par rapport au contexte topographique par exemple, mais cela ne concerne que les zones arborées ou il ne peut rien voir.

- L'indice de confiance 2 est attribué aux zones dont l'emprise, la localisation ou la terminologie ne sont pas certaines – interprétation moins fiable.
    - Zones en queue de réseau présentant une végétation différente, mais aussi des traces d'écoulements connectées au réseau
    - Zones en bordure de réseau présentant une végétation différente et une radiométrie plus sombre, mais pas réelle Zones en bordure d'un réseau important présentant une végétation différente et des paléo traces de réseau
    - Zones en bordure de réseau présentant des traces d'écoulements connectées au réseau et une radiométrie légèrement plus sombre

Il peut également s'agir d'une zone d'inventaire dont le photo-interprète n'a retrouvé aucune trace sur les photos aériennes ou images satellitales.

- L'indice 3 est associé aux zones douteuses qui devraient être humides au regard de la situation topographique et géographique, mais peu visible à la photo-interprétation.
    - Zones isolées ou en queue de réseau présentant une végétation différente, mais peu significative
    - Zones en bordure d'un réseau important présentant une végétation légèrement différente, mais pas de traces radiométriques
    - Zones en queue de réseau présentant une végétation différente, mais aussi une accumulation possible liée à la structure (route, talus, haies)
    - Zones isolées présentant une végétation peu significative, mais aussi des traces radiométriques légères

D'une manière générale, peu de zones identifiées dans les parties agricoles ont un indice inférieur à 3, car la photo-interprétation est peu fiable sur les surfaces cultivées. Mais le photo-interprète peut être amené à avoir une information complémentaire comme l'indication de dépressions sur le scan25. Dans ce cas, l'indice de confiance peut passer à 2 puisqu'il y a à la fois un critère visible et un critère topo.

- L'indice de confiance 4 est appliqué aux zones qui devraient être humides au regard :
    - Du critère pédologique notamment dans les parcelles agricoles. Ce critère n'étant pas visible (hors traces d'écoulements), il est généralement suspecté d'où cette fiabilité très basse.
    - De données historiques ou exogènes indiquant une zone humide potentielle, mais non visible sur les images. La délimitation est alors aléatoire et la confirmation visuelle nulle.

5) Résultats de la photo-interprétation

L'ensemble des polygones interprétés en tant que zones humides avoisine les 7 082 objets. Ils se divisent en 13 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 les tableaux suivants. Le premier tableau résume l'ensemble des zones humides et les autres présentent les résultats par indice de confiance. On remarque dans l'indice de confiance 2 une forte part des surfaces en herbe et dans l'indice de confiance 3 une forte part des surfaces cultivées alors que les autres classes présentent généralement moins de doutes.

PLANS D'EAU

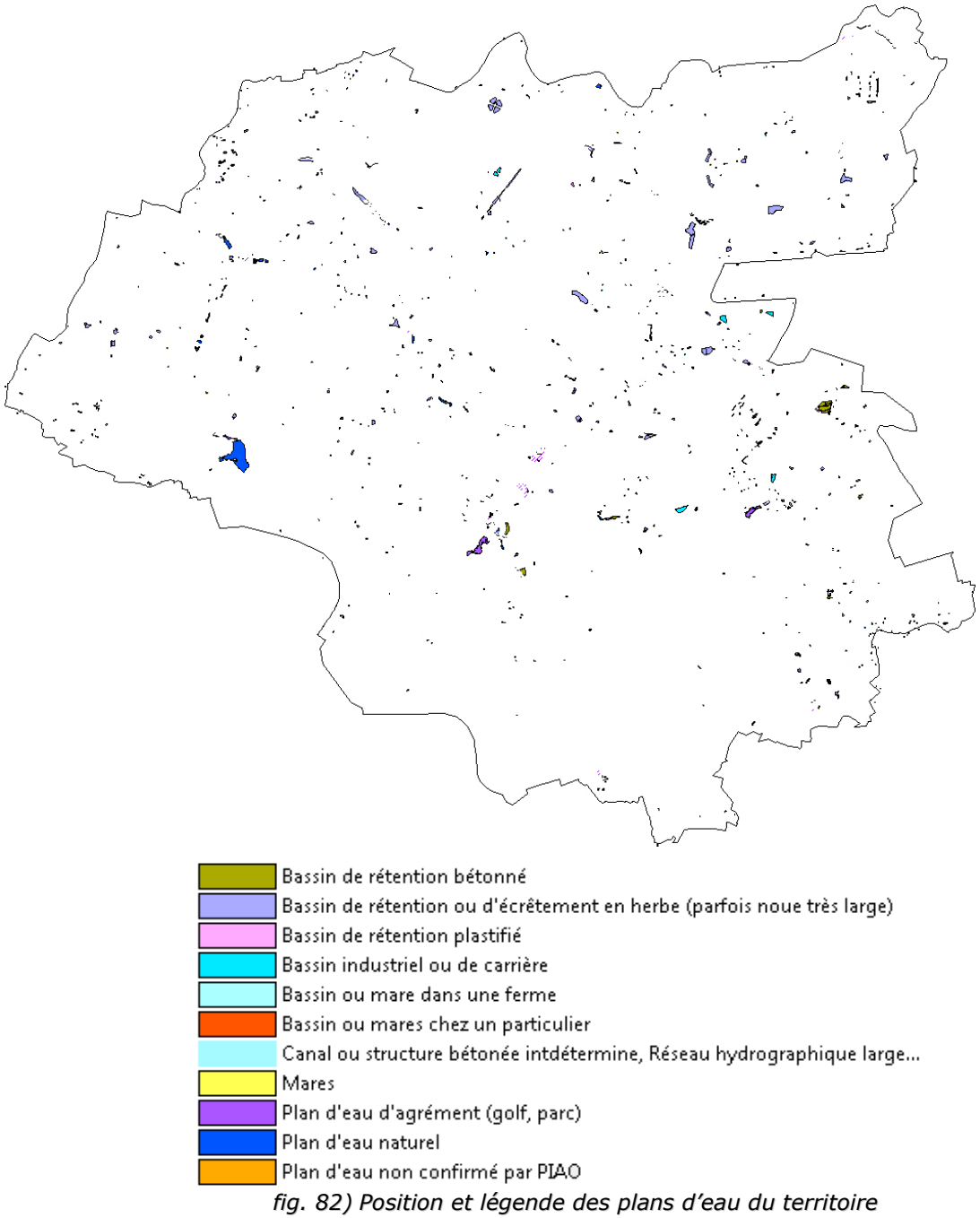


fig. 82) Position et légende des plans d'eau du territoire

BILAN DES COURS D'EAU :

Tronçons de réseau hydrographique (97.836 km)

Tronçons de fossés routier, agricole ou de zones d'activités (231.885 km)

Tronçons de noues (80.709 km)

Tronçons de réseaux enterrés (48.950 km)

Tronçons d'axes de ruissellement (95.260 km)

Tronçons d'axes de fond de vallée (8.167 km)

Tronçons de réseaux historiques (143.895 km)

BILAN DES PLANS D'EAU :

216 plans d'eau « naturels » (72.418 ha)

104 mares (différence essentiellement basée sur la taille) (1.530 ha)

10 mares de fermes (0.366 ha)

9 mares privées (particuliers) (0.005 ha)

63 plans d'eau « d'agrément » (29.095 ha)

293 bassins de rétention ou d'écrêtement « en herbe » (114.555 ha)

88 bassins de rétention plastifiés (9.072 ha)

42 bassins de rétention bétonnés (20.113 ha)

40 bassins industriels ou de carrières (14.602 ha)

6 canal et autres structures bétonnées (61.777 ha)

224 plans d'eau historiques (80.534 ha)
Majoritairement entre 1800 à 1900

93 mares historiques (2.318 ha)
Majoritairement entre 1800 à 1990

38 bassins de rétention historiques (5.243 ha)
Majoritairement entre 1980 à 2005

17 autres historiques (5.920 ha)
Majoritairement entre 1980 à 2010

BASSINS À CARACTÈRE HUMIDE

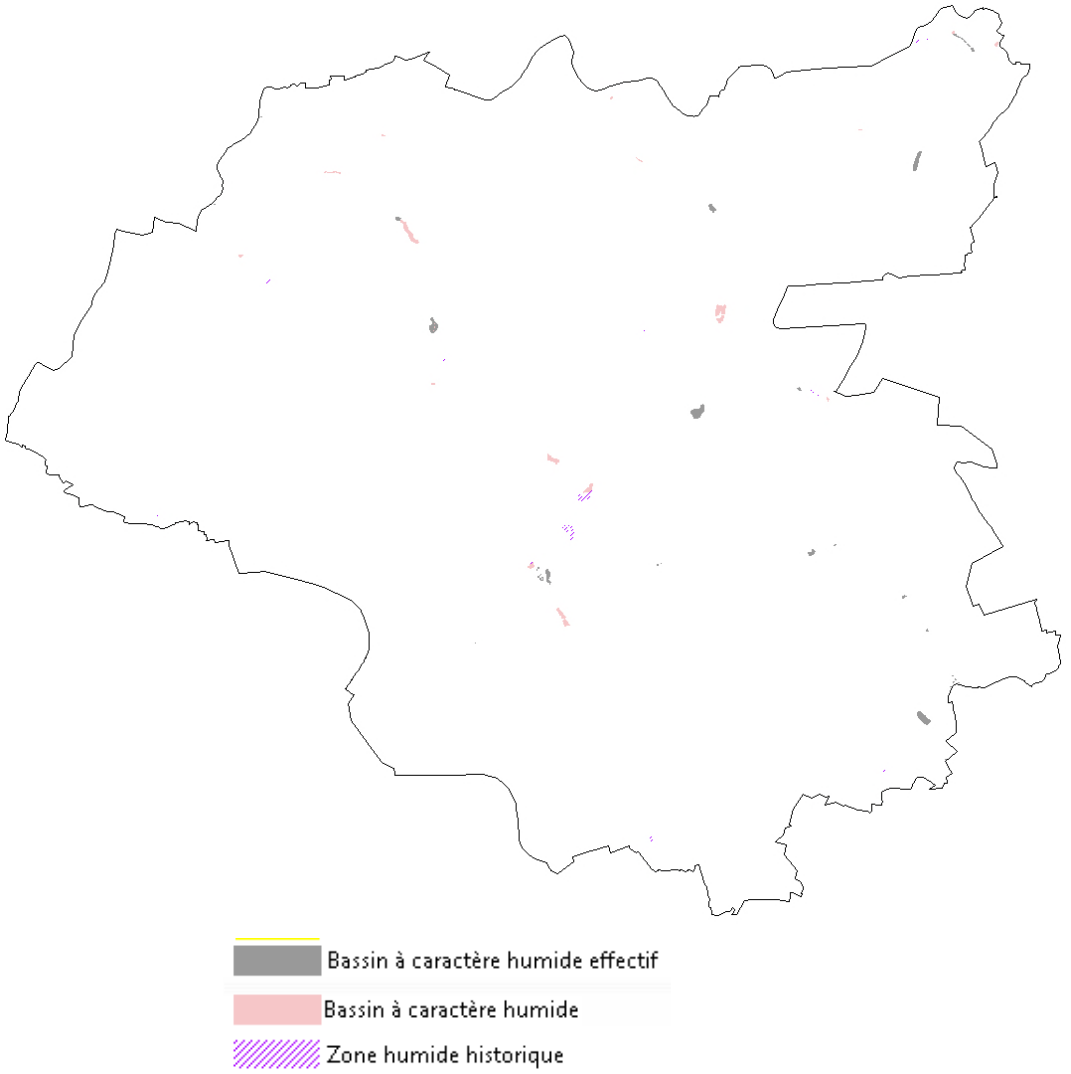


fig. 83) Position et légende des bassins à caractère humide et des zones humides historiques du territoire

BILAN DES BASSINS À CARACTÈRE HUMIDE :

41 BASSINS À CARACTÈRE HUMIDE « EFFECTIFS » (35.318 ha)
25 BASSINS À CARACTÈRE HUMIDE POTENTIELS (31.561 ha)

Dont :
28.249 ha de bassins à caractère humide potentiel de fiabilité 1 (18 sites)
2.942 ha de de bassins à caractère humide potentiel de fiabilité 2 (6 sites)
0.370 ha de de bassins à caractère humide potentiel de fiabilité 3 (1 site)

29 ZONES HUMIDES HISTORIQUES (13.801 ha)

NOTE : les bassins de rétention à caractère humide « effectifs » sont des bassins dans lesquels des inventaires ont été réalisés lors d'anciennes études.

ZONES HUMIDES EFFECTIVES ET POTENTIELLES

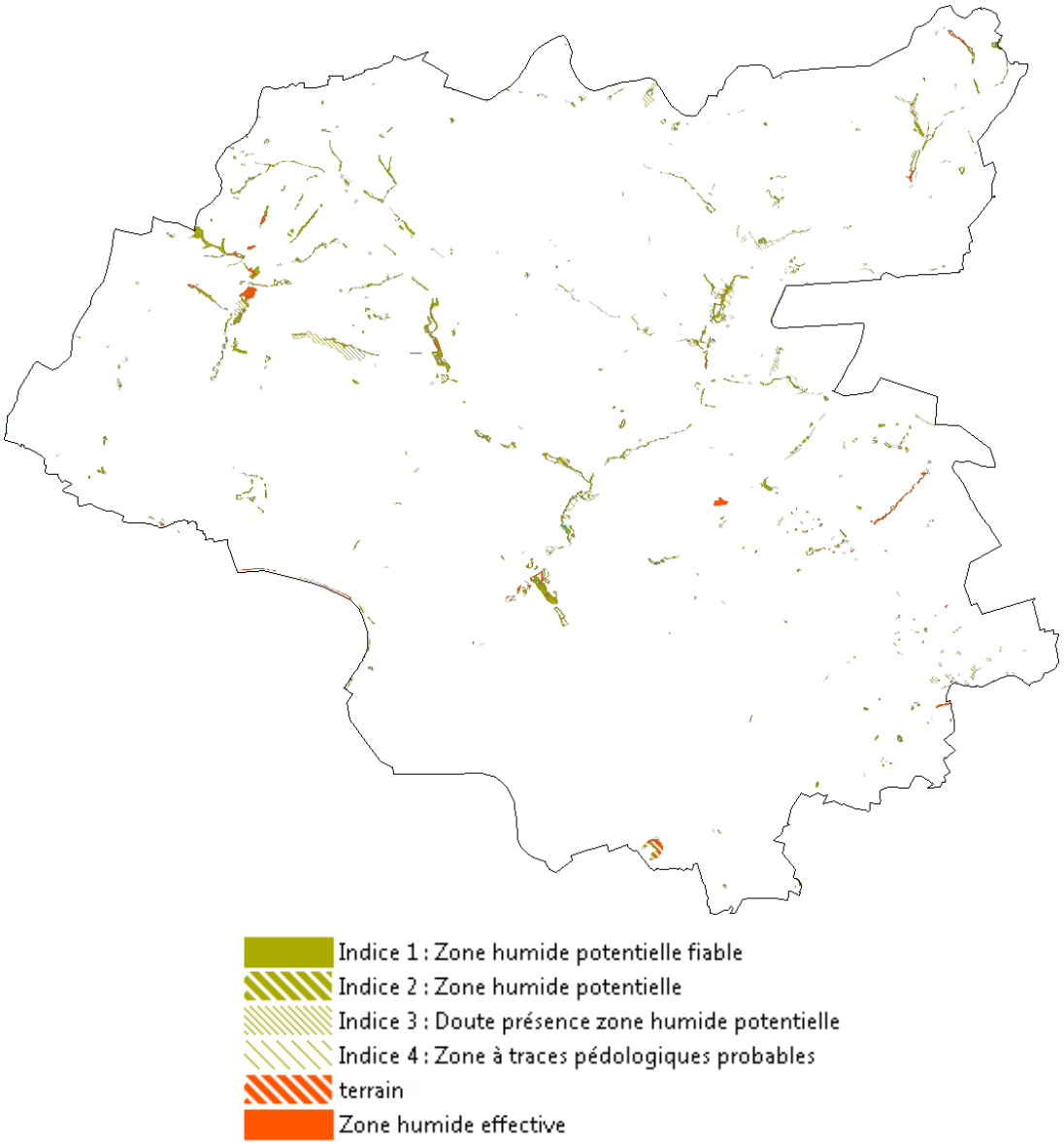


fig. 84) Position et légende des zones humides effectives et potentielles du territoire

BILAN DES ZONES HUMIDES POTENTIELLES ET EFFECTIVES :

92 ZONES HUMIDES EFFECTIVES (50.156 ha)

200 ZONES HUMIDES POTENTIELLES FIABLES (fiabilité 1) (116.531 ha)
187 ZONES HUMIDES POTENTIELLES FIABLES (fiabilité 2) (90.180 ha)

146 ZONES HUMIDES POTENTIELLES FIABLES (fiabilité 3) (117.625 ha)

50 ZONES HUMIDES POTENTIELLES FIABLES (fiabilité 4) (57.620 ha)

187 ZONES HUMIDES POTENTIELLES contrôlées sur le terrain en phase 3 (72.888)
(Voir le résultat dans rapport de phase 3 – terrain 2017)

ENVELOPPES DE PROBABILITÉ DE PRÉSENCE DE ZONES HUMIDES

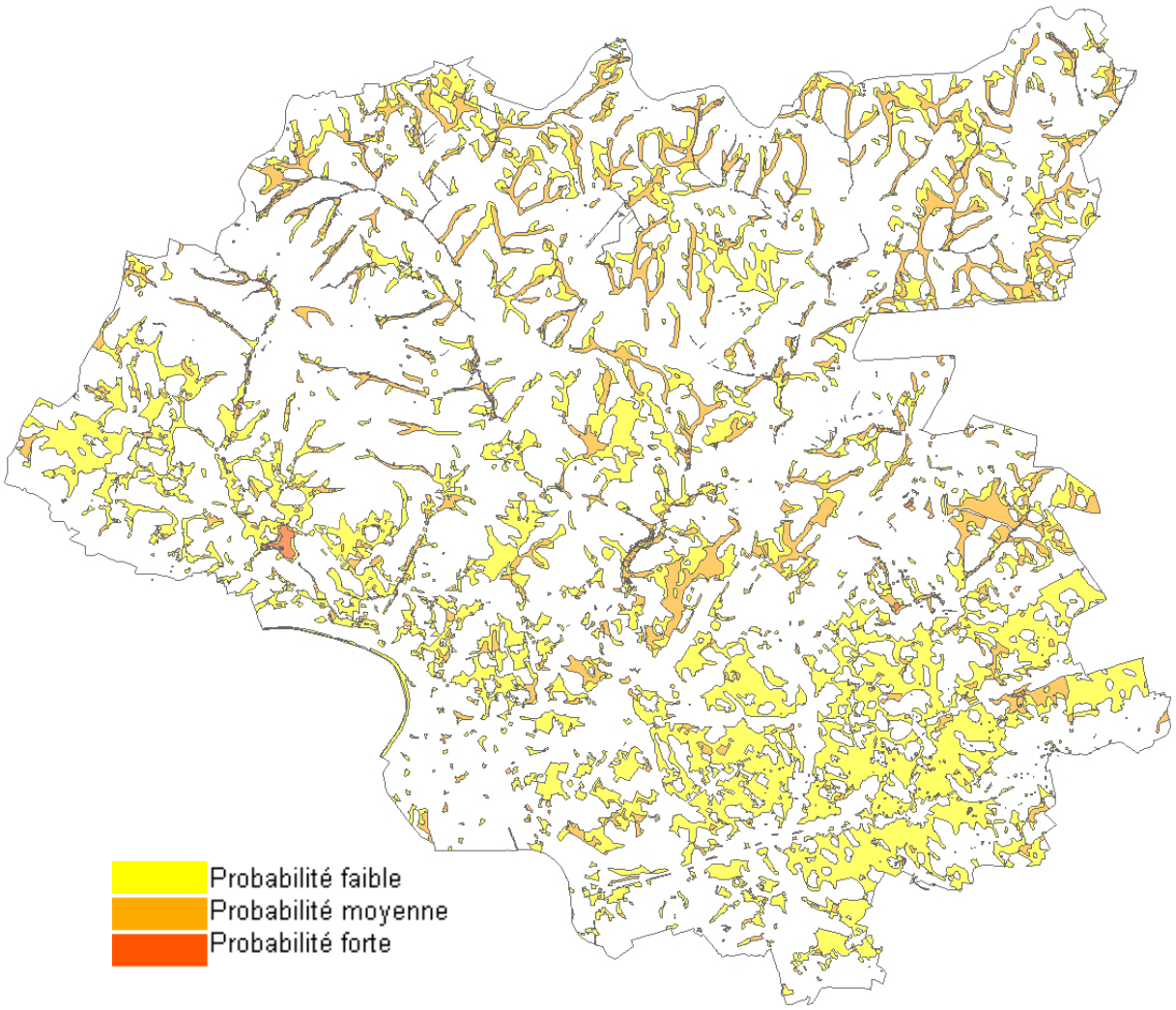


fig. 85) Position et légende des enveloppes de probabilité de présence de zones humides du territoire

BILAN ENVELOPPES DE PROBABILITÉ DE PRÉSENCE DE ZONES HUMIDES :

ENVELOPPES DE FAIBLE PROBABILITÉ DE PRÉSENCE DE ZONES HUMIDES (8582 ha)

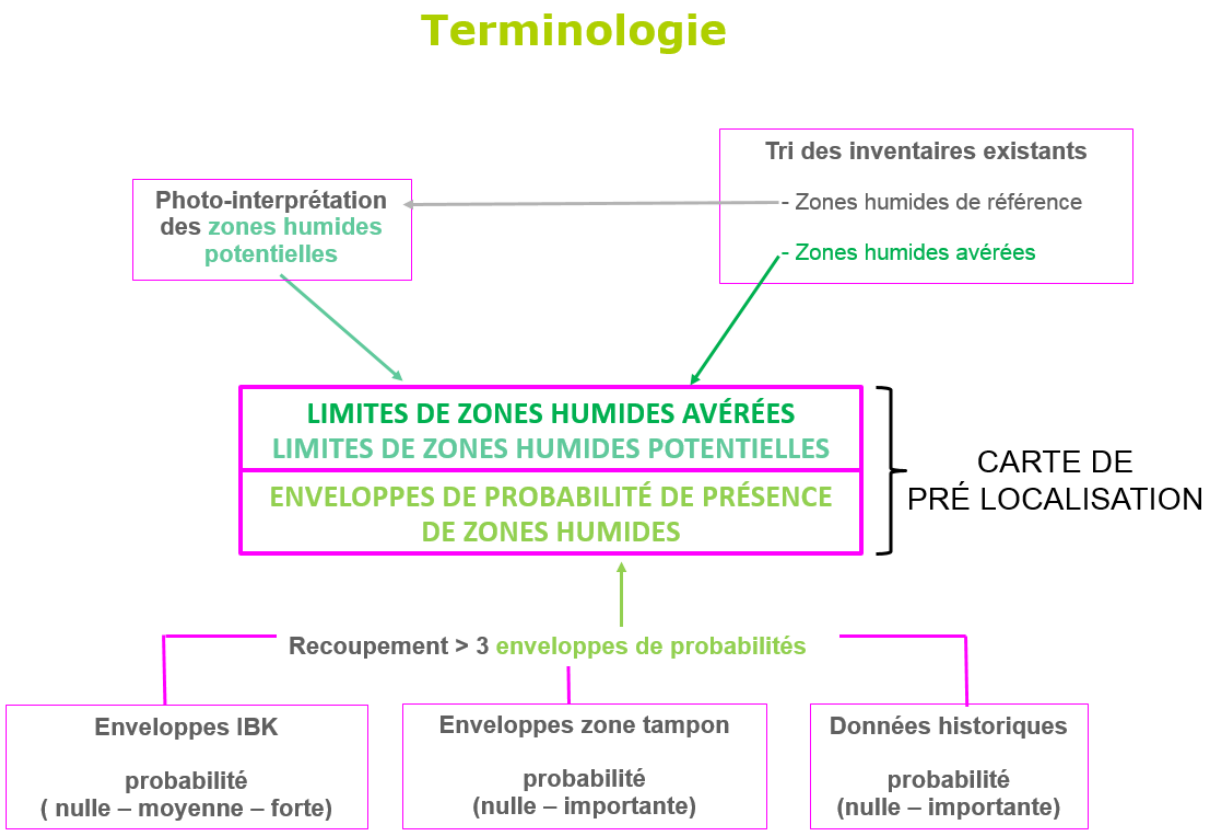
ENVELOPPES DE PROBABILITÉ MOYENNE DE PRÉSENCE DE ZONES HUMIDES (2972 ha)

ENVELOPPES DE FORTE PROBABILITÉ DE PRÉSENCE DE ZONES HUMIDES (87 ha)

V) 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, la zone tampon autour des plans d'eau et cours d'eau fusionnés 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 :

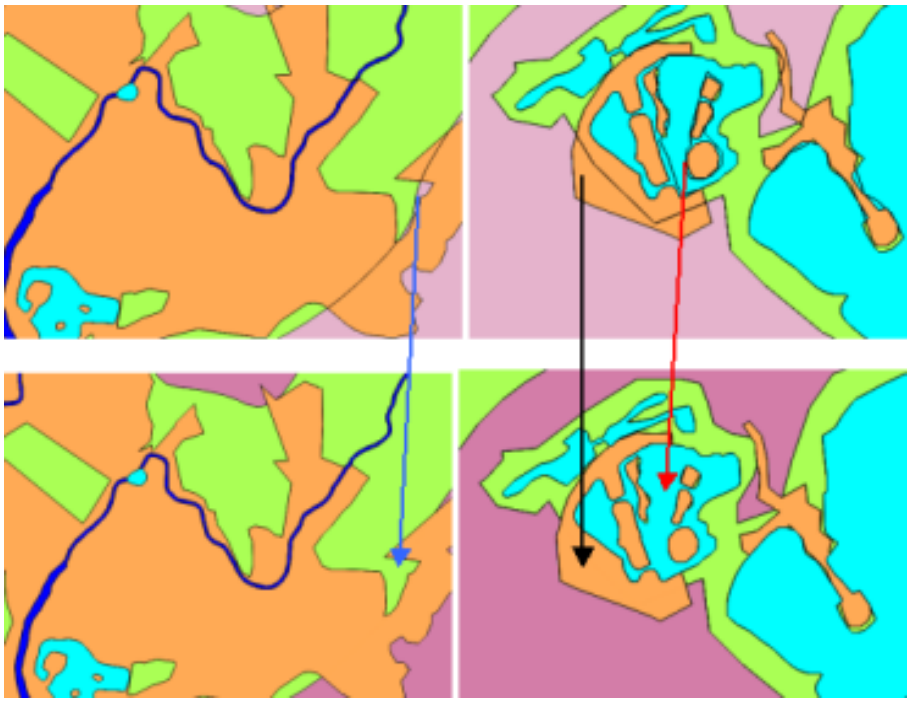


fig. 86) Illustration du type de traitements à réaliser sur les couches plans d'eau + « zone tampon » et inventaires fusionnés

- **Cas 1 (flèche noire)** : les limites de la « zone tampon-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.

- **Cas 3 (flèche rouge)** : les limites de la couche « inventaire » contenues dans les polygones "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.

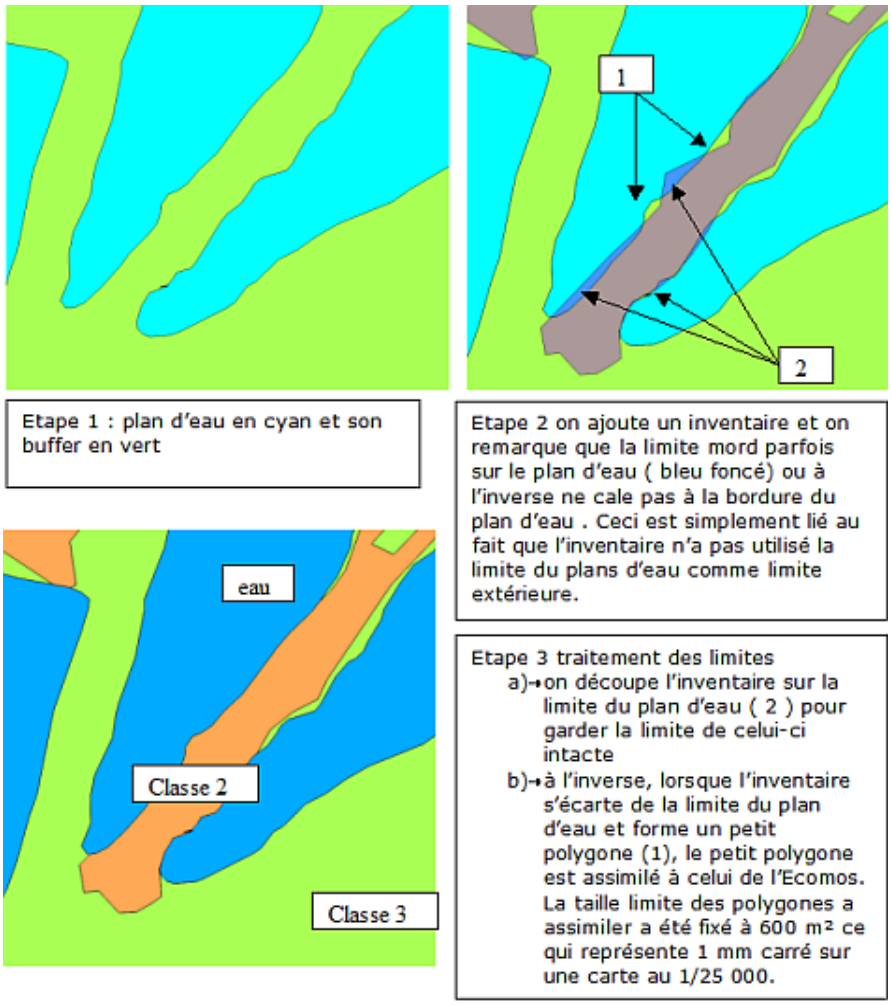


fig. 87) Illustration du type de traitements à réaliser pour éliminer les micropolygones

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 simplifié pour le rendre cohérent et exploitable.

2) Identification attributaire des différents éléments

Comme il a été indiqué, la fusion priorise certaines couches 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 + zone tampon + historique). Les tables attributaires ont gardé l'héritage de chaque couche.

Pour les zones humides

ID_ZH : Numéro unique pour chaque ligne dont la structure est :

CEVM_ZH_xxxx (xxxx = nombre unique)

CODE :

10 : zone humide délimitée (observé par PIAO)

TYPE : c'est un champ calculé :

Si (EFFECTIVE = oui) texte : « Zone humide effective »

Si (EFFECTIVE = non) ET

Si (FIABILITÉ = 1) texte : "Indice 1 : Zone humide très probable"

Si (FIABILITÉ = 2) texte : "Indice 1 : Zone humide probable"

Si (FIABILITÉ = 3) texte : "Indice 4 : Doute présence zone humide"

Si (FIABILITÉ = 4) texte : "Indice 4 : Zone à traces pédologiques probables"

Si (FIABILITE = -1) texte : "Zone humide historique"

FIABILITÉ : degré de fiabilité attribué par le photo-interprète

1 : très fiables et souvent recoupé par des bases de données externes

2 : moyennement fiables et parfois recoupé par des données externes

3 : doute important malgré parfois une indication dans une base de données externe

4 : zone supposée (plus sur le critère pédologique par des traces d'humidité)

HISTORIQUE : c'est un champ calculé sur la dernière année où il a été observé

si (annee_F < 1800) texte : "Ancien 1700"

si (annee_F < 1950) texte : "Ancien 1800"

si (annee_F < 1980) texte : "Ancien 1900"

si (annee_F < 2000) texte : "Assez 2000"

si (annee_F < 2013) texte : "Ancien"

ou rien

Annee_I : Première année où cette surface a été vue

De **2003 à 2016**

Annee_F : Dernière année où cette surface a été vue

De **2003 à 2016**

DOUTE : Doute du photo-interprète (notamment lorsqu'elle était identifiée par une base de données externe)

oui ou **non**

EFFECTIVE : atteste o

u non que la zone humide est validée

oui ou **non**

Note : pour les zones contrôlées sur le terrain, d'autres intitulés seront peut-être ajoutés

SOURCE : c'est la source qui a permis l'identification et la délimitation. Exemple :

SNPN(AH_95_00235) : 53.11 x 53.13 : Phragmitaies x Typhaies - PIAO BD Ortho
ZNIEFF 1 (friches du parc de La Courneuve) - PIAO BD Ortho
PIAO BD Ortho
ECOMOS (habitat 311510) - PIAO BD Ortho
ECOMOS POT (habitat 311710) - PIAO BD Ortho
SDAGE - PIAO BD Ortho
Etc.

PÉDOLOGIE : indique si le polygone a fait l'objet d'un contrôle pédologique soit dans un inventaire passé, soit lors du contrôle par FloraGIS

oui ou **non**

FLORISTIQUE : indique si le polygone a fait l'objet d'un inventaire floristique soit dans le passé, soit lors du contrôle par FloraGIS

oui ou **non**

FloraGIS : indique si le polygone a fait l'objet d'une campagne de terrain par FloraGIS

Oui ou rien

Surface : surface en mètre carré du polygone

Pour les bassins à caractère humide

ID_ZH : Numéro unique pour chaque ligne dont la structure est :

CEVM_BH_xxxx (xxxx = nombre unique)

CODE :

20 : bassin délimité (observé par PIAO)

TYPE : c'est un champ calculé :

Si (EFFECTIVE = oui) texte : « Bassin à caractère humide effectif »

Si (EFFECTIVE = non) texte : « Bassin à caractère humide effectif [avec doute] »

FIABILITÉ : degré de fiabilité attribué par le photo-interprète

1 : très fiables et souvent recoupé par des bases de données externes

2 : moyennement fiables et parfois recoupé par des données externes

3 : doute important malgré parfois une indication dans une base de données externe

HISTORIQUE : c'est un champ calculé sur la dernière année où il a été observé

si (annee_F < 1800) texte : "Ancien 1700"

si (annee_F < 1950) texte : "Ancien 1800"

si (annee_F < 1980) texte : "Ancien 1900"

si (annee_F < 2000) texte : "Assez 2000"

si (annee_F < 2013) texte : "Ancien"

ou rien

Annee_I : Première année où cette surface a été vue

De **2003 à 2016**

Annee_F : Dernière année où cette surface a été vue

De **2003 à 2016**

DOUTE : Doute du photo-interprète (notamment lorsqu'elle était identifiée par une base de données externe)

oui ou **non**

EFFECTIVE : atteste ou non que le bassin est validé par un inventaire existant

oui ou **non**

Note : pour les zones contrôlées sur le terrain, d'autres intitulés seront peut-être ajoutés

SOURCE : c'est la source qui a permis l'identification et la délimitation. Exemple :

SNPN(AH_95_00235) : 53.11 x 53.13 : Phragmitaies x Typhaies - PIAO BD Ortho
ZNIEFF 1 (friches du parc de La Courneuve) - PIAO BD Ortho
PIAO BD Ortho
ECOMOS (habitat 311510) - PIAO BD Ortho
ECOMOS POT (habitat 311710) - PIAO BD Ortho
SDAGE - PIAO BD Ortho
Etc.

PÉDOLOGIE : indique si le polygone a fait l'objet d'un contrôle pédologique dans un ancien inventaire

oui ou **non**

FLORISTIQUE : indique si le polygone a fait l'objet d'un ancien inventaire floristique

oui ou **non**

Surface : surface en mètre carré du polygone

Pour les plans d'eau

ID_PE : Numéro unique pour chaque ligne

CEVM_PE_xxxx (xxxx = nombre unique)

CODE : voir table ci-dessous

CODE	intitulé
10	Plan d'eau naturel
20	Plan d'eau non confirmé par PIAO
30	Bassin industriel ou de carrière
35	Bassin ou mare dans une ferme
40	Bassin de rétention bétonné
50	Bassin de rétention ou d'écrêtement en herbe (parfois noue très large)
55	Bassin de rétention plastifié
60	Plan d'eau d'agrément (golf, parc)
70	Mares
80	Bassin ou mares chez un particulier
90	Canal ou structure bétonée intdétermine
100	Réseau hydrographique large
110	Canal

TYPE : c'est un champ calculé : « intitulé » + " - " + « HISTORIQUE »

Ex. : **Plan d'eau naturel – Ancien 2000**

ETAT_2016 : état du plan d'eau sur la BD ortho (ou Google-Earth) la plus récente

en eau

peu d'eau

sec

rien (pour les historiques)

VEGET_2016 : présence de végétation en bordure ou sur le « plan d'eau »

Avec végétation

Sans végétation

HISTORIQUE : c'est un champ calculé sur la dernière année où il a été observé

si (annee_F < 1800) texte : "Ancien 1700"

si (annee_F < 1950) texte : "Ancien 1800"

si (annee_F < 1980) texte : "Ancien 1900"

si (annee_F < 2000) texte : "Assez 2000"

si (annee_F < 2013) texte : "Ancien"

ou rien

Annee_I : Première année où cette surface a été vue

De **1820 à 2016**

Annee_F : dernière année où cette surface a été vue

De **1820 à 2016**

DOUTE : Doute du photo-interprète sur la présence d'un plan d'eau notamment en raison de la présence d'arbres

Doute

Observé

GESTION : Le gestionnaire notamment pour les bassins

EP

SIARE

SIAH

ou rien

SOURCE : c'est la source qui a permis l'identification et la délimitation. Exemple :

PIAO - SNPN [MA_93_00014] (Caractérisée)

PIAO - SNPN [MA_93_00222] (Vue)

PIAO

PIAO - Carte état-major

PIAO - BD Topo (Intermittent) - SNPN [MA_95_00809] (Potentielle)

PIAO - BD Topo (Intermittent)

Etc.

Surface : surface en mètre carré de la surface

Pour les cours d'eau

ID_RH : Numéro unique pour chaque ligne

CEVM_RH_xxxx (xxxx = nombre unique)

TYPE : c'est un champ calculé : « intitulé » + " - " + « HISTORIQUE »

Ex. : **Fossé agricole – Ancien 2000**

CODE : voir table ci-dessous

CODE	intitulé
10	Réseau hydrographique large
15	Réseau hydrographique large non visible (ripisylve)
20	Réseau hydrographique fin
25	Réseau hydrographique fin non visible (ripisylve)
30	Chenal bétonné
35	Structure chenalisée de fond de bassin d'écrêtement
40	Passage sous un pont ou dans une buse sous un réseau routier / ferré
45	Passage dans une buse (autre que sous le réseau routier / ferré)
50	Fossé en milieu "naturel"
55	Fossé d'aménagement
60	Fossé le long des réseaux routiers / ferrés
61	Noue
65	Fossé le long des réseaux routiers / ferrés et non visible (arboré)
66	Noue non visible (arboré)
70	Fossé agricole
75	Fossé agricole non visible (arboré)
80	Réseau urbain enterré supposé
85	Réseau urbain enterré (source DDT95 - SIARE - SIAH)
90	Réseau incertain
100	(paléo) chenaux de ruissellement dans les champs
110	Fond de vallée (forêt)
210	Réseau hydrographique large
215	Réseau hydrographique large non visible (ripisylve)
220	Réseau hydrographique fin
225	Réseau hydrographique fin non visible (ripisylve)
270	Réseau de drainage / irrigation
280	Réseau enterré supposé
290	Réseau incertain
500	Report réseau carte état major

HISTORIQUE : c'est un champ calculé d'après le champ « annee_F »

si (annee_F < 1800) texte : "Ancien 1700"

si (annee_F < 1950) texte : "Ancien 1800"

si (annee_F < 1980) texte : "Ancien 1900"

si (annee_F < 2000) texte : "Assez 2000"

si (annee_F < 2013) texte : "Ancien"

ou rien

Annee_F : dernière année où ce linéaire a été vu

De **1820 à 2016**

DOUTE : Doute du photo-interprète sur la présence du cours d'eau notamment en raison de l'imprécision de certaines cartes ou pour les réseaux de fossés, la résolution trop faible de l'ortho-image

Doute

Observé

SOURCE : c'est la source qui a permis l'identification et la délimitation. Exemple :

PIAO - DDT95 État (1) - BD Topo
PIAO
Récup DDT95 – SIARE
PIAO & extrapolation carte (état-major ou Cassini)
Etc.

Nom : Nom du cours d'eau

Exemple :

Le Fossé Gallais

Ru du Gue Malaye

Sans nom

Ou rien pour les autres réseaux que les cours d'eau

Longueur : longueur en mètre de la ligne

BIBLIOGRAPHIE

DE L'HAMAIDE T. - 2017 – Rapport sur la prélocalisation des zones humides du SAGE Adour Aval, France

LOY D., et SIGNORET S. 2012 – Rapport sur la prélocalisation des zones humides du SAGE des 2 Morin, France

BERNARD C., CUVELIER J., 2016 – Rapport sur la prélocalisation des zones humides du Syndicat Mixte Du Bassin Du Fleuve Hérault, France

BERNARD C., LOY D., 2011-2013 – Rapport sur la prélocalisation des zones humides des SAGE Cher Amont et Aval, France

BERNARD C., LAVAL S., 2013 – Rapport sur la prélocalisation des zones humides du Syndicat Mixte Orb Libron, France

LOY D., 2012 — Rapport sur la prélocalisation des zones humides du SAGE Arroux-Bourbince, France

BERNARD C., 2012 – Rapport sur la prélocalisation des zones humides du SAGE Clain, France

LOY D., et LAVAL S., 2012 – Rapport sur la prélocalisation des zones humides du SAGE Nappe de Beauce, France

BERNARD C., et LAVAL S. – 2011 – Rapport sur la prélocalisation des zones humides du bassin versant de l'Allier aval, France

LOY D., DE L'HAMAIDE T., et LEVEQUES P., 2011 – Rapport sur la prélocalisation des zones humides du SAGE Loir, France

SANDOZ A., LOY D., et BERNARD C., 2009 – Rapport sur la création des enveloppes d'alerte potentiellement humides de la région Île-de-France, France

Sociétés Gallia Sana, I-Mage Consult, CERE & Agence de l'Eau Seine-Normandie – AESN – 2006 Cartographie des zones à dominante humide du bassin Seine – Normandie, France.

Agence de l'eau Loire-Bretagne, et HARDY X. – 2010 – Guide d'inventaire des zones humides dans le cadre de l'élaboration ou de la révision des Sage, France.

FROMONT N., DIREN Pays de la Loire – 2008 – Guide méthodologique d'inventaire et de caractérisation des zones humides, France.

I-Mage Consult – 2008 – Inventaire et caractérisation des zones à dominante humide du territoire de la Région limousin (partie du bassin Loire-Bretagne) et du SAGE Vienne, France.

GUERRI O., MOINOT F., et VERMEIL M. - Établissement Public Territorial de Bassin de la Dordogne (EPIDOR) – 2008 – Guide des zones humides de la Dordogne Atlantique, France.

RAMEAU JC, BISSARDON M., GUIBAL L., École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF), G.I.P ATELIER TECHNIQUE DES ESPACES NATURELS, - CORINE BIOTOPES

CHABROL L., Conservatoire botanique national du Massif central – 2006 – Inventaire et cartographie des zones humides du Limousin (Bilan des prospections 2002 à 2005), France.

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 satellitale 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.

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 –-4ème édition – Éditions du patrimoine du jardin botanique national de Belgique – Meise, 1992, 1092 p.

ANNEXE 1 : Correspondance avec l'étude DRIEE IDF

Le territoire du SAGE Croult Enghien Vielle Mer est intégré dans l'enveloppe de l'île de France et recoupe donc l'étude de prélocalisation réalisée par la DRIEE IDF en 2009.

La correspondance de cette prélocalisation avec l'étude DRIEE IDF est partielle pour plusieurs raisons :

- Certaines couches telles que les cartes pédologiques 1/250 000 n'ont pas été réintégrés dans cette étude, car elles ont des échelles très éloignées de la présente étude.

- Certaines couches ont servi de références comme l'inventaire de l'AESN et sont donc recoupées et affinées par la photo-interprétation.

- Les couches ECOMOS et CBNBP ont été reportées dans l'interprétation. Le tracé en a été corrigé et affiné lorsque nécessaire. Il faut noter que la mise à jour de la couche FLORA a été prise en compte par rapport à l'étude originale DRIEE IDF.

- Les couches des étangs des cartes d'état-major ont été reportées alors qu'ils ne l'avaient pas été dans l'étude DRIEE IDF.

- Les plans d'eau et cours d'eau ont été intégralement intégrés dans cette étude, mais une mise à jour a été réalisée notamment sur les plans d'eau et mares.

- Le produit automatisé Zone Tampon Hydrographique a été refait avec des paramètres différents, mais surtout combiné avec l'indice IBK non utilisé dans l'étude DRIEE IDF. Toutefois, comme précisé précédemment, les nouveaux paramètres ont généré une enveloppe plus grande que l'IBK vient en plus compléter.

- Par ailleurs, même dans les couches intégrées (ECOMOS et CBNBP), des erreurs ont été corrigées, notamment parce que le territoire a beaucoup évolué depuis 2009 et que des zones humides ont été modifiées ou détruites.

Il est donc normal de voir des différences avec cette ancienne étude, car la nouvelle étude du SAGE Croult Enghien Vielle Mer est plus précise et prend en compte l'évolution depuis 2009.

ANNEXE 2 : 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.

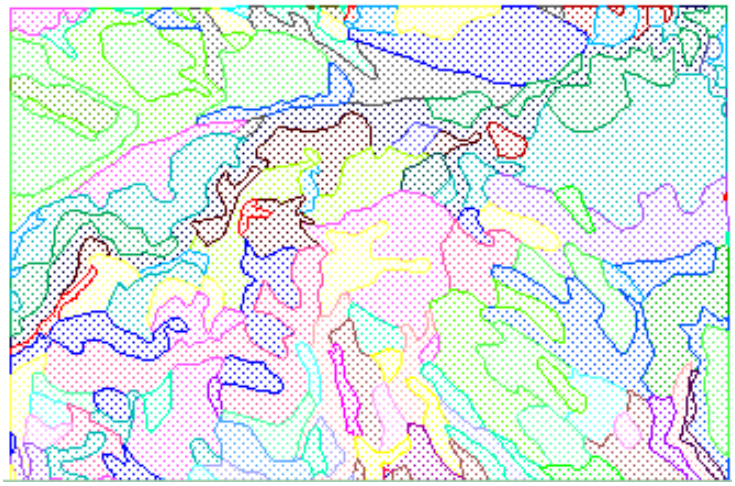


fig. 88) Illustration d'exemple d'une topologie de type polygonal

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. 89) 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" :

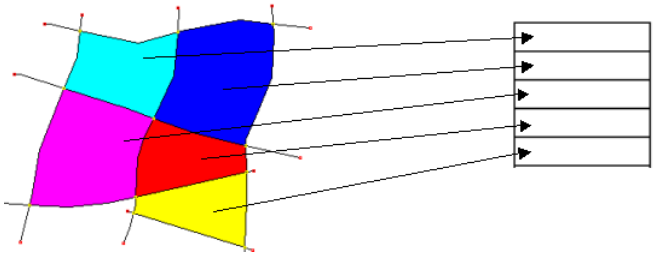


fig. 90) Schéma de la relation entre la table attributaire et les polygones de la couche vectorielle

- ·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 3 : WEB-MAPPING

Dans le cadre de l'étude, un service de web-mapping a été mis en place pour le partage de l'information. Il s'agit d'un outil en ligne sur Internet qui permet d'afficher les données et résultats de l'étude. Il permet de sélectionner les couches vectorielles ou images que l'on veut voir et de zoomer sur les secteurs d'intérêt. Le serveur était mis à jour régulièrement avec de nouvelles données ou d'éventuelles corrections sur les données déjà présentes.

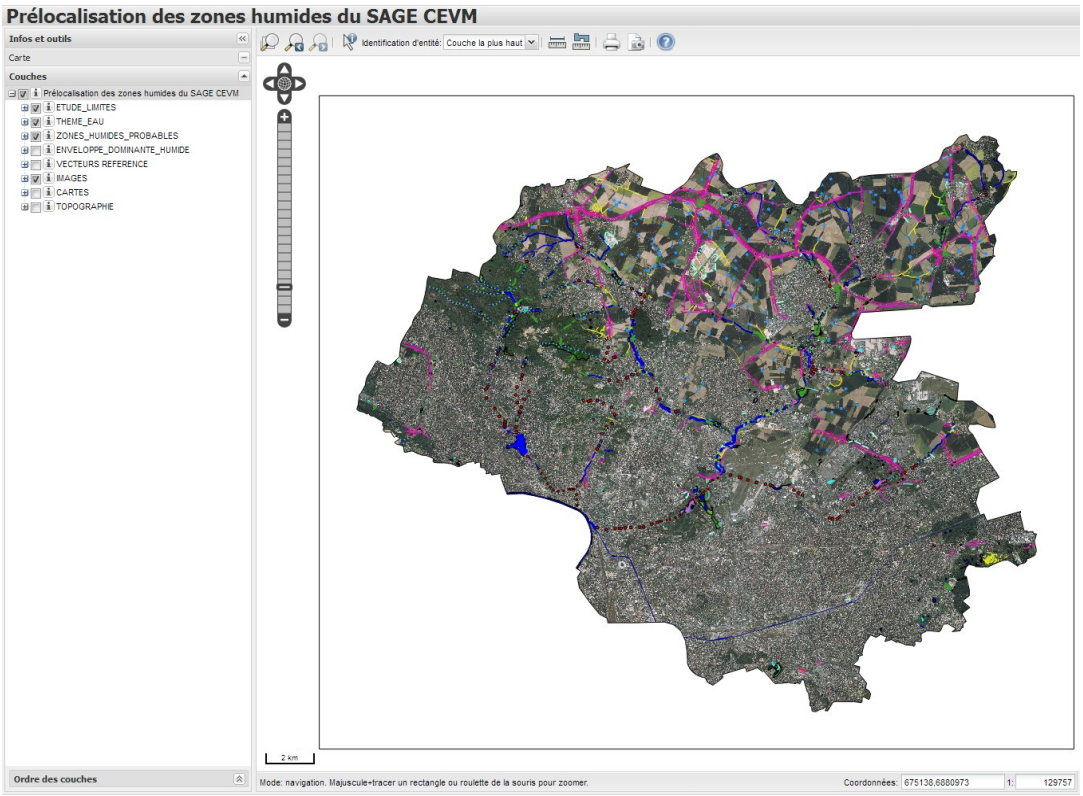


fig. 91) Interface du Web-mapping

Une aide est disponible pour la manipulation de l'interface

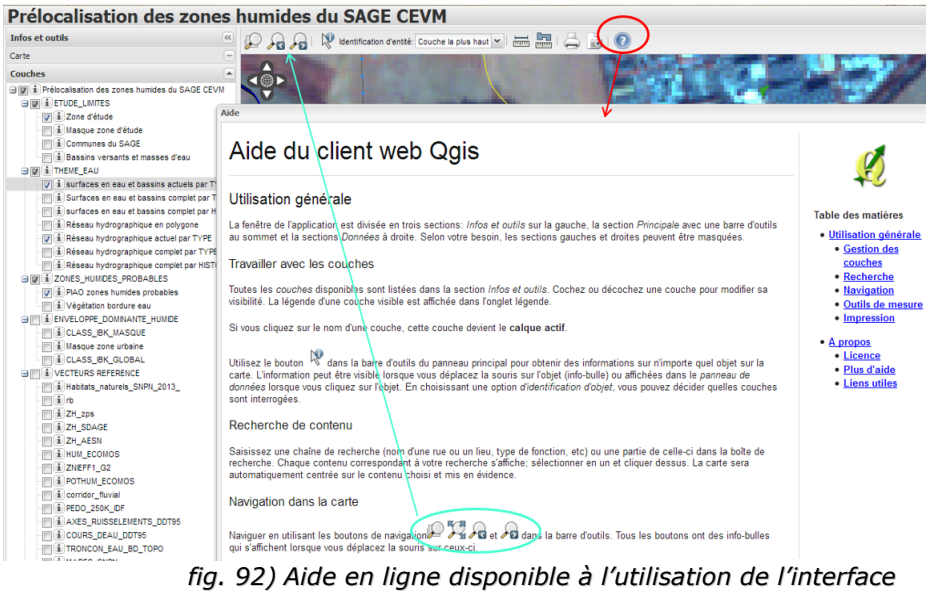


fig. 92) Aide en ligne disponible à l'utilisation de l'interface

En cochant les données de la liste sur la gauche, on les fait apparaître ces éléments sur la carte. On peut alors zoomer dessus ou la légende visuelle ou consulter les attributs.

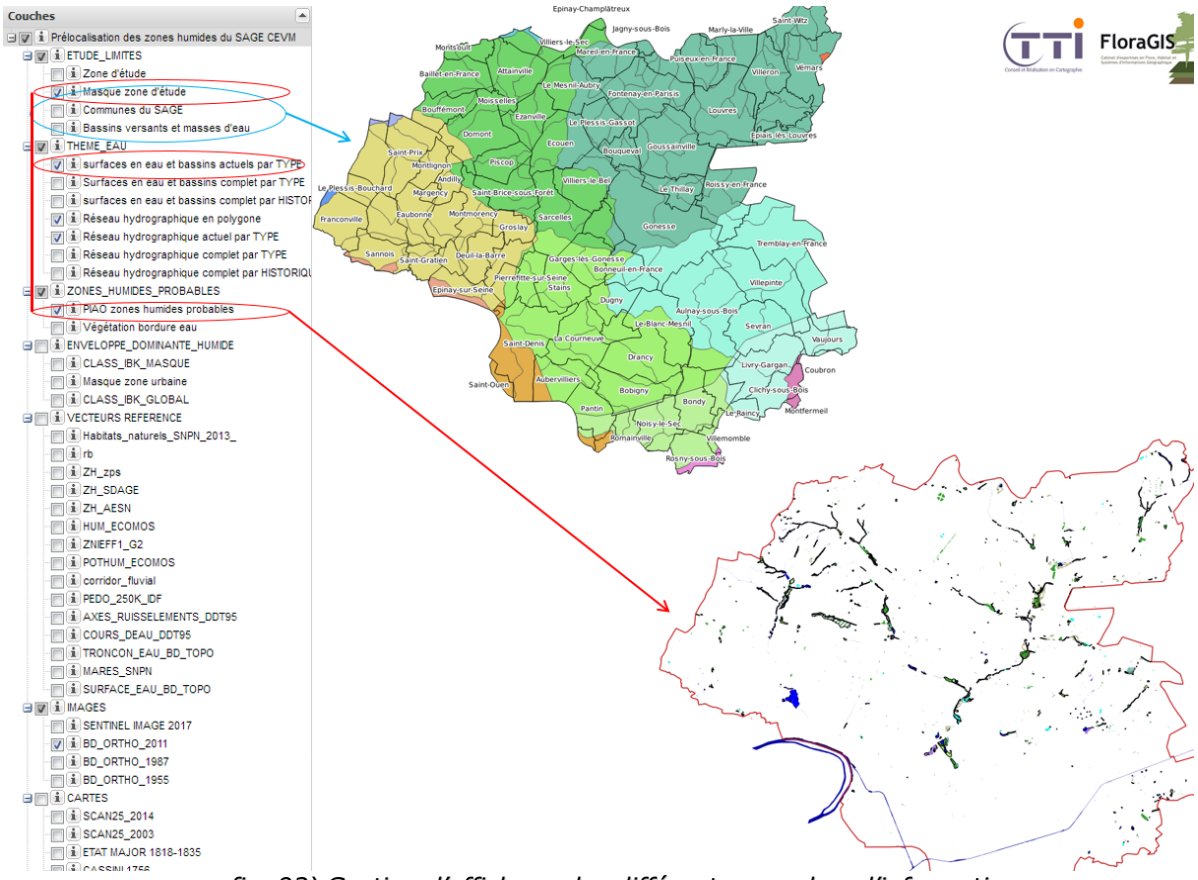


fig. 93) Gestion d'affichage des différentes couches d'information

Pour chaque couche, on peut consulter la légende en cliquant sur le bouton « i » de cette dernière. Une fenêtre s'ouvre alors pour présenter la charte graphique utilisée.

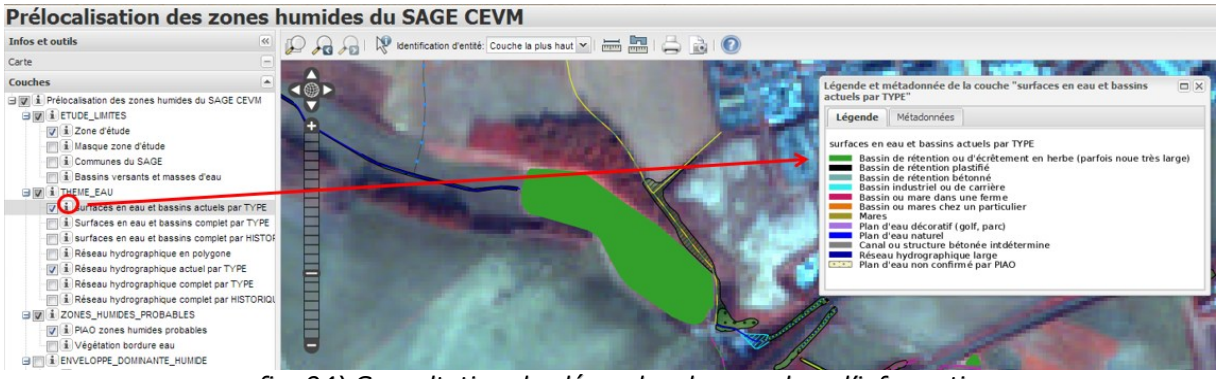


fig. 94) Consultation des légendes des couches d'information

Pour chaque objet, on peut consulter la table attributaire en cliquant sur ce bouton indiqué dans la vue ci-dessous.

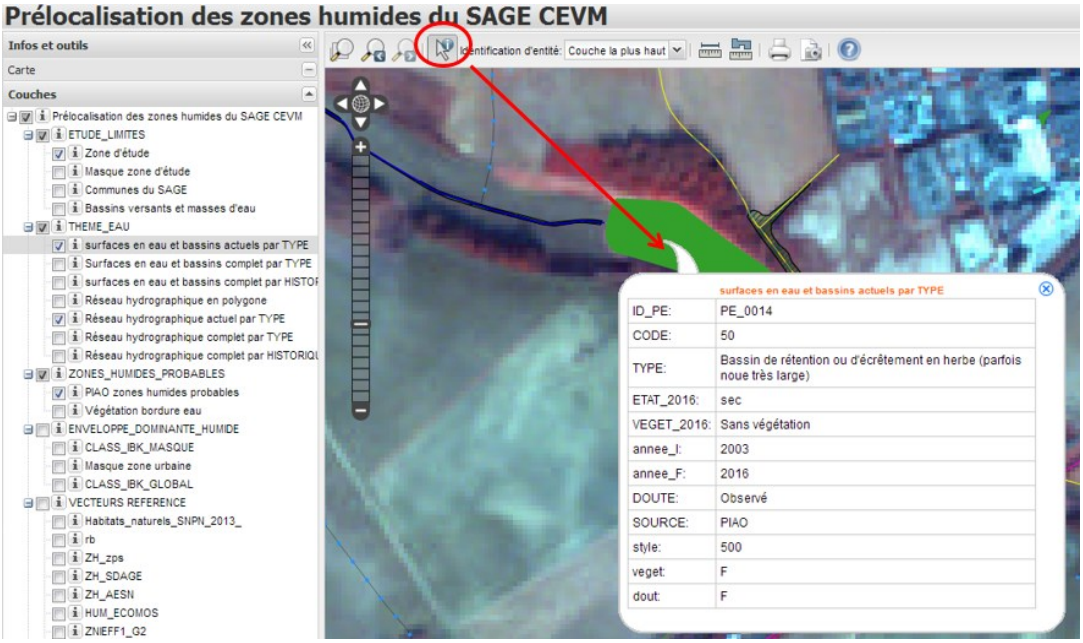


fig. 95) Consultation des informations attributaires associées aux couches vectorielles

Une barre permet de gérer la transparence de chaque couche. Il est également possible de modifier l'ordre de superposition des couches avec un cliquer-glisser de l'une d'elles dans la liste.

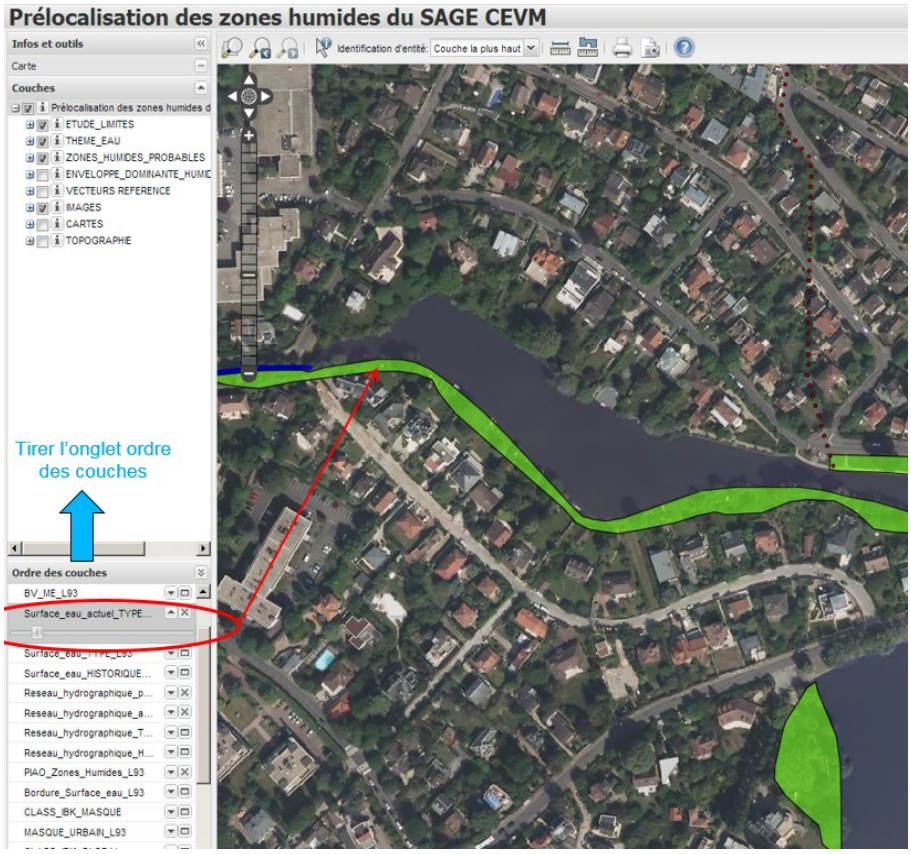


fig. 96) Gestion de la transparence et de la position relative des couches.