



Université de Toulouse

MASTER 1

Mention
Spécialité

**Géographie et Aménagement
Géographie de l'Environnement et
du Paysage**

Etat d'avancement

Dynamique urbaine en relation avec les inondations du Touch : Le cas de Plaisance-du- Touch, Tournefeuille et Saint-Martin-du-Touch



Le Touch, inondation de juin 2013, source : Gilles SELLERON

SADJANIA Danila

Sous la direction de :
Gilles SELLERON
Chargé de recherche CNRS

Soutenu le **9 Juillet 2014**

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont été présentes et sans qui, la réalisation de ce dossier n'aurait pas été possible.

Mon directeur de recherche Monsieur Gilles SELLERON, qui a toujours été aimable et disponible tout au long de mes recherches. Très méthodique, ses précieux conseils ont été très efficaces et m'ont permis de surmonter les difficultés rencontrées.

J'adresse aussi mes remerciements à Monsieur Hugues BARCET pour toutes ses petites astuces sur le logiciel ArcGis.

Geoffrey, Océane, Virginie Chloé ont aussi su être présents pour m'apporter leur aide, me fournir les données nécessaires mais également pour me soutenir durant ces quelques mois.

Table des matières

INTRODUCTION.....	4
1) LOCALISATION DE TOURNEFEUILLE, PLAISANCE-DU-TOUCH ET SAINT-MARTIN DU TOUCH.....	6
2) CONTEXTE	8
2.1 Rappel historique des crues.....	9
2.2 Croissance démographique et urbaine	11
2.3 Milieux naturels.....	16
2.4 Acteurs	16
2.5 Cadre législatif et réglementaire.....	17
3) APPROCHE METHODOLOGIQUE DE LA DYNAMIQUE URBAINE PAR TELEDETECTION 20	
3.1 Extraction de l'aire d'étude par un Système d'Information Géographique	21
3.2 Réalisation d'une typologie urbaine complète par l'identification visuelle	22
3.3 Classification supervisée des images Spot et Pléiade	31
4) RESULTATS ET DISCUSSIONS	33
4.1 Analyse des résultats qualitatifs de la dynamique urbaine	33
4.2 Analyse des résultats quantitatifs des classifications supervisées.....	41
CONCLUSION.....	44
ANNEXES	45

INTRODUCTION

Au fil des années, la nature a eu plusieurs phases d'abandon et de reconquête. Avant la Seconde guerre mondiale, les usages sociaux de la nature sont très importants (économie, culturel, ...) et 80% de la population se concentre en zone rural. Durant les trente Glorieuses, c'est le baby-boom et plus de la 80% de la population habite dans les territoires urbains et péri-urbains. La société s'est progressivement marginalisée par l'économie et s'est désintéressée de la nature car perçue comme, non immédiatement rentable et contraignante.

Depuis les années 80-85, la crise économique révèle une crise sociale et la tendance est basée sur la conciliation entre aménagement et environnement. La nature est ainsi, considérée comme un point de repère, convoitée et mis à profit lors de divers aménagements, mais ce n'est pas toujours sans risques.

Les phénomènes naturels sont caractéristiques des spécificités territoriales, parmi lesquels on retrouve les inondations. Celles-ci peuvent se définir comme étant un espace submergé par une quantité d'eau, et qui se caractérisent essentiellement par son intensité et sa gravité. Quand elles font intervenir une combinaison d'enjeux humains, environnementaux et économiques, on parle davantage d' « aléa ».

En France, les risques d'inondations sont les événements naturels les plus représentés parmi les risques dommageables dont le bilan a été très grave (il s'agit au minimum de 10 morts et de 30 millions d'euros de dégâts matériels : voir figure ci-après).

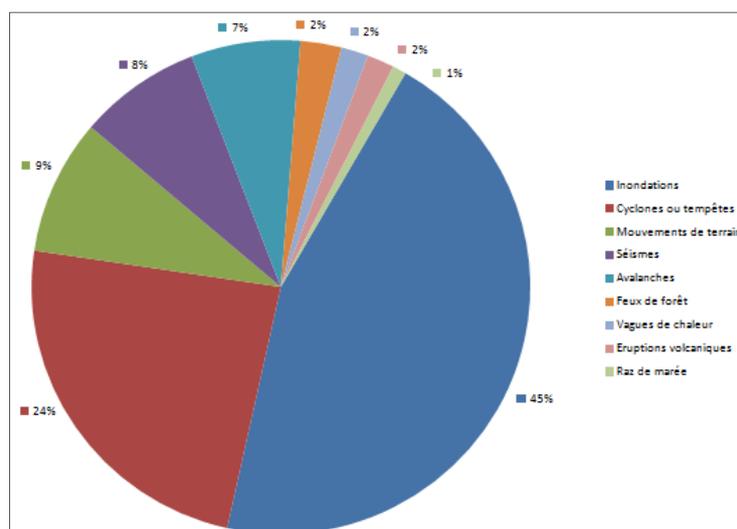


Figure 1 : Les événements naturels dommageables en France de 1900 à 2007

Source : MEDD/DPPR, 2007

De nos jours, on porte une attention particulière aux paysages urbains et péri-urbains, lesquels alimentent les préoccupations de divers acteurs. En France, la croissance démographique dès les années 50 et l'urbanisation en zones inondables, ont encouragé les politiques à reconsidérer les enjeux associés et à mettre l'accent sur le volet législatif et réglementaire pour mettre en garde et protéger les habitants, mais également pour préserver et mettre en valeur les milieux naturels.

Il est utile de s'interroger sur la dynamique de l'occupation du sol face aux risques d'inondation plus particulièrement sur l'étalement urbain qui tend activement à ronger les zones rurales. Pour ce faire, de manière rétrospective, il est nécessaire de dresser une typologie urbaine adéquate grâce à l'apport de la télédétection via les images satellitales.

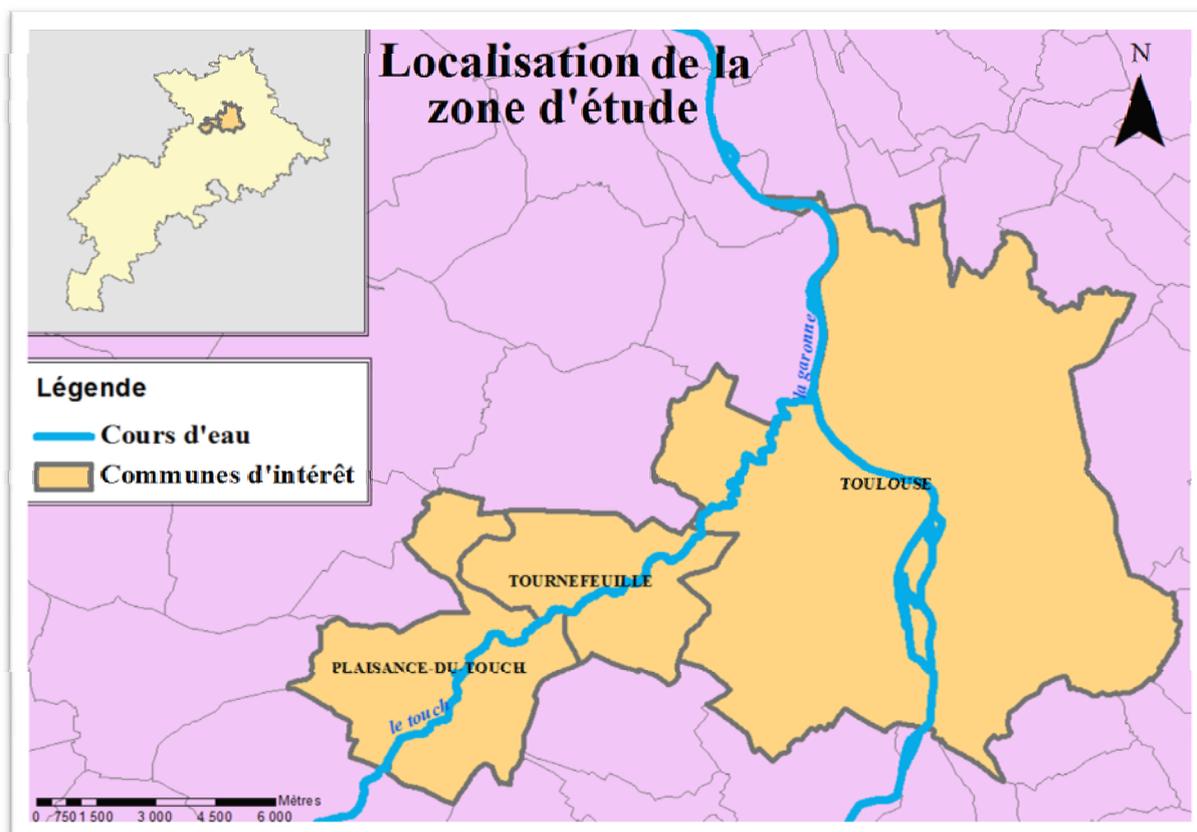
Télédétection c'est « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. » (J.O. 11 déc. 1980)

Ce mini-mémoire propose une étude multi-temporelle et multi-scalaire de la croissance démographique du sud-ouest de la France (Plaisance-du-Touch, Tournefeuille et Saint-Martin-du-Touch), et de ce fait, de l'urbanisation qui en découle, face aux risques d'inondation.

A l'échelle communale, il s'agira dans un premier temps, de mettre en avant le contexte historique et de faire un aperçu sur les enjeux de ces territoires qui, permettra dans un second temps, de manière rétrospective, de privilégier une approche méthodologique qui expose l'apport de la télédétection, à l'évaluation du phénomène démographique et du risque naturel. Pour finir, de présenter les résultats obtenus et se rendre compte de l'influence des différentes variables contribuant à l'augmentation de la vulnérabilité des territoires et de ses habitants.

1) LOCALISATION DE TOURNEFEUILLE, PLAISANCE-DU-TOUCH ET SAINT-MARTIN DU TOUCH

Notre étude est axée dans le Sud-Ouest de la France, plus précisément dans la région de Midi-Pyrénées.



Carte 1 : Localisation de la zone d'étude

L'analyse multi-scalaire et multi-temporelle est d'abord effectuée à l'échelle communale et se concentre sur trois territoires : Saint-Martin-du-Touch, Tournefeuille et de Plaisance-du-Touch, avec chacun ses particularités et ses dynamiques.

	Tournefeuille	Plaisance-du-Touch	Toulouse
Population	26 326	16 425	447 340
Densité moyenne (hab/km ²)	1 392	621	3 798
Superficie (en km ²)	18,2	26 ,5	118

Tableau 1 : Caractéristiques principales des communes étudiées

Source : Recensement 2011, INSEE

Quatrième commune la plus peuplée de France, Toulouse est composée de plusieurs quartiers parmi lesquels on retrouve Saint-Martin-Du-Touch. Situées à moins de 20 km de Toulouse, Plaisance-du-Touch et Tournefeuille sont respectivement bien desservies par les réseaux routier et autoroutier (la RN 124, A 624 et la RD 632).

Proche de la chaîne des Pyrénées, le Touch est un cours d'eau de 16 km de largeur maximale, qui s'étend sur environ 75 km et traverse essentiellement la Haute-Garonne, plus précisément 61 communes parmi lesquelles figure notre zone d'étude. Son bassin versant a une superficie de 515 km² et, son débit moyen annuel et son altitude sont respectivement estimés à 3,85 m³/s et entre 349 et 132 mètres.

L'Aval de ce cours d'eau ne représente qu'un quart du linéaire total, les pentes sont très faibles voire nulles et, de Plaisance-du-Touch à la confluence avec la Garonne au nord-ouest de Toulouse, la plaine inondable se rétrécit.

2) CONTEXTE

Tout phénomène naturel alarme le corps scientifique et la prise de conscience résultant des dégâts environnementaux, économiques et sociaux, renouvelle les questions de recherche (HOUET T., GOURMELON.F 2014). C'est la raison pour laquelle l'interdisciplinarité est au cœur des études.

Élément du contexte scientifique :

Le programme de recherche interdisciplinaire (voir figure ci-dessous) « Amélioration de l'Alerte aux Crues (AMAC) regroupe plusieurs laboratoires de sciences sociales et humaines, de sciences exactes et des organismes de recherche et de service. Il a pour objectif d'analyser les potentielles interactions entre le phénomène d'inondation et la société, plus précisément en mettant en exergue la vulnérabilité associée en retraçant tout le processus de l'aléa (avant et après une crise).

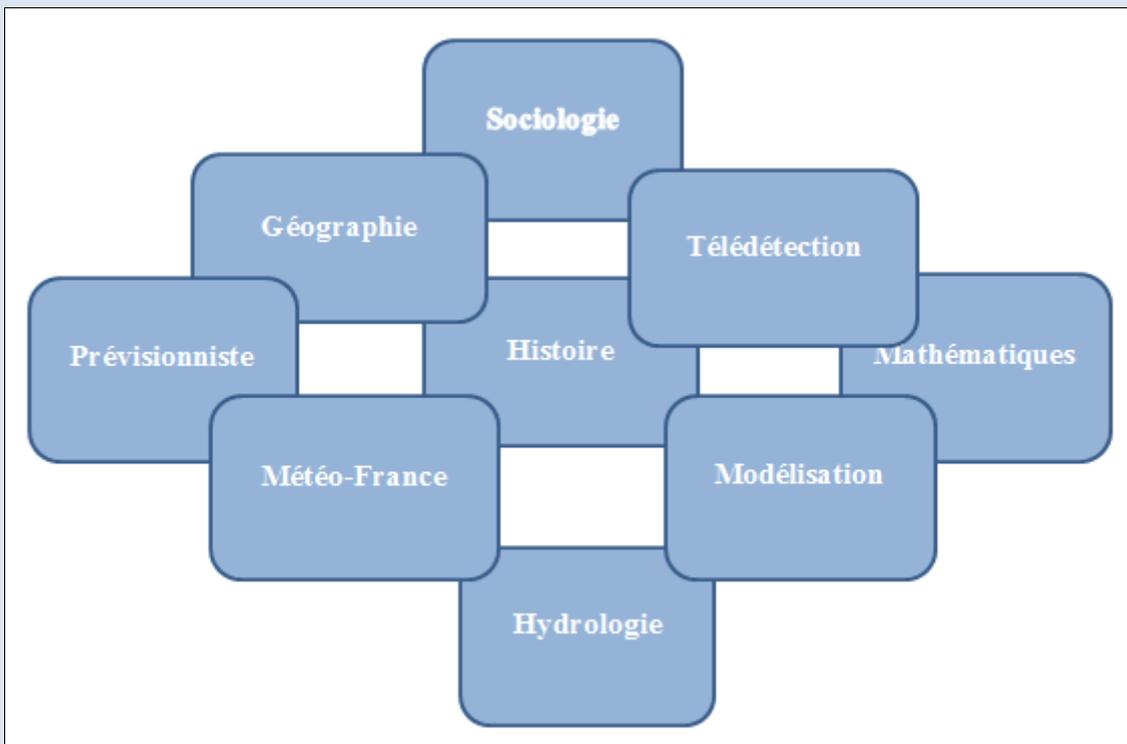


Figure 2 : interdisciplinarité du programme (source : Gille SELLERON, 2013)

Le Touch fait partie du chevelu hydrographique de Plaisance-du-Touch, Tournefeuille et Saint-Martin du Touch, et a une place particulière pour les populations locales. Plutôt linéaire (mais plutôt sinueux il a quelques siècles : voir annexe 1 p.44), en amont il prend naissance à Lilhac et traverse des paysages exclusivement ruraux (céréaliculture et élevage) et à partir de Plaisance-du-Touch et jusqu'à la confluence avec la Garonne, les paysages urbains sont les principales caractéristiques de la partie aval de ce cours d'eau. Cette diversité de paysages contribue ainsi à l'identité de ces territoires.

Avant le XVIIIème siècle, le cours d'eau était essentiellement utilisé pour l'activité agricole. Les inondations survenues à cette époque, représentaient un obstacle pour les agriculteurs mais en contrepartie, elles conféraient au territoire une terre particulièrement fertile grâce au dépôt de limons. Au fil des années, on assiste donc à plusieurs phases d'abandon et de reconquête du Touch. Le contexte historique peut ainsi permettre de comprendre en grande partie, pourquoi, de nos jours, il fait l'objet de tant d'aménagements.

2.1 Rappel historique des crues

Tournefeuille, Plaisance-du-Touch et Saint-Martin du Touch font partie des 589 communes de la Haute-Garonne concernées par les risques d'inondation. Cela ne date pas d'hier, en effet dès le XIIIème siècle, les crues d'intensité et donc de gravité diverses se sont succédées, par exemple, en 1281, 1678, 1727, 1770, 1772, 1855, 1897, 1968, 1975, 1976, 1980 et 1981.

D'autres figurent dans le graphique ci-après, avec leur hauteur d'eau correspondante.

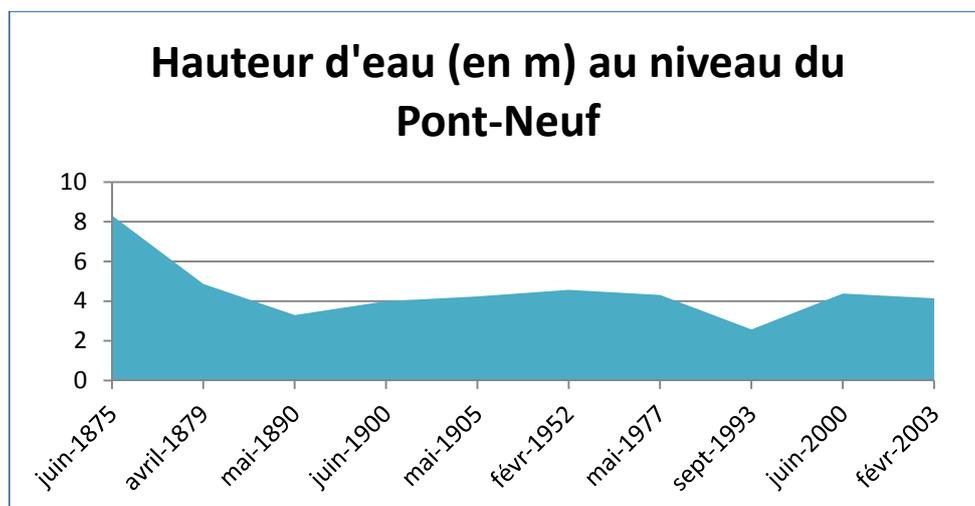


Figure 3 : Niveau d'eau des crues, données source : MEEDDT

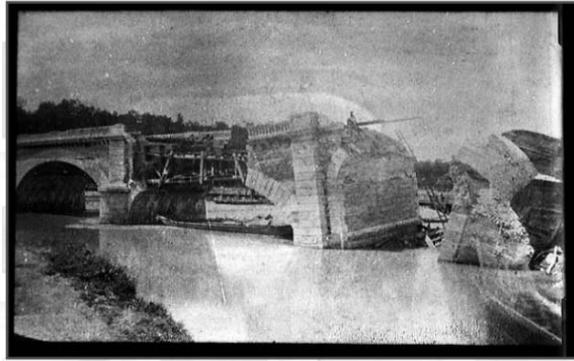
On peut faire un aperçu sur les crues de juin 1875, du 3-4 février 2003 et de juin 2013, afin de mettre en relief les différents types d'inondations pouvant se combiner sur un même territoire.

- Les inondations de plaine

Dans ce cas de figure, la montée des eaux est lente, il s'agit que plusieurs centimètres par heure mais elle parvient tout de même à engendrer des inondations importantes comme le prouve la crue centennale de 1875. Depuis plusieurs semaines, des pluies torrentielles se sont abattues en Midi-Pyrénées causant le débordement de la Garonne et des autres cours d'eau associés. Le bilan fut catastrophique, ayant atteint un peu plus de 8m au niveau du Pont-Neuf à Toulouse, la crue a tout dévasté sur son passage, elle a entraîné la destruction de plus de 1000 habitations et la mort de 200 personnes. Plusieurs ponts (Saint-Pierre, Saint-Michelont) ont aussi cédés sous la pression des eaux. (voir photos ci-dessous)



Bâti détruit, source : toulouse-inondation.org



Pont démolì, source : toulouse-inondation.org

- Les inondations de plaine et par ruissellement urbain

D'autres caractéristiques peuvent s'ajouter à ceux énoncés précédemment, il s'agit de la montée des eaux particulièrement déclenchée, par la saturation des voies d'évacuation des eaux. Moins catastrophique et n'ayant pas fait de victimes, la crue de 2003 se combine aux réseaux d'assainissement déjà saturés. A Plaisance-du-Touch, la hauteur d'eau a atteint plus de 50 cm (voir annexe p.45 à 48) en inondant une dizaine de maisons, quelques lotissements, les terrains sportifs, le gymnase, la station d'épuration et les abords du lac de Plaisance-du-Touch, et causant par la même occasion l'évacuation d'une maison de retraite. En cas de crise, des dispositifs d'urgence doivent être mis en place, telle a été la mission du Maire de Tournefeuille, en procédant à l'ouverture de deux brèches de la digue pour accélérer l'évacuation des eaux. A Saint-Martin-du-Touch, l'inondation a essentiellement été causée

par le refoulement du réseau d'assainissement et seuls deux moulins au bord du Touch ont été partiellement inondés.

- Les inondations par ruissellement urbain

Comme peuvent le témoigner les intempéries qui ont eu lieu le lundi 23 juin dernier à Plaisance-du-Touch et à Tournefeuille. En une heure et demi, près de 80 litres au m² sont tombés et ont entraînés l'inondation de quelques maisons. Ce surprenant constat est le résultat non pas d'un orage, mais bel et bien de l'accumulation des branchages au niveau des avaloirs et de la saturation des égouts, qui a contraint l'évacuation rapide des eaux¹.

2.2 Croissance démographique et urbaine

A partir du XVIII^{ème} siècle, l'amont du Touch a été endigué et canalisé dans le but d'éviter les inondations des terres agricoles. Cet endiguement d'une partie de la vallée, était risqué pour la partie aval, et par conséquent, être plus vulnérable aux risques d'inondation. De ce fait, suite à la crue trentennale du 3 février 1952, les digues ont été installées et cela, a encouragé l'expansion urbaine à Saint-Martin-du-Touch, Tournefeuille et Plaisance-du-Touch.

Le fort dynamisme démographique de Toulouse a commencé dès 1920 (annexe p.49), et à profiter à certains quartier et communes avoisinants. Midi-Pyrénées fait partie des régions ayant le plus fort taux de croissance démographique annuelle (0,9% par an) et même si le taux de fécondité reste faible (1,82 enfant par femme), l'espérance de vie chez l'homme est estimée à 79,7 ans et les décès prématurés ne concernent qu'un cas sur cinq.

D'un premier abord, on peut penser que la seule raison qui pousse la population à s'éloigner de Toulouse est le résultat d'une zone urbanisée trop dense et donc, d'un territoire trop surchargé; mais il peut en être tout autre. Les nouveaux arrivants sont en général de jeunes actifs avec/ou sans enfants qui ne sont pas seulement contraint de s'installer à proximité du centre-ville, mais souvent ces derniers apprécient la « nature en ville », comme à Tournefeuille. 80% de la population active à Plaisance-du-Touch et à Tournefeuille travaillent hors du lieu de résidence mais plutôt, en grande partie dans le département du lieu de résidence. (annexe p.50). On peut prendre en compte l'état patrimonial de la population et les

¹ Source : 20minutes

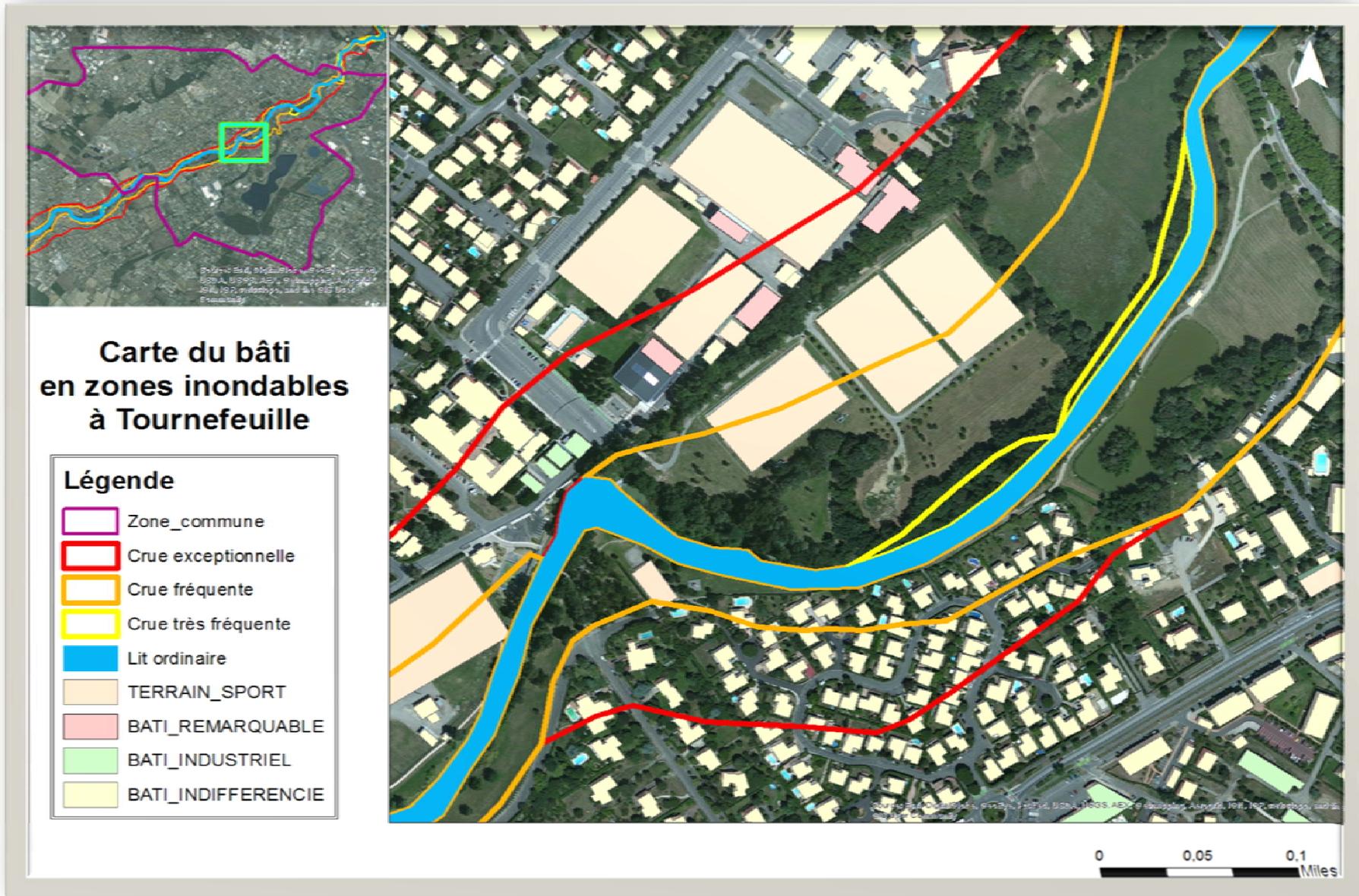
personnes vivant seuls (retraités, veufs, divorcés, célibataires) qui contribuent également à l'extension urbaine.

On peut aussi se rendre compte dispositions qui sont mis en exergue afin de promouvoir la construction de nouveaux logements. De juin 2013 à mai 2014, en France le nombre de constructions a chuté de 16,9% (312 000 chantiers) par rapport aux 500 000 fixés par le Président François Hollande. Des solutions de relance, telles l'élargissement des prêts à taux zéro (exemple : un couple avec un revenu mensuel de 2 250 € pourra emprunter 49 000 € à 0% d'intérêt au lieu de 43 500 € aujourd'hui) et l'allègement de la réglementation sur les constructions. Quant aux logements sociaux, 150 000 constructions annuelles sont fixées et les communes n'ayant pas atteint 25% de leur objectif, seront pénalisées².

Par conséquent, la mise en place de toute nouvelle habitation et donc, l'accueil d'un certain nombre d'habitants sur un territoire, nécessite la mise en place d'équipements de proximité (santé, social, culture, sport, commerce, enseignements,...) et face à ce développement, le Touch est devenu un support d'aménagements et d'usages urbains. Les habitations se sont progressivement dressées le long des cours d'eau, jusqu'à s'en rapprocher de trop près, parfois à moins de 4 mètres des berges (Magali HUTFER, 2002) ; C'est ainsi que les zones inondables ont commencé à être envahis (cartes ci-après, 2,3 et 4).

Lors des inondations dues au ruissellement urbain, les eaux ont beaucoup de mal à s'infiltrer dans le sol et voire même à être évacuées rapidement. Dans ce genre de situation, la population se trouve submergée et les dégâts peuvent être importants.

² Source : metronews



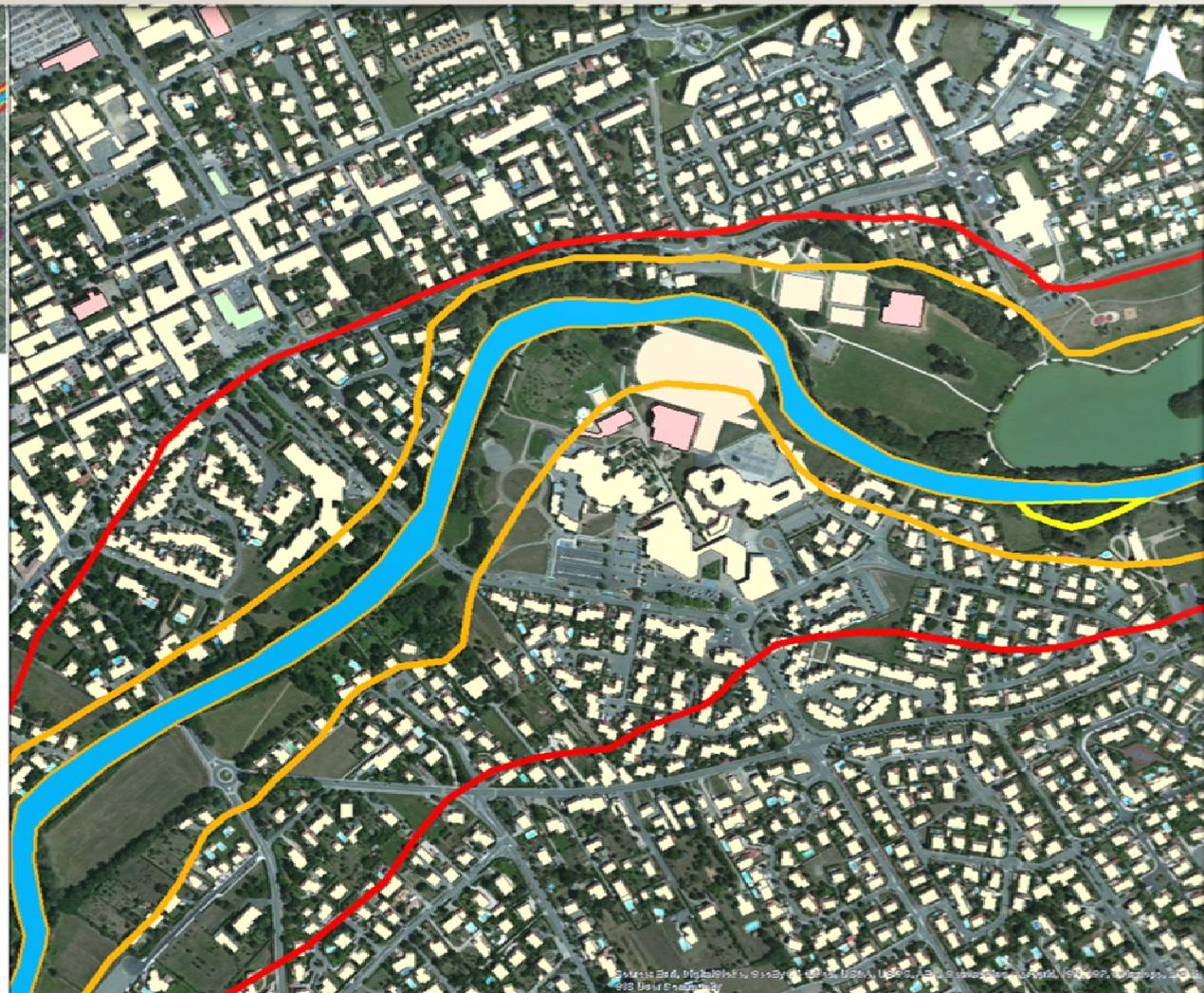
Carte 2 : Bâti en zones inondables à Tournefeuille



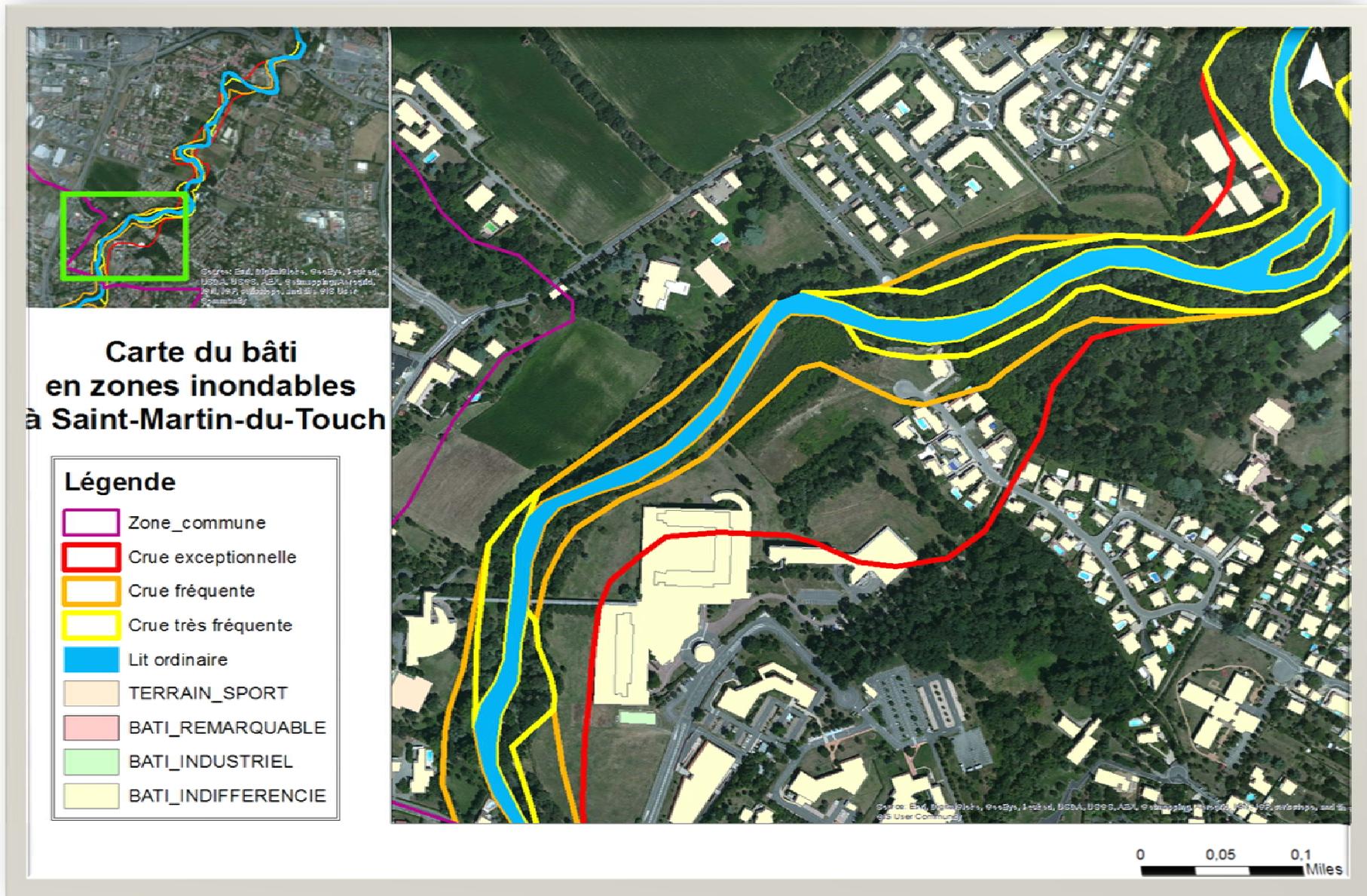
Carte du bâti en zones inondables à Plaisance-du-Touch

Légende

-  Zone_commune
-  Crue exceptionnelle
-  Crue fréquente
-  Crue très fréquente
-  Lit ordinaire
-  TERRAIN_SPORT
-  BATI_REMARQUABLE
-  BATI_INDUSTRIEL
-  BATI_INDIFFERENCIE



Carte 3 : Bâti en zones inondables à Plaisance-du-Touch



Carte 4 : Bâti en zones inondables à Saint-Martin-du-Touch

2.3 Milieux naturels

La société est certes vulnérable aux risques d'inondation mais les milieux naturels et les espèces qui y vivent, sont menacés par l'urbanisation.

Le Touch dispose d'une grande biodiversité ; son lit et ses berges abritent de nombreuses espèces végétales et animales telles que la fritillaire pintade, le martin pêcheur, la grenouille agile,... Formées de sables plus ou moins grossiers et d'une fraction de limon, les berges sont caractérisées par leur instabilité. Peu dense et pauvre, la ripisylve est composée d'aulnes, de chênes, frênes et peupliers noirs (HUTFER Magali, 2002) et ne permet donc pas, de fixer le matériau. Ainsi, face aux inondations, les berges sont fragilisées. Les loupes d'érosion remarquées à plusieurs reprises et la forte urbanisation rendent difficile l'évacuation des eaux, respectivement par l'encombrement des zones et l'imperméabilité des sols.

La trame verte et bleue fait référence aux projets d'aménagements et de développement du territoire tout en permettant de garantir la pérennité des espaces naturels et donc, de mettre en valeur le patrimoine culturel et naturel. Plus précisément, entre Tournefeuille et Toulouse, sous le couvert de chênes des aménagements sobres (bancs, tables) ont été mis en place dans le but de faciliter l'accès aux abords du Touch. Face à cela, le site est dédié aux activités sportives (footing, marche à pied, pêche, ...), mais il est aussi un lieu de détente, de rencontre, de promenade, de pique-nique,...permettant à tous de pouvoir se rapprocher de la nature.

2.4 Acteurs

L'eau est un objet multi-acteur et devenant ainsi « l'affaire de tous ».

On y retrouve :

- L'Etat

C'est l'acteur majeur qui a pour obligation de faire connaître le risque, d'élaborer des lois relatives aux risques et de garantir l'indemnisation en cas de catastrophes naturelles.

On comptabilise cinq « sous-acteurs » :

- 1) Le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'énergie (MEDDE)

Il annonce les crues, définit la politique d'information préventive et le plan d'élaboration des préventions des risques et finance la protection des zones habitées.

- 2) Le Ministère de l'intérieur est principalement chargé de la sécurité civile et de la gestion de crise.

- 3) Le Préfet informe le Maire sur le risque encouru dans leur commune et est responsable de la prise en charge du risque dans le Plan Local d'Urbanisme.
- 4) La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) met en œuvre à l'échelle régionale le plan de prévention des risques et est chargé de l'annonce des crues et de diffuser l'information sur les risques (par exemple, l'atlas des zones inondables, la liste des aléas par commune, ...).
- 5) La Direction Départementales des Territoires (DDT), instruit le plan de prévention des risques et donne son avis sur le fonctionnement de constructions relevant du public et lors de la délivrance de permis de construire.

- Les collectivités territoriales

On prend en compte :

- 1) La Région informe le public via ses compétences d'aménagement du territoire.
- 2) Le Département est compétent dans le domaine du réseau routier et peut intervenir dans les risques naturels.
- 3) La commune

Le Maire est chargé de veiller à la sécurité de sa commune. Il élabore le Plan Local d'Urbanisme tout en intégrant les risques naturels et délivre le permis de construire en s'assurant qu'il n'y a pas de menace. De plus, il réalise des travaux de protection de ses administrés ; en cas de danger, il peut demander l'évacuation des zones menacées, interdire la circulation,...

2.5 Cadre législatif et réglementaire

Au fil des années, l'eau a eu plusieurs fonctions dans la « loi ».

Avant 1960, l'eau était au service des humains, se renouvelle sans cesse et pouvait être déviée voire déplacée : Les aménagements d'endiguement et de canalisation faisaient l'objet de choix économiques.

La loi sur l'eau de 1964 a conféré à l'eau le statut de milieu de vie mettant en avant les différents usages liés aux loisirs.

La loi sur l'eau de 1992 a fait émerger l'implication des scientifiques, les notions d'écosystème et de gestion intégrée.

Dans le but, de répondre à une demande de plus en plus croissante due à l'accroissement progressive de la population, les acteurs locaux se sont concertés et ont sérieusement

commencé s'intéresser au devenir de ce cours d'eau, et de ce fait, aux risques encourus s'il n'était pas entretenu (perte importante de biodiversité, par exemple).

Nombre d'indicateurs de protection tels que le nombre d'habitations impactées par les inondations, le nombre de réunion d'information réalisée, et l'évaluation des coûts épargnés à la société par la construction de digues, permettent de se rendre compte des dégâts matériels mais aussi humains qui peuvent s'avérer importants suite aux inondations. Ceux-ci ont poussé l'Etat et les collectivités territoriales à se concerter et à mettre en place différents dispositifs. On y retrouve :

Les outils de prévention:

- Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN)

Mis en place par la loi Barnier du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement. Il permet à l'Etat d'agir en matière de politique de prévention et de contrôle des risques naturels majeurs. Elaboré par le Préfet, le Plan de Prévention du Risque d'Inondation (PPRI) est lui aussi un outil essentiel pour définir pour chaque commune les zones à risques. Il a pour objectifs d'empêcher l'augmentation de la vulnérabilité (des biens et des personnes) en réglementant les constructions en zones inondables et en réduisant la vulnérabilité de l'existant en imposant des mesures de protection sur les constructions.

- Programme d'Action de Prévention des Inondations (PAPI)

Il date de 2003 et repose sur un partenariat entre l'Etat et les collectivités locales afin de réduire l'aléa et la vulnérabilité au travers des différents domaines de lutte contre les inondations (prévention, protection, sensibilisation, ...).

- Plan de Submersions Rapides (PSR)

Arrêté en février 2011 pour 6 ans dont l'objectif principal est de réaliser un programme de réalisation de PPRN dans les zones les plus exposées, en favorisant les communes concernées à établir des projets de prévention liés aux risques (submersions, inondations, ...).

- Site Vigicrues

Il prévient les autorités et le public, du risque de crues en diffusant en temps réel l'information relative à la montée des eaux, publiée deux fois par jour (10 et 16h) par le service central d'hydrométéorologie.

Les outils de sauvegarde :

- Plan Communal de Sauvegarde (PCS)

Cet outil datant de 2004 et est sous l'autorité du maire. Il est obligatoire pour les communes disposants d'un PPR ou d'un PPI et doit être articulé au plan ORSEC.

En cas de crise, il définit les dispositions à mettre en œuvre en matière d'organisation communal de gestion de crise, de procédure de vigilance et d'alerte, de plans d'intervention et d'outils opérationnels.

Au regard de cela, l'objectif est d'annexer à tout projet de construction, un volet lié à l'eau et aux milieux aquatiques. Plus précisément, les agences de l'eau et les sociétés de construction doivent travailler en étroite collaboration. Par exemple, l'Agence d'Urbanisme et d'Aménagement du territoire de Toulouse (AUAT) vise à promouvoir la complémentarité de ces deux types d'acteurs.

3) APPROCHE METHODOLOGIQUE DE LA DYNAMIQUE URBAINE PAR TELEDETECTION

La télédétection est le pilier de notre approche méthodologique au niveau communal. En effet, elle nous a permis de faire un état des lieux de 1986 à 2012 et de se rendre compte de la dynamique de l'utilisation et de l'occupation du sol, en lien avec les inondations du Touch. Cette analyse géomatique a aussi en outre donné la possibilité de mettre en avant les facteurs susceptibles d'amplifier la vulnérabilité de ces territoires et de ses habitants.

Quatre images Spot et une image Pléiade ont été sélectionnées dans l'inventaire des images disponibles. De ce fait, il a été judicieux de choisir des dates clés en relation avec le sujet traité, mais également d'opter pour des images de bonne qualité³. Les premières images spot ont fait leur apparition dès 1986 et l'image la plus ancienne concerne donc cette période. A partir de cela, une image de 1996 est sélectionnée pour avoir un point de comparaison dix ans après la première. Les deux autres images, correspondent à l'aire d'étude quelques mois après les crues de 2003 et de 2009, et pour finir la dernière de 2012, est la plus récente à ce jour.

Les images traitées de 1986 à 2012 favorisent ainsi, le suivi des processus de transition (N.MAESTRIPIERI, 2012). Elles ont des résolutions spatiales variant de 18 à 2m, ce qui nous permet de faire une analyse multi-scalaire et multi-temporelle. Plus précisément, les caractéristiques de chacune d'elles sont les suivantes :

	Mai 1986	Août 1996	Juillet 2003	Août 2009	Juillet 2012
Catégorie	Spot	Spot	Spot	Spot	Pléiade
Résolution spatiale	18m	18m	10m	5m	2m
Nombre de canaux	3 Vert, rouge, PIR	3 Vert, rouge, PIR	4 Vert, rouge, PIR, MIR	4 Vert, rouge, PIR, MIR	4 Vert, rouge, PIR, MIR
Composition colorée IRC	Rouge : 1 Vert : 3 Bleu : 2	Rouge : 1 Vert : 2 Bleu : 3	Rouge : 3 Vert : 2 Bleu : 1	Rouge : 1 Vert : 2 Bleu : 3	Rouge : 4 Vert : 2 Bleu : 3

Tableau 2 : Caractéristiques des images

³ L'atmosphère terrestre perturbant la transmission captée, il est possible d'avoir par exemple des nuages et leurs ombres portées, qui finissent par causer des confusions spectrales lors de la réalisation d'une classification.

Afin de faciliter et permettre tout traitement sophistiqué, des traitements géométriques doivent être faits.

3.1 Extraction de l'aire d'étude par un Système d'Information Géographique

Plusieurs itérations ont été réalisées avec le logiciel ArcGis et sont nécessaires aux traitements géométriques.

Il convient tout d'abord d'attribuer à chaque image le même système de projection géographique Lambert RGF 1993. Pour se faire, une extension ArcToolBox est disponible. Cette dernière est composée de plusieurs fonctions dont, la projection d'une couche.

Comme précisé précédemment, les images satellitales peuvent nécessiter des pré- traitements à cause de déformations sur la prise de vue. En ce sens, ces dernières ont en partie été rectifiées en effectuant un géoréférencement⁴ via le module « spatial analyst ». Cette opération consiste à prendre appui sur la BD ortho de la zone d'étude et de choisir avec soin au minimum quatre points de calage. (annexe p.51)

En 1986, Plaisance-du-Touch, Tournefeuille et Saint-Martin-du-Touch sont en grande partie des zones rurales dominées par des parcelles agricoles. En 2012, on assiste plutôt à un fort grignotage des zones rurales au profit de l'urbanisation. En plus de ces deux constats, les différentes résolutions spatiales ne facilitent pas le repérage des points de calage (dans notre cas, les parcelles agricoles de formes diverses ou par exemple, les cours d'eau de forme irrégulière). Par conséquent, il a fallu repérer les axes de communication, les angles bien perceptibles (de bâti ou autres). Au final, quatre points ont été sélectionnés afin d'avoir un résultat le plus correct possible.

Une étude isolée est réalisée en délimitant les trois communes et pour cela, on dispose de la couche communale en format shapefile de la BD Topo, sur laquelle on sélectionne la zone d'intérêt. Par la suite, on crée une couche avec la sélection qui servira de masque géométrique. Une fois superposé à l'image, avec le module « extraction par masque », on peut extraire la zone d'intérêt. On se retrouve donc avec un premier découpage, dont il faudra d'une part, rogner au maximum les espaces agricoles, car on s'intéresse particulièrement à la zone urbaine et d'autre part, extraire le quartier de Saint-Martin-du-Touch de Toulouse. Il est

⁴ Dont l'objectif principal est la superposition d'images

judicieux de procéder de manière rétrospective et donc de réaliser en premier lieu le masque géométrique avec l'image de 2012, pour se rendre compte de la progression de l'urbanisation depuis 1986. Cette manipulation n'est pas obligatoire mais nécessaire dans le but d'éviter, toute confusion spectrale par la suite (annexe p.51).

3.2 Réalisation d'une typologie urbaine complète par l'identification visuelle

La construction des échantillons en vue de la classification s'est faite par identification visuelle (N.MAESTRIPIERI, 2012) sur Google Earth.

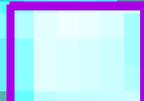
Cette application dispose d'images d'archives sur une dizaine d'années et même si chaque année n'est pas représentée, elle donne donc la possibilité de comparer globalement les images satellitaires à différentes dates. Pour faciliter l'analyse, on utilise le masque géométrique précédemment créé en le convertissant en format « kml » et on arrive ainsi, à délimiter la zone de travail (annexe p.52).

Les images à disposition ont trois ou quatre canaux (voir tableau 2) et il est possible d'avoir une multitude de compositions colorées pour chacune d'elles. Le choix des couleurs est important car sur chaque composante la quantité d'information est très différente. En voulant mettre en valeur l'urbanisation et après plusieurs tests de compositions colorées, l'InfraRouge Couleur (IRC) reste celle qui nous permet de mieux distinguer les zones urbaines, des zones rurales.

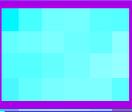
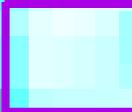
Il s'avère que le bâti est en général de couleur bleue et les nuances de celle-ci obtenues, ne sont pas suffisantes à l'identification précise de la strate urbaine. Par conséquent, la plupart des échantillons étant polychromes, il est aisément possible de percevoir l'habitat, par exemple à proximité du réseau routier ou dans un milieu végétalisé.

De manière rétrospective, on se base sur les différentes textures et couleurs présentes sur les images, pour discriminer les objets et les mettre en relation. Une fois, les zones d'égale apparence localisées, il est important de prendre appui sur les images d'archives et de pouvoir identifier chaque échantillon prélevé. Etant donné l'hétérogénéité de la strate d'urbanisation, le prélèvement d'une dizaine d'échantillons a été nécessaire afin de couvrir toute la zone d'étude. Pour chacune des images, ils sont répertoriés dans les tableaux suivants:

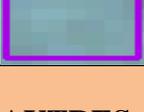
➤ Image spot de mai 1986

Classes	Couleurs	Textures	Identifications
ZONES URBANISEES			
	Turquoise/vert (rouge)	Grenu moyen	Habitat
	Turquoise (rouge)	Grenu moyen	Habitat
	Turquoise/vert (rouge)	Lisse/grenu moyen	Habitat
ZONES COMMERCIALES /INDUSTRIELLES			
	Bleu clair	Lisse	Zones commerciales
	Blanc (bleu clair)	Lisse	Zones commerciales
AUTRES			
	Bleu	Lisse	Eau profonde
	Vert foncé	Lisse	Eau turbide
	Rouge	Lisse	Végétation dense et/ou haute
	Rouge vif Rouge foncé	Lisse Linéaire	Végétation dense et/ou haute
	Turquoise	Lisse	Sol nu

➤ Image spot d'août 1996

Classes	Couleurs	Textures	Identifications
ZONES URBANISEES			
	Turquoise/rouge Bleu foncé	Grenu moyen Linéaire	Habitat ancien
	Rouge Bleu foncé	Grenu moyen Linéaire	Habitat ancien
	Turquoise/bleu foncé	Grenu fin	Habitat dense
	Turquoise (rouge)	Grenu moyen	Habitat lâche
	Turquoise (rouge)	Grenu moyen Linéaire	Habitat lâche
ZONES COMMERCIALES/INDUSTRIELLES			
	Bleu clair	Lisse	Zones commerciales
	Blanc	Lisse	Zones commerciales
AUTRES			
	Bleu foncé	Lisse	Eau profonde
	Rouge foncé	Lisse	Végétation dense et/ou haute
	Rouge vif	Lisse	Végétation dense
	Turquoise	Lisse	Sol nu
	Vert foncé	Lisse	Sol nu

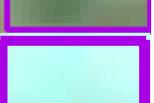
➤ Image spot de juillet 2003

Classes	Couleurs	Textures	Identifications
ZONES URBANISEES			
	Rouge/marron clair (beige)	Grenu moyen	Pavillons lâches, végétation abondante
	Marron clair/beige (rouge)	Grenu moyen	Pavillons denses, végétation abondante
	Gris (vert, rouge)	Grenu fin	Pavillons denses
	Gris Rouge (jaune)	Linéaire Grenu fin	Pavillons très denses
	Gris Jaune (rouge)	Linéaire Grenu fin	Habitat ancien
	Gris Vert clair	Linéaire	Lotissements/résidences
ZONES COMMERCIALES /INDUSTRIELLES			
	Blanc	Lisse	Zones commerciales
	Gris	Lisse	Zones commerciales
AUTRES			
	Bleu foncé	Lisse	Eau profonde
	Rouge foncé	Lisse	Végétation très dense et/ou haute
	Rouge vif	Lisse	Végétation moins dense, pelouse, jardins, terrains de sport
	Beige	Lisse	Sol nu
	Marron très pâle/beige Marron foncé	Lisse Linéaire	Sol nu

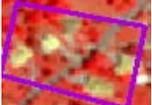
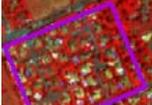
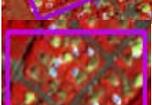
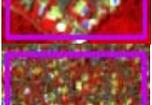
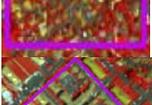
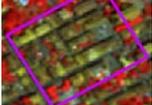
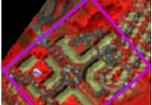
➤ Image spot d'août 2009

Classes	Couleurs	Textures	Identifications
ZONES URBANISEES			
	Rouge/vert/blanc Noir	Annulaire fin + moyen Linéaire	Pavillons lâches, végétation très abondante
	Rouge/vert/blanc (jaune)	Annulaire fin orienté	Pavillons lâches, végétation abondante
	Bleu, beige (rouge/blanc)	Linéaire	Pavillons denses
	Blanc/bleu/rouge	Linéaire	Pavillons denses
	Rouge, jaune (vert/blanc)	Grenu fin Linéaire	Pavillons denses
	Rouge (jaune) Bleu	Grenu fin Linéaire	Pavillons denses
	Jaune/rouge/blanc (bleu)	Grenu fin Linéaire	Pavillons très denses
	Vert/jaune/rouge	Linéaire	Pavillons très denses
	Vert/jaune (rouge)	Linéaire Grenu fin	Habitat ancien
	Blanc/bleu (rouge)	Linéaire	Lotissements/résidences
ZONES COMMERCIALES ET EQUIPEMENTS			
	Bleu	Lisse	Zones commerciales
	Blanc	Lisse	Zones commerciales
	Gris très clair Gris foncé	Lisse Linéaire	Zones commerciales

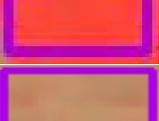
AUTRES

	Noir	Lisse	Eau profonde
	Bleu foncé	Lisse	Eau profonde
	Rouge foncé	Lisse	Végétation dense et/ou haute
	Rouge vif	Lisse	Végétation moins dense, pelouse, jardins, terrains de sport
	Vert clair/foncé	Lisse	Sol nu
	Bleu très clair	Lisse	Sol nu

➤ Image pléiade de juillet 2012

Classes	Couleurs	Textures	Identifications
ZONES URBANISEES			
	Rouge foncé/kaki	Annulaire fin + moyen	Pavillons lâches, végétation très abondante
	Rouge Kaki (jaune)	Linéaire, Annulaire gros	Pavillons lâches, végétation abondante
	Kaki/rouge/jaune	Polygonal fin Linéaire	Pavillons denses, peu de végétation
	Rouge/kaki/ jaune	Polygonal moyen Linéaire	Pavillons denses, peu de végétation
	Kaki, jaune (rouge)	Polygonal fin Linéaire	Pavillons très denses, peu de végétation
	Gris foncé, vert très clair	Bande fine	Lotissements /résidences
	Kaki/noir (jaune)	Bande fine	Habitat ancien
	Rouge/gris foncé/vert	Bande fine	Résidences, peu de végétation
	Rouge/gris foncé/vert	Bande fine	Résidences, peu de végétation
ZONES COMMERCIALES/INDUSTRIELLES			
	Blanc	Lisse	Zones commerciales
	Gris Kaki/ Blanc	Lisse Linéaire	Zones commerciales

AUTRES

	Bleu foncé	Lisse	Eau profonde
	Vert foncé	Lisse	Eau turbide
	Rouge foncé	Annulaire moyen	Végétation dense et/ou haute
	Rouge clair	Lisse	Pelouse, jardin
	Marron clair	Lisse	Sol nu
	Rouge/noir	Lisse	Sol nu

La typologie urbaine n'est pas la même, si on prend en compte d'une part, le temps et d'autre part, la résolution spatiale.

En effet, plus l'image est ancienne, plus la typologie urbaine est mince et plus la typologie rurale est complète, et vice versa. La résolution spatiale variant de 18m à 2m, est aussi un élément à ne pas négliger ; Plus les pixels sont de petites tailles, plus la résolution spatiale est de qualité et permet de établir une typologie plus fine (et inversement).

Plaisance-du-Touch, Tournefeuille et Saint-Martin-du-Touch sont des territoires à forte hétérogénéité urbaine. On recense deux types de textures pour identifier l'urbanisation: grenu et annulaire, correspondant d'une part à la présence de l'habitat (et/ou de la végétation) et d'autre part, à sa densité. Plus l'habitat sera dense et plus la texture sera fine et vice versa. L'eau, le sol nu, la végétation et les zones commerciales/industrielles, réseau routier, ont des textures plutôt lisses.

Le rapport absorption/ réflexion de tout ou partie de la couleur blanche est une autre variable à prendre en compte car il permet de déterminer la couleur de chaque élément. Leur signature spectrale diffère en fonction des images et différentes nuances de couleurs sont observées comme le précisent les tableaux ci-dessus.

Au final trois entités ont été créées, parmi lesquelles on retrouve plusieurs classes:

- Zones urbanisées

Elles concernent les résidences, les lotissements et l'habitat pavillonnaire. En InfraRouge Couleur, ces zones sont en général en bleu, mais dans notre cas la forte présence (ou pas) des deux éléments : la végétation (rouge) et/ou le réseau routier (bleu), donne des échantillons polychromes. Plus l'habitat est dense, moins ces deux variables sont visibles et vice versa.

- Zones commerciales/industrielles

Elles comprennent toutes les zones d'activités industrielles, commercial et autres équipements liés, comme les parkings et les réseaux routiers. Comme la classe précédente, le bleu mais aussi le gris sont normalement les couleurs qui représentent ces zones.

Ces deux premières entités correspondent ainsi, à toute la partie urbanisée de la zone étude.

- Autres

On y regroupe :

- l'eau, qui peut être profonde ou turbide, apparaissant respectivement noir/bleu foncé et vert foncé.

-la végétation, on parle de ripisylves, arbres, végétations ornementales, ...séparés en deux groupes :

1) végétation dense/haute, de couleur rouge foncé,

2) végétations diverses (végétation moins dense, pelouse, terrains de sport), plutôt dans les teintes rouge vive ou pâle,

-le sol nu, beige, marron ou même vert très pâle.

Cette dernière entité représente en quelque sorte, les zones rurales. En fonction de la phénologie, ces éléments environnementaux ont des couleurs très variantes. Les images sélectionnées concernent uniquement deux saisons, le printemps et l'été (les arbres ne perdent pas leurs feuilles, pas de couvert neigeux...), ce qui simplifie l'analyse. En effet, cela donne la possibilité d'avoir les mêmes points de comparaison.

Le tableau de parcelles d'apprentissage a fait ressortir l'hétérogénéité de ce site et de fait, les multiples confusions spectrales attendues, dues à l'insertion de l'urbanisation au sein d'un paysage parfois très végétalisé.

3.3 Classification supervisée des images Spot et Pléiade

Elle a pour but de faire une représentation de la distribution spatiale et de l'organisation des objets (M-C GIRARD, C M.GIRARD, 2010) d'un territoire donné et elle est le meilleur traitement applicable aux changements d'occupation et d'utilisation du sol.

Les traitements de classification mono-date des cinq images satellitaires sont faits sur la base des échantillons prélevés précédemment. Ils donnent la possibilité de dresser un état régulier quantitatif et qualitatif de l'occupation du sol (G.SELLERON, 2013).

A cinq stades d'évolution, la classification supervisée permet aussi, de regrouper les signatures spectrales proches et de mettre en exergue, les facteurs influant de tout ou partie sur le phénomène d'inondation.

La classification des images de 1986, 1996, 2003 et 2009, a été réalisée avec le logiciel Monteverdi (annexe). La sélection des parcelles d'apprentissage précédemment prélevées a été faite avec des polygones de petites tailles et en fonction des images, chaque classe est représentée en respectant les chartes de couleurs.

Concernant l'image de 2012, il a fallu effectuer le traitement sur ArcGis, car Monteverdi avait des difficultés à la traiter peut-être, parce qu'il s'agit d'une image pléiade et que la classification demeurait trop lourde. Le principe était un peu différent ; il a été nécessaire de créer une couche shapefile (format polygone) et de créer avec cette dernière des signatures. Celles-ci sont à leur tour utilisées pour la classification encore appelée « Maximum likelihood classification » dans le menu « spatial analyst » (annexe).

Pour un souci de compatibilité entre les deux logiciels, il a fallu transformer les images classées en raster via l'extension « copier un raster » via « gestion de données » et ensuite, les convertir en vecteur sur ArcGis, pour valider la transformation de l'image brute en carte thématique.

Par la suite, il a été primordial de procéder à un ajustement affine car réaliser des traitements sur plus d'un logiciel (ayant des fonctionnalités différentes) simultanément, modifie les prétraitements réalisés précédemment. En effet, réajustement les couches vectorielles permettait de retrouver le système de projection d'origine et d'avoir les bonnes coordonnées pour toutes les images. Cette étape est très importante, car elle donne la possibilité de valider les classifications.

4) RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 Analyse des résultats qualitatifs de la dynamique urbaine

Avant de faire une classification, il est possible de se rendre compte du changement d'occupation du sol en effectuant un traitement multi-date avec le module « change detection » de Monteverdi. Il s'agit de superposer deux images différentes et de pouvoir apercevoir les changements d'occupation du sol.

Les figures proposées ci-dessous précisent les zones changées et inchangées de Saint-Martin-du-Touch, Tournefeuille et Plaisance-du-Touch de 1986 à 2009⁵. On remarque ainsi, que les changements les plus significatifs concernent le passage de sol nu à l'urbanisation et le passage d'eau turbide à la végétation, qui s'opèrent de 1986 à 1996. La Ramée est aussi un élément changeant qui apparaît de 1986 à 2009, il s'agit très probablement de la profondeur d'eau qui varie d'une image à l'autre.

⁵ Les images de 2003 et 2012 n'ont pas été incluses par manque de lisibilité

Figure 3 : Les changements d'occupation du sol 1986-1996

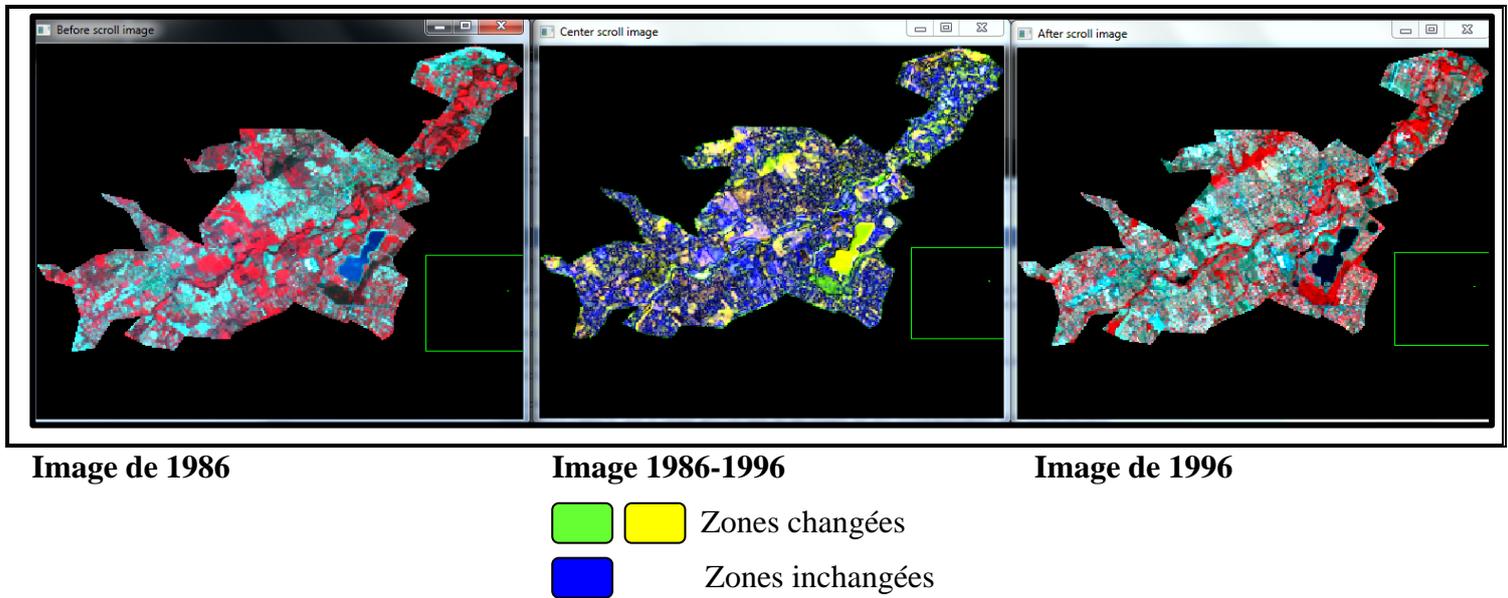
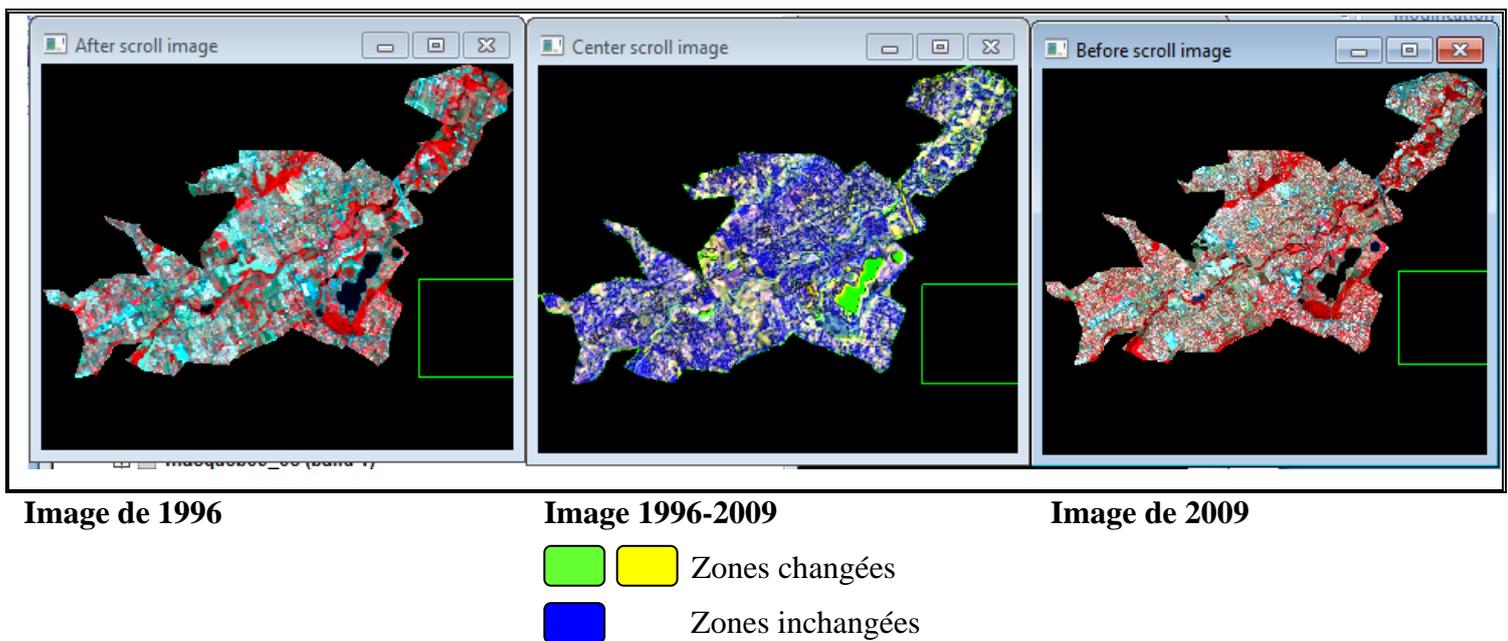


Figure 4 : Les changements d'occupation du sol 1996-2009

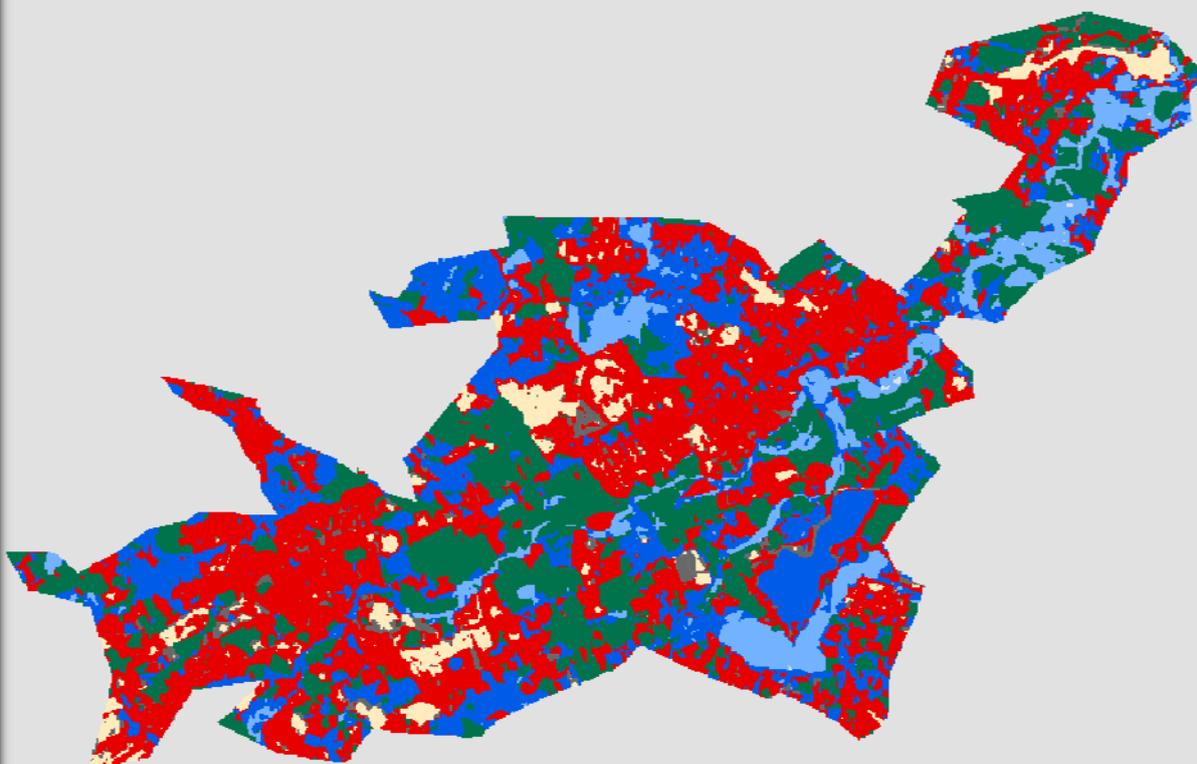


Les cartes ci-après, exposent le résultat qualitatif des cinq classifications supervisées réalisées. On peut globalement au fil du temps, observer l'extension urbaine des communes, de part et d'autres de l'habitat ancien déjà existants, et donc, distinguer la prédominance de l'aire urbaine sur les sols nus et la végétation. Ce constat s'affirme par la typologie urbaine établie dès 2003 et fait apparaître une palette de couleurs plus importante.

De 1986 à 1996, on assiste déjà à une disparité de l'eau turbide et de la végétation, respectivement au profit de la végétation et de l'urbanisation, comme l'ont précisées les figures précédentes (3 et 4). Les classifications correspondantes (Cartes suivantes : 5 à 9), demeurent moins fines, et ce constat résulte en grande partie de la résolution spatiale des images. A partir de 2003, la situation est tout autre, et à mesure que la population augmente, les zones urbaines se précisent (N.MAESTRIPIERI, 2012). Les parcelles de sol nu sont beaucoup moins représentées, la zone urbaine s'est développée au point d'occuper environ 88% du territoire⁶. Les lotissements et résidences ont vu le jour et même si la conciliation entre la nature et l'urbanisation est de rigueur, la forte densité de la ripisylve, au niveau de la Ramée est brièvement marquée par le tracé du Touch. Nombre d'équipements et autres zones commerciales/ industrielles ont été mis en place notamment les terrains de sport et le développement du réseau routier.

⁶ Et seulement 36% en 1986 et 50% en 1996

Carte de l'occupation du sol en 1986



Légende

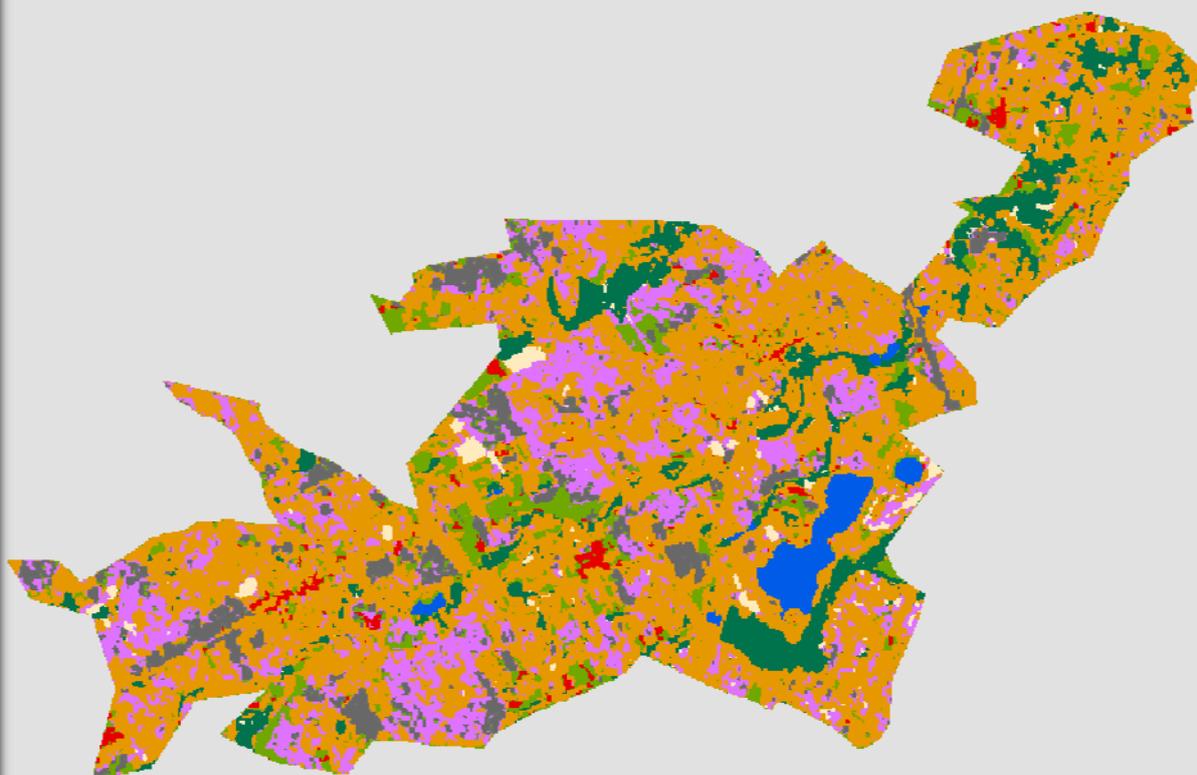
-  Sol nu
-  Végétation dense/haute
-  Eau profonde
-  Eau turbide
-  Zones commerciales/industrielles, réseau routier
-  Habitat

Classes	Surface en hectares
Sol nu	711
Végétation dense/haute	3 347
Eau profonde	3 088
Eau turbide	1 069
Zones commerciales/industrielles, réseau routier	518
Habitat	5 002
Total	13 736

0 465 930 1 860
Meters

Carte 5 : Occupation du sol en 1986

Carte de l'occupation du sol en 1996



Légende

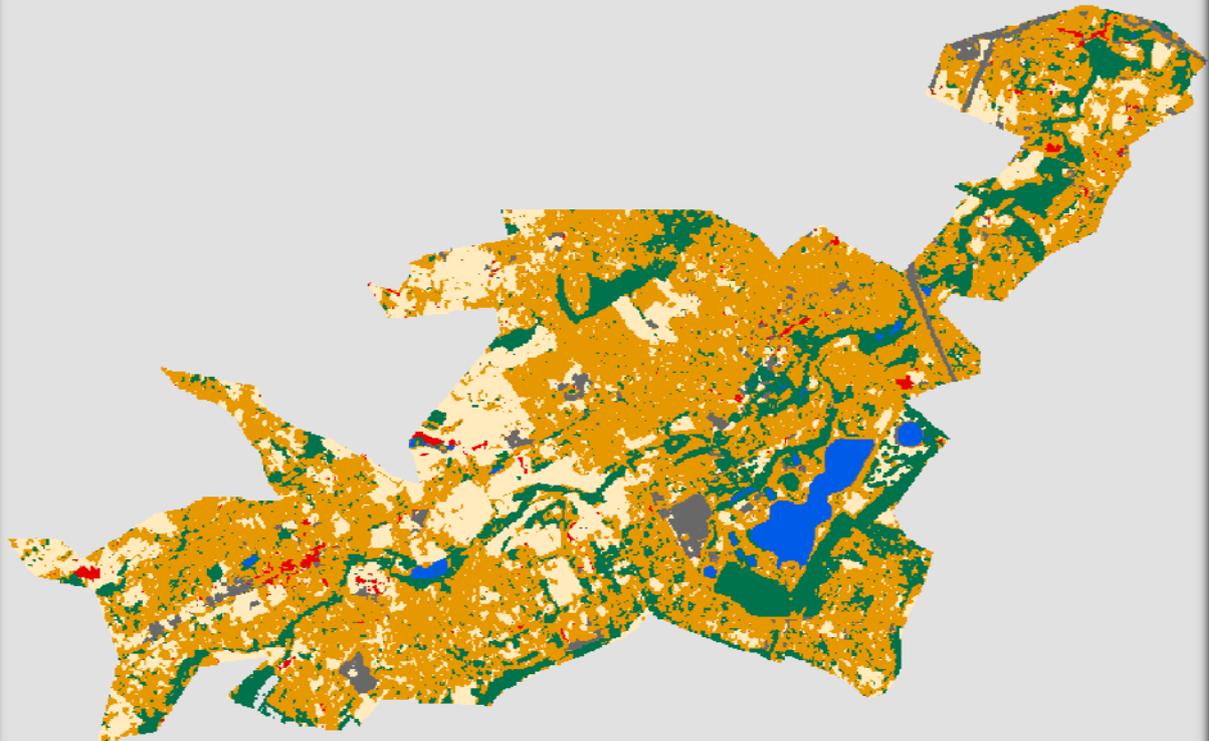
- Sol nu
- Végétation dense/haute
- Végétations diverses
- Eau profonde
- Zones commerciales, industrielles, réseau routier
- Habitat
- Habitat dense
- Habitat très dense

Classes	Surface en hectares
Sol nu	690
Végétation dense/haute	959
Végétation diverse	3 425
Eau profonde	43
Zones commerciales/industrielles, réseau routier	1 693
Habitat ancien	736
Habitat pavillonnaire dense	4 331
Habitat pavillonnaire très dense	1 851
Total	13 728

0 462,5 925 1 850
Meters

Carte 6 : Occupation du sol en 1996

Carte de l'occupation du sol en 2003



Légende

-  Sol nu
-  Végétation dense/haute
-  Eau profonde
-  Zones commerciales/industrielles, réseau routier
-  Habitat ancien
-  Habitat pavillonnaire dense

Classes	Surface en hectares
Sol nu	303
Végétation dense/haute	1 020
Eau profonde	320
Zones commerciales/industrielles, réseau routier	652
Habitat ancien	247
Habitat pavillonnaire dense	11 194
Total	13 728

0 465 930 1 860
Meters

Carte 7 : Occupation du sol en 2003

Carte de l'occupation du sol en 2009



Légende

- Sol nu
- Végétation dense
- végétations diverses
- Eau profonde
- Zones commerciales/industrielles, réseau routier
- Habitat ancien
- Habitat pavillonnaire lâche
- Habitat pavillonnaire dense
- Habitat pavillonnaire très dense
- Lotissements, résidences

Classes	Surface en hectares
Sol nu	238
Végétation dense/haute	1 122
Végétation diverse	202
Eau profonde	337
Zones commerciales/industrielles, réseau routier	887
Habitat ancien	474
Habitat pavillonnaire lâche	2 776
Habitat pavillonnaire dense	3 088
Habitat pavillonnaire très dense	3 401
Lotissements/résidences	752
Total	13 277

0 465 930 1 860
Meters

Carte 8 : Occupation du sol en 2009

Carte de l'occupation du sol en 2012



Légende

- Sol nu
- Végétation dense/haute
- Végétations diverses
- Eau profonde
- Zones commerciales/industrielles, réseau routier
- Habitat ancien
- Habitat pavillonnaire lâche
- Habitat pavillonnaire dense
- Habitat pavillonnaire très dense
- Lotissements/résidences

Classes	Surface en hectares
Sol nu	1 249
Végétation dense/haute	1 569
Végétation diverse	1 254
Eau profonde	186
Zones commerciales/industrielles, réseau routier	1 003
Habitat ancien	1 478
Habitat pavillonnaire lâche	546
Habitat pavillonnaire dense	2 547
Habitat pavillonnaire très dense	2 227
Lotissements/résidences	1 219
Total	13 278

0 455 910 1 820
Meters

Carte 9 : Occupation du sol en 2012

4.2 Analyse des résultats quantitatifs des classifications supervisées

Même si la dynamique urbaine apparaît clairement, on ne peut pas affirmer que les résultats sont complètement justes. En effet, les confusions entre les sols nus et le milieu urbain ne sont pas négligeables. On peut déjà s'en rendre compte en analysant les matrices de confusions résultant des classifications réalisées.

Elles font apparaître en diagonale, le pourcentage d'exactitude et dans les autres cases, le pourcentage d'erreurs commis⁷ entre les différentes classes (voir annexes). L'indice de kappa associé est un autre indicateur de validation et dans notre cas, ce dernier est toujours supérieur à 70%, mais plus les images sont récentes et plus l'indice a tendance à diminuer ; ce qui témoigne de la complexité à distinguer le bâti mais surtout de prélever avec le moins d'erreurs possibles les parcelles d'apprentissage.

Des données chiffrées plus détaillées ont été obtenues en calculant dans la table attributaire (sur ArcGis) la surface de chaque classe établie (en hectares) pour chaque image et de l'exporter. Par la suite on réalise des tableaux croisés dynamiques afin de regrouper et on obtient le tableau suivant⁸ :

⁷ Confusions spectrales notamment

⁸ Il n'a pas été possible de distinguer plusieurs types d'habitat

	1986	1996	2003	2009	2012
Sol nu	711	690	303	349	1 249
Végétation dense/haute	3 347	959	1 020	1 239	1 569
Végétation diverse		3 425	0	162	1 254
Eau profonde	3 088	43	320	255	186
Eau turbide	1 069	0	0	0	0
Zones commerciales, industrielles/réseau routier	518	1 693	652	668	1 003
Habitat	5 002	0	0	0	
Habitat ancien		736	247	558	1 478
Habitat pavillonnaire lâche	0	0	0	32	546
Habitat pavillonnaire dense	0	4 331	2 996	2 684	2 547
Habitat pavillonnaire très dense	0	1 851	6 133	7 189	2 227
Lotissement/résidence	0		2 065	472	1 219
Total	13 736	13 728	13 736	13 611	13 600

Tableau 3 : Surface des classes (en ha)

Le tableau reflète bien le constat de départ. Par exemple en 1986, on se retrouve déjà avec 5 002 hectares de zone urbaine contre 711 hectares de sol (avec une différence d'à peine 2000 hectares de constructions par rapport à 1996). Cela paraît invraisemblable mais des facteurs explicatifs tels que les matériaux de construction (terre cuite) permettent de comprendre la part d'erreurs. De 1996, la végétation tend à se diversifier et on différencie les terrains de sport, les pelouses, la végétation moins dense et/ou moins haute (parfois ornementale) de la végétation dense et haute. Malgré les incohérences, la zone urbaine progresse à partir de 1996 avec une prédominance de l'habitat pavillonnaire dense et très dense.

D'année en année, le milieu rural et le milieu urbain s'entremêlent au point que celui-ci finisse par consommer davantage d'hectares comme le présente les graphiques suivants :

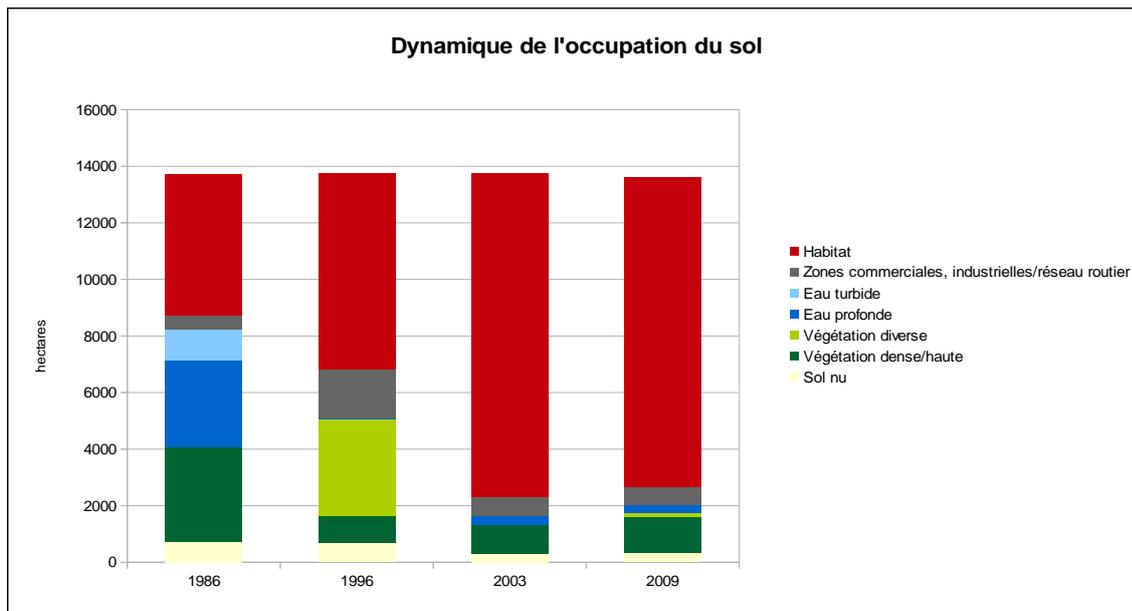


Figure 5 : Dynamique de l'occupation du sol de 1986 à 2012

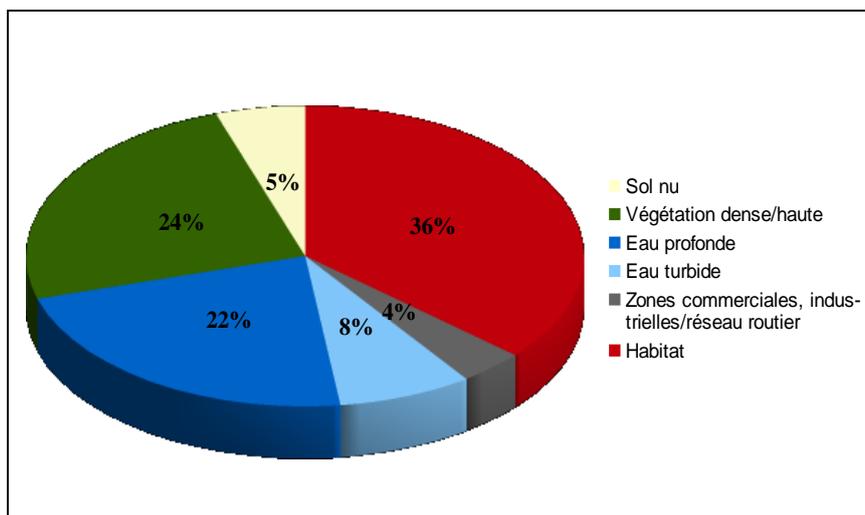


Figure 6: Part de l'occupation du sol en 1986

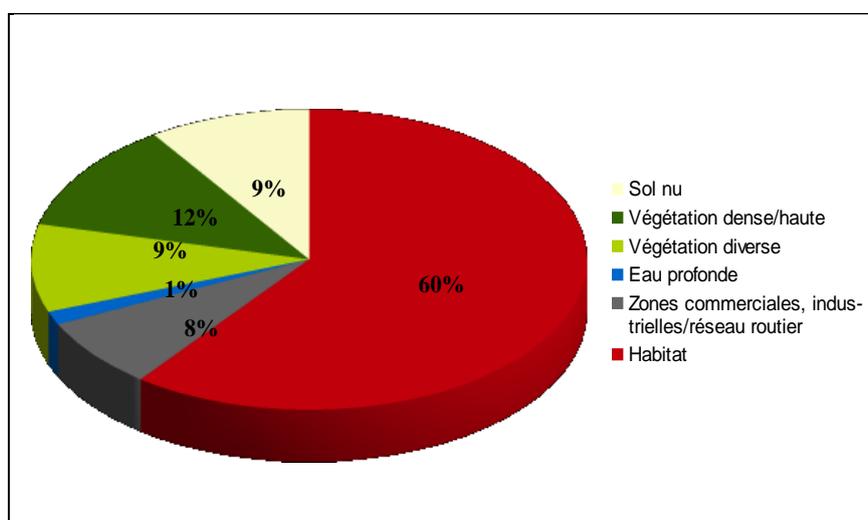


Figure 7: Part de l'occupation du sol en 2012

CONCLUSION

Les aménagements pour les activités humaines contribuent au recul des terres agricoles et des milieux naturels. Depuis fort longtemps, les problèmes environnementaux qui en résultent, alertent divers acteurs, qui se sont mobilisés, dans le but de faire émerger de nouveaux enjeux, afin de mieux appréhender les risques qui en découlent et de mieux gérer l'urbanisation, en prenant les dispositions nécessaires.

Ces éléments énumérés reflètent bien la situation de Plaisance-du-Touch, Tournefeuille et Saint-Martin du Touch, qui jusque vers 1950 étaient encore des zones particulièrement rurales où se dressaient majoritairement quelques noyaux villageois. La forte pression démographique exercée sur Toulouse, a engendré l'étendue de son attractivité sur les communes avoisinantes, en favorisant plusieurs activités anthropiques telles que les activités de loisirs, d'endiguements, de prélèvement des eaux, immobilières, ...

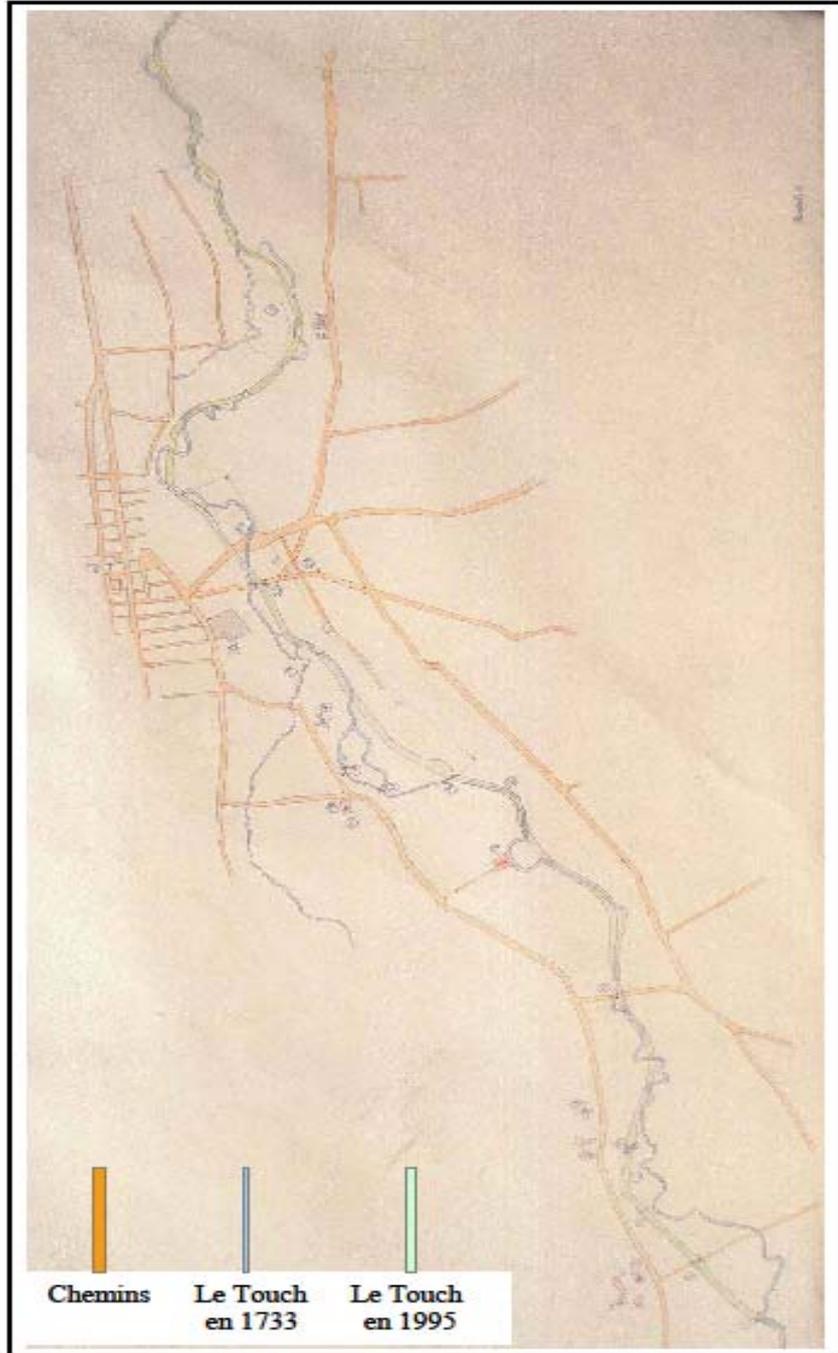
Les conséquences de cette évolution de l'occupation et de l'utilisation du sol est sans précédent. On assiste ainsi, à un grignotage progressif voir brutal des parcelles agricoles au détriment des zones urbanisées. Il en résulte même, une tendance à rogner de plus en plus sur les zones inondables.

En somme, la télédétection et les Systèmes d'Information Géographiques sont des outils permettant de traduire ces dynamiques territoriales et peuvent être une aide à la décision, particulièrement vis-à-vis des politiques, pour mieux gérer les risques naturels et de ce pas, privilégier les occupations du sol les plus appropriées. Les différentes méthodes utilisées tout au long de cette étude, mettent donc, en exergue l'influence humaine sur le régime des eaux au fil du temps, mais comporte néanmoins quelques limites et il reste difficile de la spatialiser (M.PAEGELOW, N.MAESTRIPIERI, 2012).

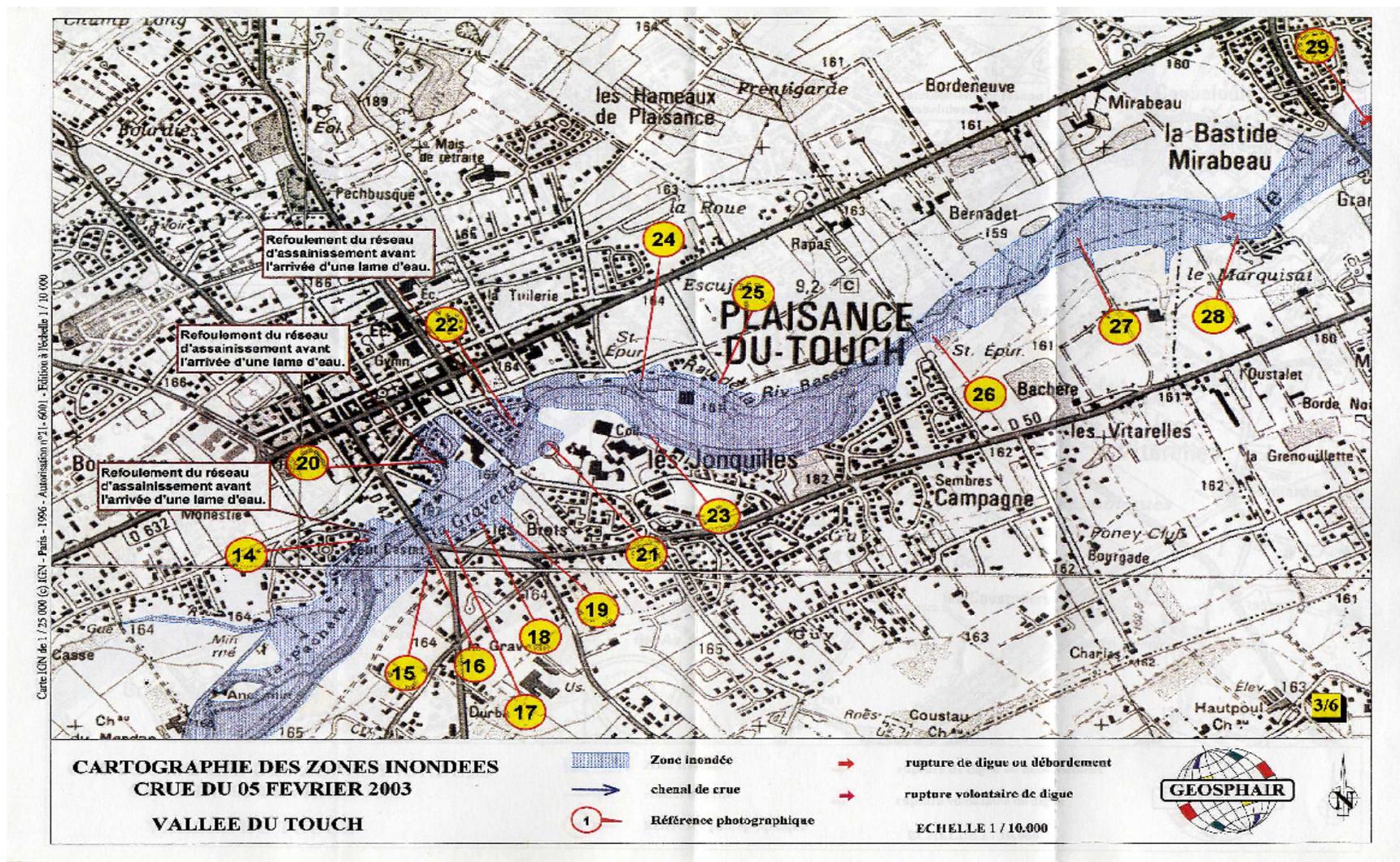
D'une part, les conditions météorologiques empêchent donc une possible transmission de données durant les inondations et ne permettent pas d'obtenir des images « clés » qui auraient pu s'avérer utiles par la suite. D'autre part, les deux logiciels utilisés, Monteverdi et ArcGis ont des fonctionnalités donnant la possibilité de faire le suivi de changement et d'occupation du sol mais, ne donnent pas la possibilité de mesurer la vulnérabilité structurelle aux inondations (G.SELLERON, 2013).

ANNEXES

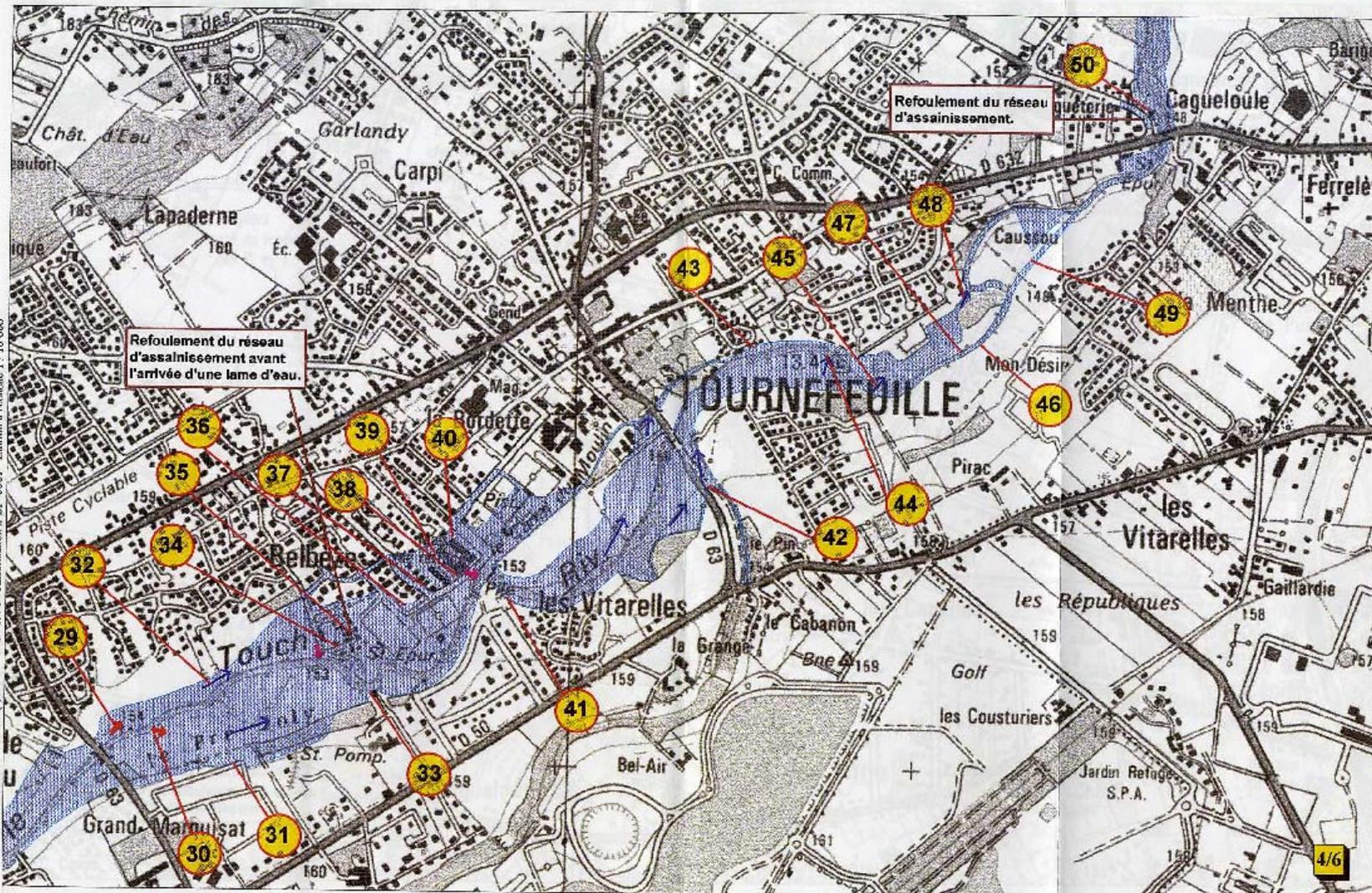
Annexe 1 : Plan montage du Touch (source : *siah-du-touch.org*)



Annexe 2 : cartes des zones inondées, crue de février 2003 (fournies par Gilles SELLERON, source : Geosphair)



Carte IGN de 1/25 000 (c) IGN - Paris - 1996 - Autorisation n°21-6001 - Edition à l'échelle 1/10 000



CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDEES
CRUE DU 05 FEVRIER 2003
VALLÉE DU TOUCH

- Zone inondée
- chenal de crue
- Référence photographique
- rupture de digue ou débordement
- rupture volontaire de digue

GEOSPHAIR

ECHELLE 1/10.000

Carte IGN de 1/25 000 (© IGN - Paris - 1996 - Autorisation 021-6001 - Edition à l'échelle 1/10 000



**CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDEES
CRUE DU 05 FEVRIER 2003**

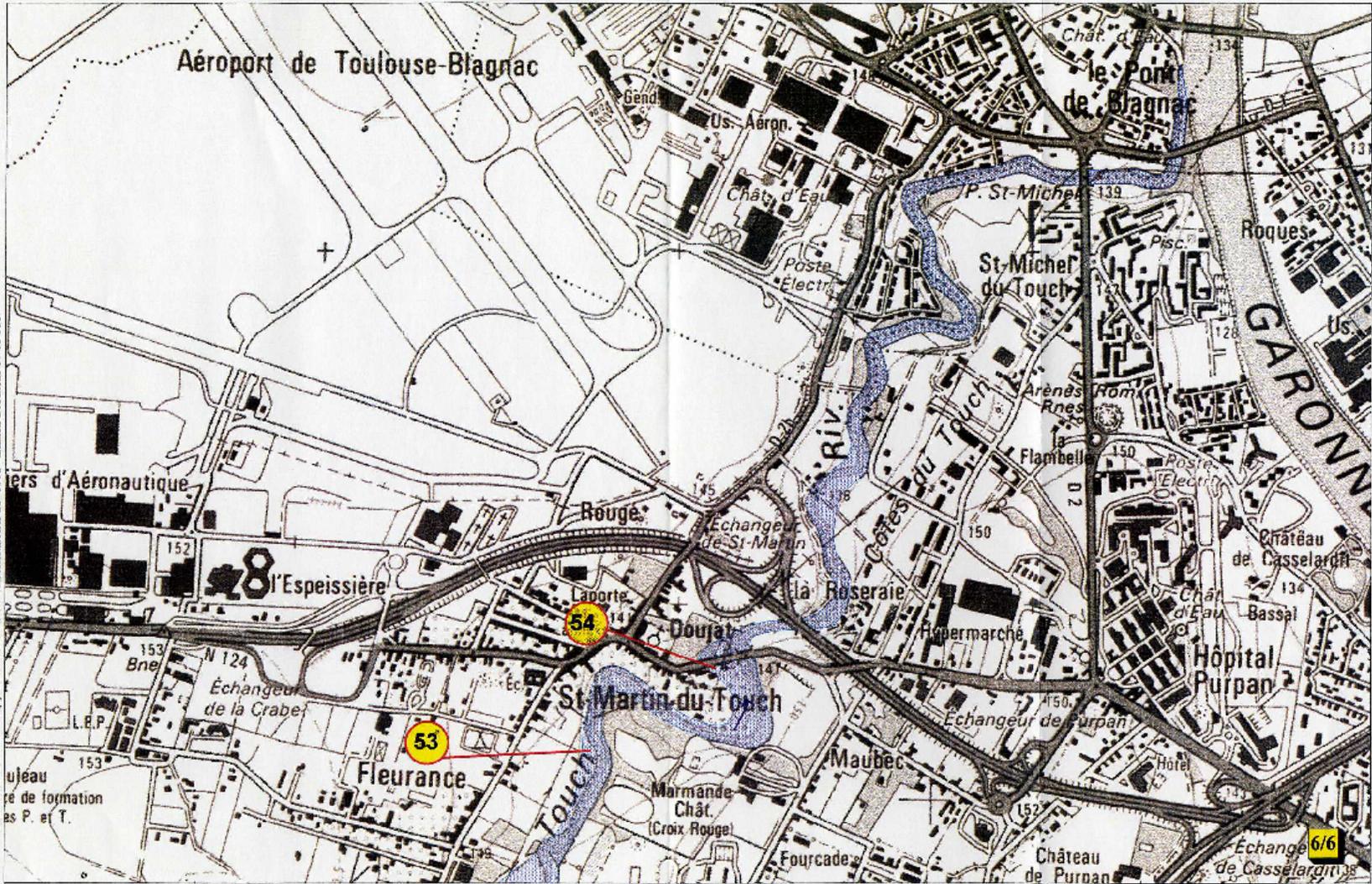
VALLEE DU TOUCH

- Zone inondée
- chenal de crue
- Référence photographique
- rupture de digue ou débordement
- rupture volontaire de digue

ECHELLE 1 / 10.000



Carte IGN de 1/25 000 (c) IGN - Paris - 1996 - Anticipation n°21-0001 - Edition à l'échelle 1/10 000



CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDEES
CRUE DU 05 FEVRIER 2003
VALLEE DU TOUCH

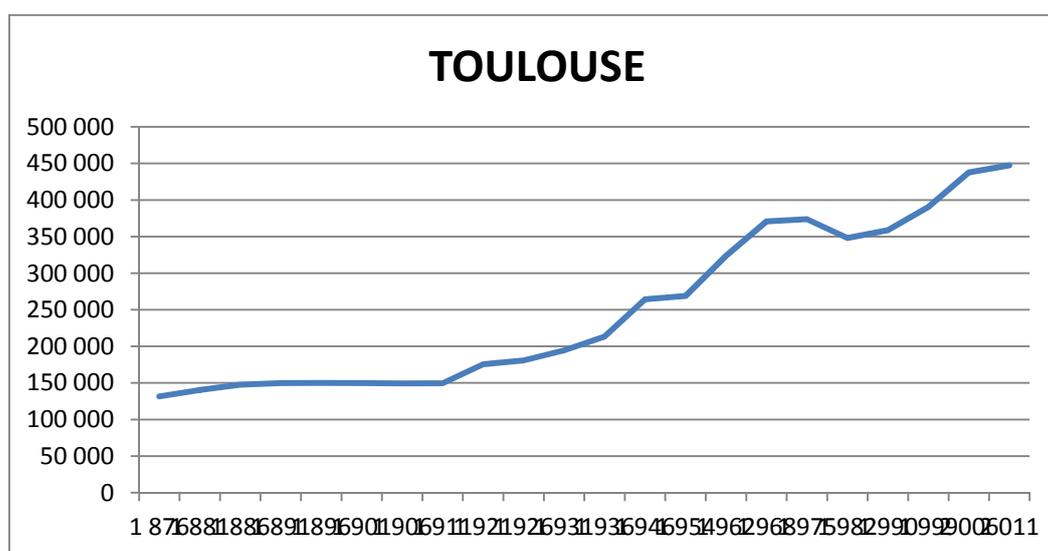
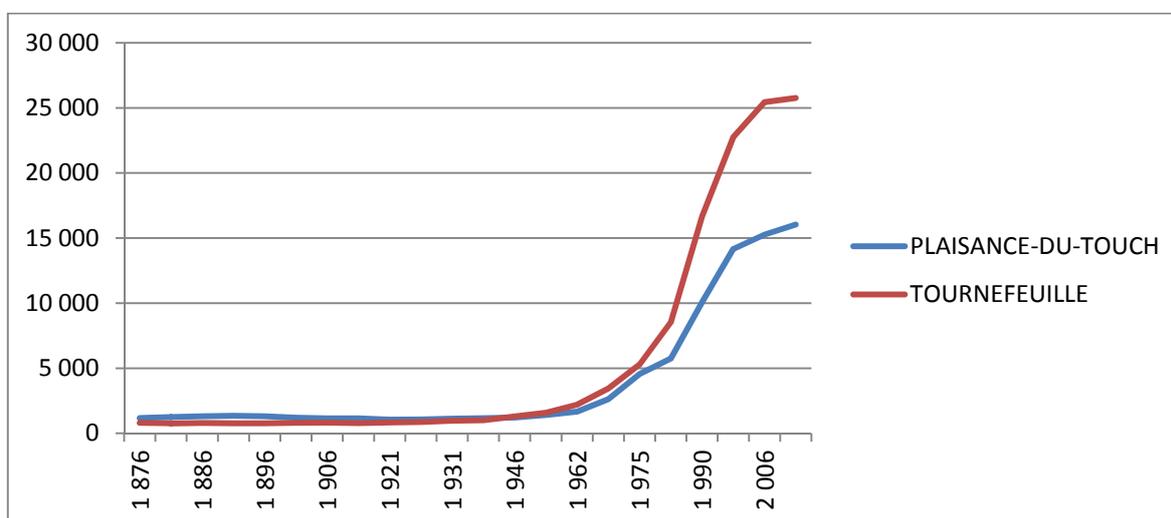
- Zone inondée
 - chenal de crue
 - Référence photographique
 - rupture de digue ou débordement
 - rupture volontaire de digue
- ECHELLE 1 / 10.000



Annexe 3 : Evolution du nombre d'habitants par commune de 1876 à 2011

(Tableau + graphiques) (données source : INSEE)

	1876	1881	1886	1891	1896	1901	1906	1911	1921	1926	1931
PLAISANCE-DU-TOUCH	1 166	1 248	1 308	1 346	1 311	1 203	1 149	1 156	1 054	1 069	1 130
TOURNEFEUILLE	799	761	791	775	771	808	824	785	829	864	972
TOULOUSE	131 642	140 289	147 617	149 791	149 963	149 841	149 438	149 576	175 434	180 771	194 564
	1936	1946	1954	1962	1968	1975	1982	1990	1999	2006	2011
PLAISANCE-DU-TOUCH	1 165	1 214	1 412	1 671	2 622	4 560	5 753	10 075	14 164	15 265	16 039
TOURNEFEUILLE	999	1 295	1 577	2 209	3 438	5 291	8 541	16 669	22 758	25 444	25 763
TOULOUSE	213 220	264 411	268 863	323 724	370 796	373 796	347 995	358 688	390 350	437 715	447 340



Annexe 4 : Population active de 15 ans ou plus ayant un emploi par sexe, lieu de travail (géographie urbaine) et moyen de transport (source : INSEE)

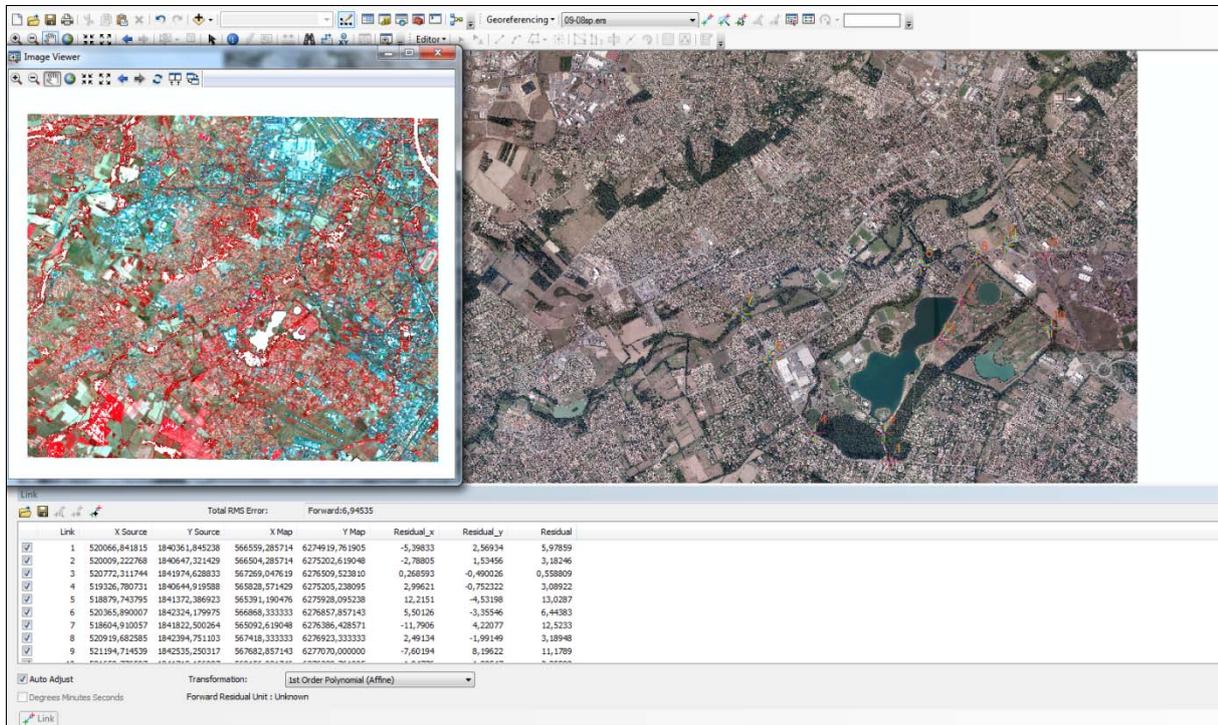
Tournefeuille

Moyen de transport	Réside dans une commune urbaine et travaille dans la même commune	Réside dans une commune urbaine et travaille dans une autre commune de la même unité urbaine de résidence	Réside dans une commune urbaine et travaille en dehors de l'unité urbaine de résidence	Ensemble
Pas de transport	202	12	3	217
Marche à pied	217	33	0	250
Deux roues	144	479	10	634
Voiture. camion. fourgonnette	1 463	8 346	415	10 223
Transports en commun	143	627	58	828
Ensemble	2 169	9 497	486	12 152

Plaisance-du-Touch

Moyen de transport	Réside dans une commune urbaine et travaille dans la même commune	Réside dans une commune urbaine et travaille dans une autre commune de la même unité urbaine de résidence	Réside dans une commune urbaine et travaille en dehors de l'unité urbaine de résidence	Ensemble
Pas de transport	139	4	7	149
Marche à pied	133	23	4	160
Deux roues	64	234	15	313
Voiture. camion. fourgonnette	904	5428	357	6689
Transports en commun	45	299	25	369
Ensemble	1286	5988	408	7681

Annexe 5 : Géoréférencement



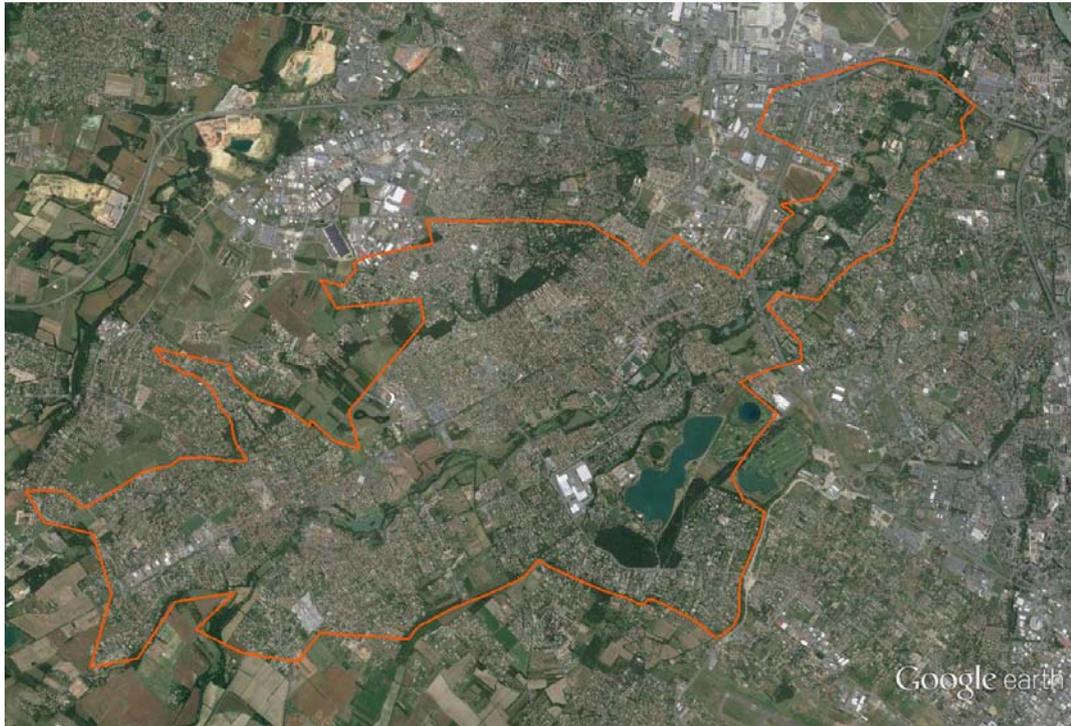
Annexe 6 : Masque géométrique



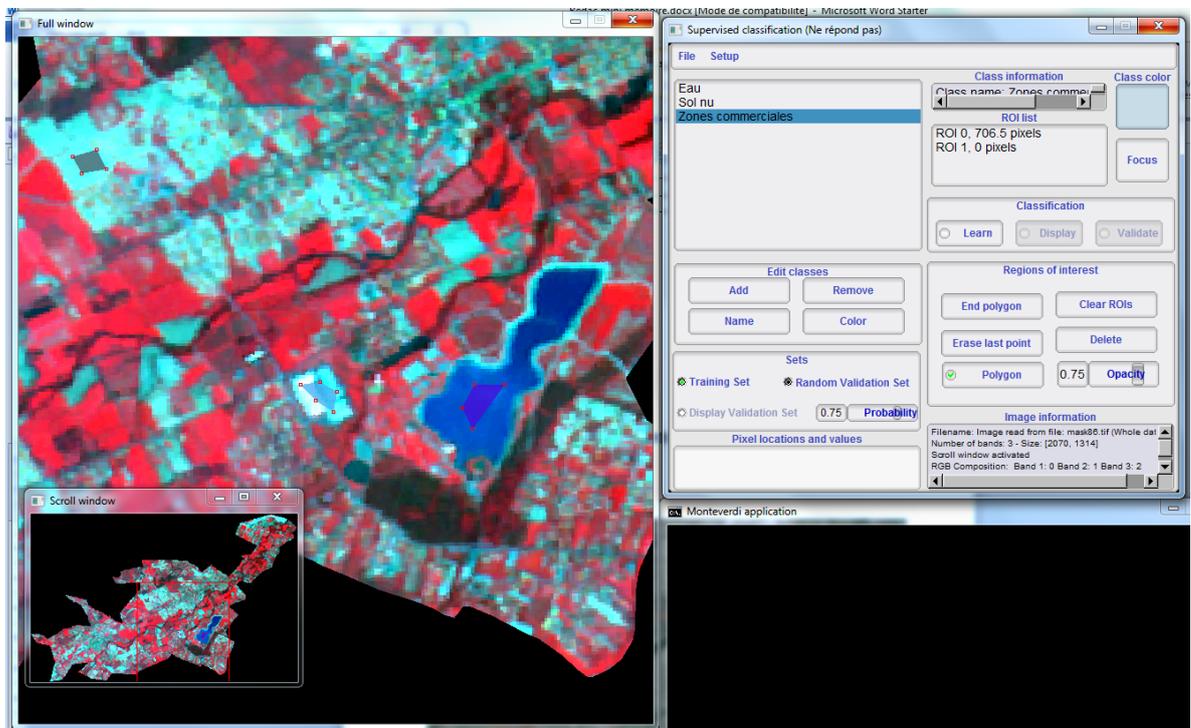
Avant

Après

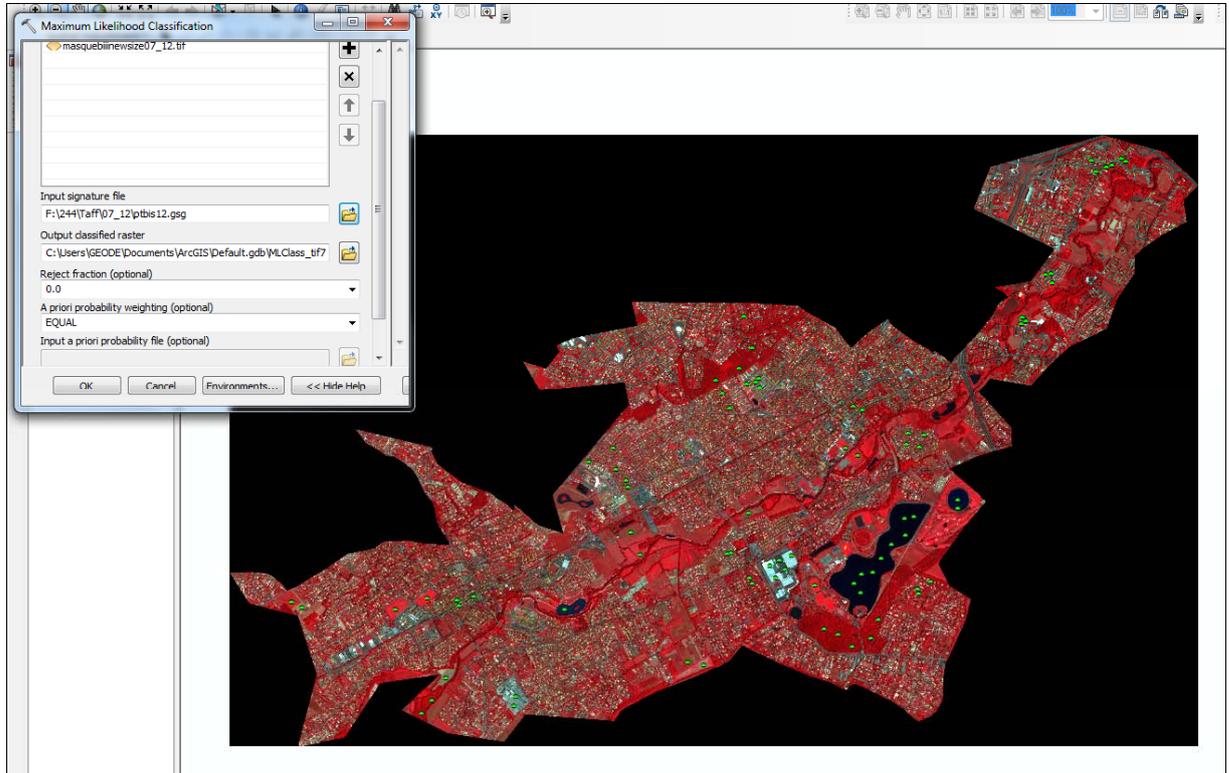
Annexe 7 : Superposition masque géométrique/google earth



Annexe 8 : Classification supervisée sur Monteverdi



Annexe 9 : Classification supervisée sur ArcGis



Annexe 5 : matrices de confusions

Image de 1986

Confusion matrix								
	Sol nu	Végétation ha	Végétation mc	Eau profonde	Eau turbide	Zones comme	Habitat	Sum
Sol nu	31 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	31
Végétation ha	0 (0.00%)	28 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	28
Végétation mc	0 (0.00%)	0 (0.00%)	10 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	10
Eau profonde	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	44 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	44
Eau turbide	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	8 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	8
Zones comme	9 (29.03%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	11 (55.00%)	0 (0.00%)	20
Habitat	1 (3.23%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	1 (5.00%)	42 (95.45%)	44
Sum	41	28	10	44	8	12	42	

Accuracy	
Kappa	0.9273
Overall Accuracy	0.9405

Image de 1996

Confusion matrix								
	Sol nu	Végétation ha	Végétations d	Eau profonde	Zones comme	Centre-ville	Habitat	Sum
Sol nu	33 (91.67%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	3 (2.70%)	36
Végétation ha	0 (0.00%)	32 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	32
Végétations d	0 (0.00%)	0 (0.00%)	21 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	21
Eau profonde	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	49 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	49
Zones comme	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	25 (83.33%)	0 (0.00%)	5 (4.50%)	30
Centre-ville	5 (13.89%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	5
Habitat	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4 (13.33%)	0 (0.00%)	107 (96.40%)	111
Sum	38	32	21	49	29	0	115	

Accuracy	
Kappa	0.9219
Overall Accuracy	0.9401

Image de 2003

Confusion matrix

	Sol nu	Végétation de	Végétations d	Eau profonde	Zones comme	Centre ville	Pavillonnaire	Pavillonnaire	Pavillonnaire	Residences	Sum
Sol nu	82 (93.18%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	6 (4.11%)	0 (0.00%)	88
Végétation de	0 (0.00%)	89 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	89
Végétations d	0 (0.00%)	0 (0.00%)	24 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	24
Eau profonde	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	117 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	117
Zones comme	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	115 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	115
Centre ville	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	10 (90.91%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	1 (0.68%)	0 (0.00%)	11
Pavillonnaire	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	53 (60.92%)	2 (3.70%)	32 (21.92%)	0 (0.00%)	87
Pavillonnaire	1 (1.14%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	36 (66.67%)	17 (11.64%)	0 (0.00%)	54
Pavillonnaire	1 (1.14%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	1 (9.09%)	17 (19.54%)	15 (27.78%)	112 (76.71%)	0 (0.00%)	146
Residences	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	2 (1.74%)	1 (9.09%)	1 (1.15%)	6 (11.11%)	1 (0.68%)	1 (8.33%)	12
Sum	84	89	24	117	117	12	71	59	169	1	

Accuracy

Kappa	0.8373
Overall Accuracy	0.8600

Image de 2009

Confusion matrix

	Sol nu	Végétation de	Végétations d	Eau profonde	Zones comme	Centre ville	Pavillonnaire	Pavillonnaire	Pavillonnaire	Lotissements	Residences	Sum
Sol nu	152 (98.70%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	2 (0.27%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	154
Végétation de	0 (0.00%)	350 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	350
Végétations d	0 (0.00%)	0 (0.00%)	88 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	88
Eau profonde	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	514 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	514
Zones comme	9 (5.84%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	704 (93.49%)	35 (36.84%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4 (5.26%)	1 (1.20%)	753
Centre ville	11 (7.14%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	9 (1.20%)	67 (70.53%)	1 (0.47%)	0 (0.00%)	7 (2.51%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	95
Pavillonnaire	1 (0.65%)	2 (0.57%)	1 (1.14%)	0 (0.00%)	1 (0.13%)	1 (1.05%)	152 (70.70%)	13 (10.08%)	42 (15.05%)	1 (1.32%)	1 (1.20%)	215
Pavillonnaire	3 (1.95%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	7 (0.93%)	0 (0.00%)	25 (11.63%)	66 (51.16%)	13 (4.66%)	3 (3.95%)	12 (14.46%)	129
Pavillonnaire	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	2 (0.27%)	3 (3.16%)	61 (37.67%)	15 (11.63%)	178 (63.80%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	279
Lotissements	11 (7.14%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	7 (0.93%)	0 (0.00%)	2 (0.93%)	3 (2.33%)	0 (0.00%)	43 (56.58%)	10 (12.05%)	76
Residences	17 (11.04%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	15 (1.99%)	1 (1.05%)	2 (0.93%)	19 (14.73%)	0 (0.00%)	11 (14.47%)	18 (21.69%)	83
Sum	204	352	89	514	747	107	263	116	240	62	42	

Accuracy

Kappa	0.8256
Overall Accuracy	0.8523

BIBLIOGRAPHIE

ARPE, Agence de l'eau Adour Garonne, 1998, Guides pratiques à l'attention des élus : L'eau en Midi-Pyrénées

GIRARD Michel- Claude, M.GIRARD Colette, 2004 Traitements des données de télédétection, « Environnement et ressources naturelles, Edition Dunod

HOUET Thomas et GOURMELON Françoise, 2014, La géoprospective – Apport de la dimension spatiale aux démarches prospectives, Cybergéo : European Journal of Geography

HUTFER Magali, 2002, Le risque d'inondation et sa gestion dans la basse vallée du Touch : L'exemple des communes de Lamasquère, Fonsorbes et Plaisance du Touch,

INRA, Ministère de l'agriculture et de la pêche, 1999, Activités rurales et inondations « Connaissances et bonnes pratiques », Coordination Y.NEDELEC, Editions Cemagref

IZAMBART Géraldine, 15 juin 2011, Retour d'expérience et vulnérabilité « L'apport de la pratique de retour d'expérience pour comprendre la vulnérabilité face aux inondations »

MAESTRIPIERI Nicolas ,2012 Thèse « Dynamiques spatio-temporelles des plantations forestières industrielles dans le sud chilien. De l'analyse diachronique à la modélisation prospective »

PAEGELOW Martin, MAESTRIPIERI Nicolas, SUAEZ VILLALOBOS Nicolas, TORO BALBONTIN Dario, 2012, Détection des plantations forestières par imagerie satellite MODIS dans le sud du Chili

PERIERA TENEDORIO José Antonio, Novembre 1998, Thèse « Télédétection en milieu périurbain »

SELLERON Gilles, octobre 2013, The contribution of spatial Images in the Prevention of Natural Flood and its Effects on Human Societies, Vol.2, N°9

STEINBERG Jean, 2004 Cartographie, Télédétection, SIG, Edition Sedes

La vie rurale, c'est pas de la science-fiction « Ateliers territoires 2040 », Pays Portes de Gascogne, Pays Bourian, PNR des Causses du Quercy, Pays Midi-Quercy, 2014

SITOGRAPHIE

developpement-durable.gouv.fr

vigicrues.gouv.fr/

siah-du-touch.org

plaisancedutouch.fr

mairie-tournefeuille.fr