



Observatoire partenarial
des Pyrénées-Atlantiques

Les Cahiers méthodologiques

#1 | Mars 2014

L'identification de la perméabilité
des sols **AU MOYEN DE L'IMAGERIE**

Cahiers méthodologiques de l'Observatoire partenarial des Pyrénées-Atlantiques

Les cahiers méthodologiques de l'Observatoire sont une réponse de l'Agence d'Urbanisme aux besoins de mutualisation de l'ingénierie publique.

Les cahiers servent de vecteur pédagogique à l'ensemble du partenariat en détaillant la méthodologie et les postulats de l'Agence pour traiter et analyser une donnée.

Ils sont complétés par une Note de l'Observatoire qui développe une thématique en la traduisant sous forme d'exemple dans une étude de l'Agence.

Les travaux produits sont mis en ligne sur les sites internet de l'AUDAP, www.audap.org, et de l'Observatoire partenarial, www.observatoire-64.org

Depuis 1998, l'Agence d'Urbanisme Atlantique & Pyrénées (AUDAP) accompagne les collectivités membres dans leurs réflexions et stratégies pour un aménagement cohérent des territoires et un urbanisme plus durable.

L'Observatoire Partenarial des Pyrénées-Atlantiques (ou OBS'64) est la plate-forme de mutualisation de connaissances, mise en place par l'AUDAP pour le compte de ses membres et adhérents.

*Rédaction, cartographie et mise en Page : AUDAP
mars 2014*

INTRODUCTION

La production de données au cœur de la mutualisation

Dans le cadre du programme partenarial, les partenaires de l'Agence d'Urbanisme Atlantique & Pyrénées (AUDAP) expriment divers questionnements dans les études qu'ils sollicitent chaque année. Ces questionnements, différents selon la nature des partenaires et des missions, se recoupent parfois sur des sujets transversaux impliquant une ou plusieurs politiques publiques. Ils sont souvent associés à des données dont la nature implique, soit un remodelage complexe des éléments existants, soit une création *ex nihilo*. Au regard du temps affecté aux missions, il n'est souvent pas possible de remodeler ou de créer une base de données.

L'Agence met à disposition de ses membres de nombreuses bases de données produites par différents services de l'État (SoeS, Insee, CEREMA, DGFIP....), des entreprises privées (Min.not, Vinci), des entreprises publiques (SNCF) ou des collectivités (Conseil Régional d'Aquitaine, Conseil Général des Pyrénées-Atlantiques....).

Au regard des besoins actuels des collectivités membres, l'AUDAP a pris le parti de mettre en place une méthodologie permettant d'identifier les espaces perméables du département et leurs opposés, les espaces imperméables. Cette création de données s'inscrit parfaitement dans une démarche de mutualisation mais aussi dans les processus de production au bénéfice des membres de l'Agence.

Ce développement méthodologique donne lieu à une production de données, issue de l'AUDAP, de la genèse à l'exégèse. Jusqu'à présent, l'Agence n'avait pas vocation à devenir un producteur de données à grande échelle, la couverture géographique des membres de l'Agence l'y prédispose aujourd'hui.

” *Au regard des besoins actuels de ses collectivités membres, l'AUDAP a pris le parti de mettre en place une méthodologie permettant d'identifier les espaces perméables du département et leurs opposés, les espaces imperméables.*

Les enjeux incontournables de la connaissance des sols

Les membres de l'Agence s'accordent aujourd'hui sur la nécessité d'une connaissance accrue de l'occupation des sols dans le département des Pyrénées-Atlantiques. Cette connaissance est encore embryonnaire même si une expérience centrale de création de Mode d'Occupation du Sol (MOS GIP Littoral) a été développée sur la partie côtière du département. Les besoins exprimés par les membres de l'Agence sur le diptyque perméabilité/imperméabilité des sols sont nombreux.

[...]

[...]

Parmi les enjeux incontournables, on peut citer par exemple :

- la nécessité de disposer d'indicateurs de suivi de ScoT concernant l'imperméabilité des sols à une échelle fine sur tout ou partie des territoires de projet,
- l'évaluation précise du couvert végétal afin de générer des trames vertes et bleues incluant les espaces verts privés,
- le suivi des formes de productions de l'espace urbain afin de vérifier le fait qu'elles n'accroissent pas la minéralisation des tissus,
- l'observation de l'imperméabilisation des sols à proximité des cours d'eau afin de limiter le ruissellement des polluants, ...

Plus la brique minimale d'analyse sera fine plus les objets étudiés seront diversifiés.

La mise en production d'un référentiel d'occupation du sol complémentaire

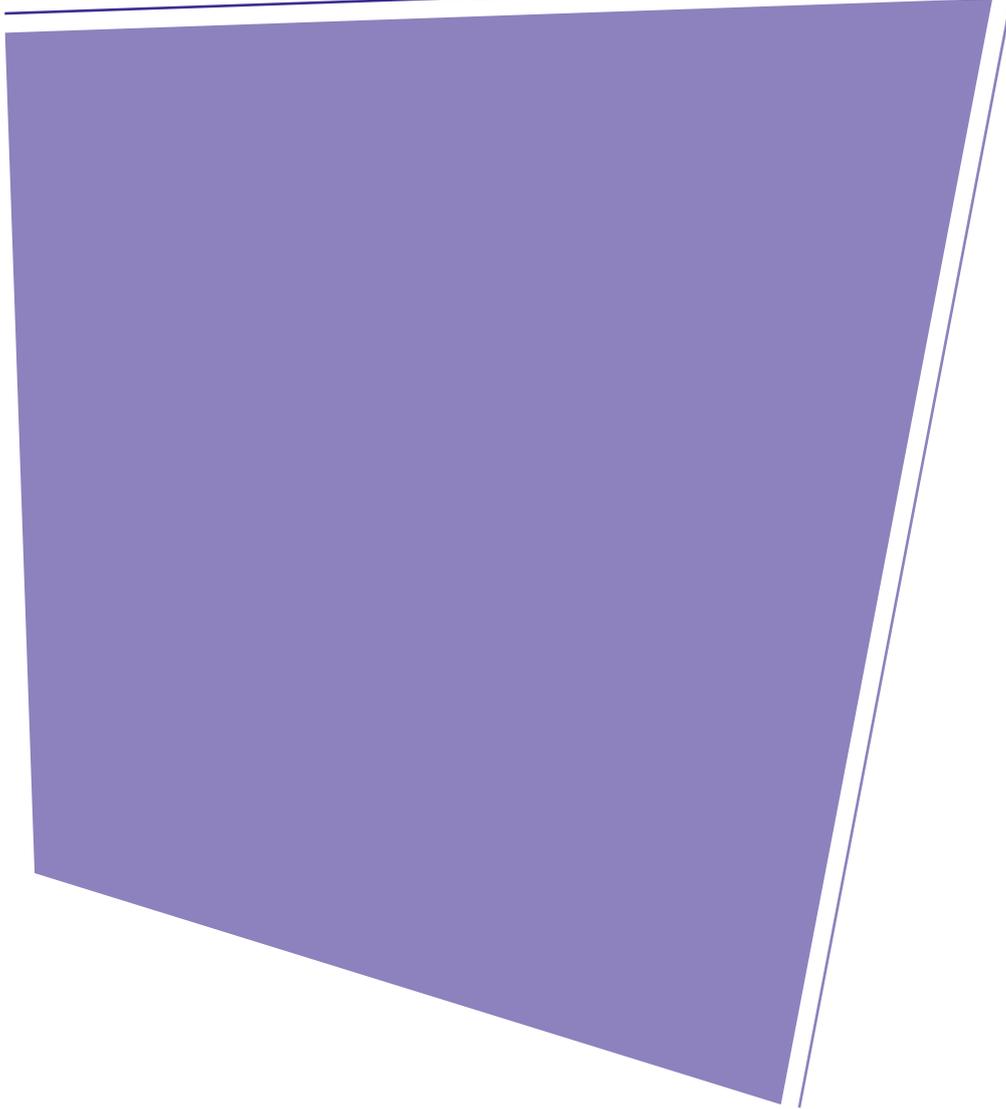
Étant donné les faiblesses actuelles de Corine Land Cover (CLC), l'AUDAP a décidé, pour le compte et avec l'aval de ses membres, de produire une couche de données vectorielles de la végétation sur la totalité du département des Pyrénées-Atlantiques et du sud des Landes. La base géographique des tissus végétalisés correspond à l'identification des espaces perméables du territoire. Cette couche est générée grâce à des supports d'imagerie existants gratuits (pour l'AUDAP) et sa faisabilité méthodologique s'appuie en partie sur des logiciels libres.

La donnée produite *in fine* doit venir compléter sur le même millésime (2009) le MOS du GIP littoral car ce dernier ne prend pas en compte directement la question de la perméabilité/imperméabilité des sols. ■

SOMMAIRE

PARTIE 1 UNE OFFRE D'IMAGES ET DE LOGICIELS DIVERSIFIÉE	9
A. Les images comme référentiel	10
RapidEye	10
PLÉIADES	10
BD Ortho®	11
B. Les logiciels et processus de traitement	12
Du RASTER au VECTEUR	12
Orfeo ToolBox Monteverdi : logiciel, coût, méthode	12
ArcGis : logiciel, coût, méthode	12
PARTIE 2 RETOUR D'EXPÉRIENCE DANS LES PYRÉNÉES-ATLANTIQUES	15
A. Le référentiel comme base de création de la donnée	16
L'imagerie photo : source la plus pertinente aujourd'hui	16
Limites et solutions identifiées	16
Une alternative dans un futur proche : PLÉIADES	17
B. Le logiciel de traitement	18
ArcGis et Spatial Analyst : le choix payant	18
Les limites à son utilisation	19
Une solution alternative : OTB Monteverdi 2.0	19
C. Identification des contraintes méthodologiques	20
Les corrections géométriques	20
Les corrections géographiques	20

PARTIE 3 UNE GRANDE PRÉCISION DANS LE VERT.....	23
A. Les exemples de la base brute	24
Du support image au développement méthodologique :	
l'exemple de l'Agglomération Côte Basque - Adour	25
Exemple de la CAPP : ArcGIS, Monteverdi, Park Atlantic, Corine	
Land Cover	30
B. Proposition et évaluation de corrections.....	35
Les propositions de correction.....	35
Corrections sur l'Agglomération Côte Basque - Adour.....	40
Corrections sur la Communauté d'Agglomération Pau Pyrénées	43



PARTIE 1

UNE OFFRE D'IMAGES ET DE LOGICIELS DIVERSIFIÉE

A. LES IMAGES COMME RÉFÉRENTIEL

L'IMAGERIE EST DEPUIS DE NOMBREUSES ANNÉES UN SUPPORT DE COLLECTE DE DONNÉES GÉOGRAPHIQUES. Jusqu'à présent l'offre était perçue, souvent à raison comme complexe d'accès. Dans la période récente les choses ont considérablement évolués.

L'AUDAP a décidé d'appeler Image les supports RASTER au sens large qui permettent de générer des couches vectorielles d'informations.

> GEOSUD

GEOSUD, consortium public montpelliérain, est une Infrastructure d'Information Spatiale sur les Territoires et l'Environnement qui a pour objectif d'assurer l'accès pérenne à une information spatiale homogène sur les écosystèmes et les territoires. Cette observation s'effectue au moyen de l'acquisition annuelle d'une information satellitaire multi-capteurs complète du territoire national (à haute résolution spatiale) ainsi que la mise à disposition gratuite de la communauté scientifique et des acteurs de la gestion de l'environnement et des territoires.

RapidEye

RapidEye est une constellation de 5 satellites de télédétection mise en œuvre en 2008 par le canadien MacDonald Dettwiler (MDA) pour l'entreprise allemande RapidEye AG. Le capteur optique utilisé sur chaque satellite mesure la réflectance dans cinq bandes spectrales, avec une résolution spatiale de 6,5 mètres au nadir, après orthorectification. L'utilisation de 5 satellites permet une large couverture de la Terre ainsi qu'une bonne répétitivité. Le système RapidEye peut observer n'importe quel zone du globe sous 24 heures, couvrir l'intégralité de la planète (jusqu'à 84° de latitude) en seulement 8 jours. RapidEye est la deuxième constellation multisatellite conçue après la constellation DMC Disaster Monitoring Constellation.

 <http://goo.gl/448KdO>

PLÉIADES

Grâce à GEOSUD, l'AUDAP a pu bénéficier de scènes gratuites sur l'Agglomération Côte Basque - Adour (janvier 2013), et un passage est programmé à l'été 2014 sur la Communauté d'Agglomération Pau Pyrénées. Les satellites PLÉIADES sont récemment entrés en service (2011-2012). Les passages s'effectuent en fin de matinée et les satellites repassent à la verticale d'un même lieu tous les 26 jours.

Les images panchromatiques sont acquises avec une résolution de 70 cm, et rééchantillonnées au sol.

 <http://goo.gl/t6m4qA>

BD Ortho®

« Le produit BD ORTHO® est une collection de mosaïques numériques d'orthophotographies en couleurs et en infrarouge couleurs, rectifiées dans la projection adaptée au territoire couvert : département métropolitain ou d'outremer.

Le produit BD ORTHO® se compose d'images numériques (sans habillage ni surcharge) et d'indications de géoréférencement.

Le contenu informationnel est compatible avec des échelles numériques de travail de l'ordre du 1 : 5 000 ou plus petites et peut permettre localement une utilisation jusqu'au 1 : 2 000. La radiométrie de chaque pixel est codée sur 3 octets (24 bits) correspondant pour l'orthophotographie infrarouge couleur : à l'infrarouge, au rouge et au vert, dans cet ordre.

Les données sont livrées en TIFF ou en ECW par dalle dont la taille dépend de la résolution :

- Résolution : dalle de 1 km par 1 km (5 km par 5 km pour le format ECW (Enhanced Compression Wavelet))
- En standard (résolution de 50 ou 40 cm), les limites de l'emprise des dalles sont des kilomètres ronds sur la zone métropolitaine (Lambert-2-étendu pour les départements photographiés jusqu'en 2007, Lambert-93 à partir de 2008) ».

Ce produit permet d'identifier aisément la végétation des sols au regard des trois canaux qu'elle intègre. La haute résolution des images permet une analyse fine des sols et de leur végétalisation.

 <http://goo.gl/I3AjzV>

> Orthophoto

On appelle orthophotographie ou plus communément orthophoto une image obtenue par traitement d'un cliché aérien numérique ou argentique dont la géométrie a été redressée de sorte que chaque point soit superposable à une carte plane qui lui correspond. En d'autres termes, une orthophotographie semble être prise à la verticale de tous les points qu'elle figure, ces points étant situés sur un terrain parfaitement plat.

L'agence d'urbanisme peut bénéficier de la mise à disposition de la Bd Ortho® au travers de son producteur, l'Institut Géographique National (IGN) comme l'ensemble des collectivités. Afin de faciliter les démarches avec l'IGN, l'AUDAP a recours à l'intermédiaire de la plate forme PIGMA à laquelle elle adhère.

> Le proche infrarouge

Le proche infrarouge (0,7µm à 1,6µm) est la partie du spectre électromagnétique qui vient juste après le visible (couleur rouge). Comme pour le visible, ce que le radiomètre mesure dans le proche infrarouge, c'est une luminance correspondant au rayonnement solaire réfléchi par la surface terrestre. Ce domaine du spectre électromagnétique est très utilisé en télédétection pour différencier les surfaces naturelles qui se caractérisent par de très importantes variations de la réflectance à cette longueur d'onde. Il permet également l'étude des surfaces continentales, et notamment de distinguer les surfaces végétalisées des surfaces minérales car les surfaces couvertes par la végétation se distinguent par une forte réflectance dans les longueurs d'onde du proche infrarouge, alors qu'elles réfléchissent peu le rayonnement dans le visible.

 <http://goo.gl/FihsJr>

B. LES LOGICIELS ET PROCESSUS DE TRAITEMENT

Afin de procéder à la vectorisation du tissu perméable, l'Agence a procédé au test de deux offres logicielles : OTB Monteverdi et ArcGIS grâce à son module Spatial Analyst.

Du RASTER au VECTEUR

La BD Ortho IRC 2009 de l'IGN est composée de 397 dalles de 5 km de côté sur les Pyrénées-Atlantiques. En ajoutant les 25 dalles du Sud des Landes, la vectorisation s'effectuera sur 422 dalles. Ces images raster sont au format ECW qui est exploitable dans le logiciel ArcGIS. En revanche, une conversion des ECW en TIF est nécessaire pour travailler avec le logiciel Monteverdi.

Afin d'obtenir le résultat de la couche vectorielle de la végétation, il faut caractériser chaque pixel de l'image (combinaison de 3 bandes : rouge, vert, infrarouge). Le principe est de séparer en classes (perméable / imperméable) ces pixels à l'aide de polygones de référence. Ces polygones permettent d'identifier des similitudes dans les couleurs des pixels.

L'image binaire (perméable / imperméable) obtenue après cette classification doit être vectorisée afin de pouvoir être traitée dans un logiciel SIG pour ensuite calculer des surfaces, faciliter les modifications éventuelles, alléger le poids des fichiers, etc... Seuls les pixels caractérisant la végétation (perméable) sont pris en compte.

Orfeo ToolBox Monteverdi : logiciel, coût, méthode

Orfeo ToolBox (OTB) est une librairie open-source de traitement d'image. Elle propose des fonctionnalités adaptées à la télédétection, particulièrement aux images PLEIADES à très haute résolution spatiale. La plupart des fonctionnalités permettent le traitement de très grandes images en utilisant des méthodes de streaming et multithreading.

Monteverdi est une interface graphique qui permet d'utiliser une partie des fonctionnalités d'OTB. Elle permet notamment de sélectionner différents modules d'OTB pour réaliser une chaîne de traitements sur les images.

ArcGIS : logiciel, coût, méthode

ArcGIS est un ensemble de logiciels propriétaires d'information géographique (ou logiciels SIG) développés par la société américaine Esri.

Esri a développé plusieurs modules pour compléter sa gamme de produits. Parmi eux, ArcGIS Spatial Analyst : une gamme étendue d'outils d'analyse et de modélisation spatiale. Il est possible de créer, interroger, apparier et analyser des données raster basées sur des cellules, effectuer des analyses raster/vecteur ou encore obtenir de nouvelles informations à partir des données existantes. Ce module est indispensable pour réaliser l'analyse d'images.

> OTB Monteverdi vs ArcGis

Deux logiciels pour traiter

422 dalles soit 65 milliards de pixels

Ametzondo, Bayonne
Source : AUDAP



Ametzondo
Source : AUDAP

> Caractérisation des pixels de référence

Les polygones verts sur la gauche de l'image permettent de classer dans la catégorie végétation l'ensemble des pixels se rapprochant de cette couleur. Au contraire, les polygones rouges sur la droite de l'image déterminent les pixels non végétalisés.

PARTIE 2

RETOUR D'EXPÉRIENCE DANS LES PYRÉNÉES-ATLANTIQUES

A. LE RÉFÉRENTIEL COMME BASE DE CRÉATION DE LA DONNÉE

A L'ÉCHELLE DÉPARTEMENTALE, la production d'une couche géographique précise et fiable, nécessite une optimisation des temps de traitement et de la structuration de la donnée pour la rendre exploitable. Différents paramètres ont été testés pour arriver au choix du référentiel et du logiciel les plus pertinents pour la mise en place de cette vectorisation. Dans le cas du support image, le choix de l'AUDAP est la BD Ortho® IRC.

L'imagerie photo : source la plus pertinente aujourd'hui

Le référentiel retenu pour cette première identification des zones perméables est l'orthophoto de 2009. Tout d'abord car il est possible d'en disposer gratuitement à l'échelle départementale et que dans cette mission d'expertise, de création et de mutualisation de la donnée, le périmètre d'intervention se veut être celui de l'AUDAP.

Cependant, ce choix est loin d'être celui par défaut car ce référentiel possède plusieurs avantages.

Le premier concerne la précision de l'imagerie puisque le côté du pixel correspond à 50 cm, dix fois plus précis que les images RapidEye dont le pixel mesure 5 m de côté. Cette finesse de maille permet de caractériser précisément les sols et de repérer finement les zones (im)perméables (théoriquement même les petits espaces de 0,25 m²).

Les prises de vue de l'orthophoto sont généralement effectuées en couleur, mais il est également possible de les acquérir en noir et blanc ou en infrarouge. Ces dernières photographies ont un intérêt particulier car elles permettent, entre autres, de repérer l'activité chlorophyllienne. Il est donc pertinent de travailler sur ce référentiel puisque cette spécificité, qui caractérise les zones perméables, permet de les identifier avec beaucoup plus de précision que l'imagerie photo classique.

Enfin, la mise à jour de l'orthophoto est régulière et à coût nul pour l'AUDAP. Les orthophotos sont renouvelées tous les 3 ans ; temps ni trop court, ni trop long. Il permet d'actualiser les données et de suivre notamment l'évolution de l'artificialisation des sols à l'échelle départementale.

Baie de Saint-jean de Luz
Source : Vert AUDAP / BD Ortho 2009



Limites et solutions identifiées

Lors du présent développement méthodologique l'Agence a repéré certaines limites à l'utilisation de l'orthophoto qu'il convient de préciser :

- Tout d'abord, certaines activités chlorophylliennes débordent sur les routes. Par exemple, un arbre âgé dont la hauteur et l'envergure sont majestueuses peuvent couvrir la totalité d'une voirie. Cette limite sera commune à tous les référentiels ; l'Agence proposera plus loin (p. 35) une solution pour corriger cette faiblesse de la base.

- Ensuite, la hauteur des différents objets dans l'espace géographique a un second impact contraignant sur l'analyse des images : celui des zones d'ombre. Les zones d'ombre (arbres ou immeubles) projetées dues à un soleil bas sur l'horizon génèrent des pixels noirs qui peuvent alors s'étendre sur une zone perméable ou imperméable. Il devient alors difficile d'automatiser une différenciation des ombres qui seront reconnues comme identiques, qu'elles s'étalent sur une route ou dans un champ.

De plus, les clichés des 422 dalles ne sont pas pris à la même heure dans la journée. Certains territoires du département, notamment vers Pau, présentent des ombres plus étendues que sur la côte basque.

- Les toits végétalisés peuvent poser également un problème. Une mousse ou une herbacée sur du bitume ne peut pas être considérée comme une surface perméable.
- Enfin, certaines zones perméables, du fait de la faible activité chlorophyllienne qu'elles dégagent (sol de terre, sol inondé), sont difficilement identifiables de manière automatique. Ces cas spécifiques sont peu présents en milieu urbain et leur présence dépend également de la période de prise de photo (sol nu avant culture, pluies abondantes, ...)

Des solutions à ces limites sont apportées en 3^e partie du document.

Une alternative dans un futur proche : PLÉIADES

Cette solution n'est pour le moment pas développée dans ce cahier méthodologique car nous ne disposons que d'une couverture partielle de notre territoire. Nous disposons des images 2013 sur l'Agglomération Côte Basque - Adour et à l'été 2014, des scènes seront générées sur la Communauté d'Agglomération Pau Pyrénées.



Baie de Saint-jean de Luz
Source : Vert AUDAP / PLEIADES 2013

B. LE LOGICIEL DE TRAITEMENT

L'AGENCE D'URBANISME EN TANT QUE STRUCTURE D'INGÉNIERIE PUBLIQUE et au regard de sa mission de mutualisation de la donnée doit favoriser dans son processus de travail des solutions méthodologiques optimales. L'optimum théorique en matière de logiciel pourrait être à priori la prise en compte d'une solution gratuite. Au regard du temps de traitement des deux options possibles, ce n'est pas au final le choix de l'AUDAP sur cette commande.

ArcGis et Spatial Analyst : le choix payant

Arcgis est en capacité de gérer directement le format ECW qui est le format de livraison des orthophotos IRC. Ce n'est pas encore le cas de Monteverdi. ArcGis s'est montré bien plus efficace que Monteverdi 1. En effet, il est davantage possible d'automatiser certaines tâches ce qui permet un gain de temps important lors du traitement des images (ArcGIS est 5 fois plus rapide que Monteverdi 1).

Cette différence réside en premier lieu dans la reproduction automatique des pixels de référence. En effet, Monteverdi redemande à chaque dalle raster d'identifier les pixels de référence pour caractériser le vert, alors qu'ArcGis peut garder en mémoire les pixels pour toute une série de dalles. Outre le temps gagné, c'est également un gage d'uniformité des traitements sur l'ensemble des dalles. C'est un aspect très important, notamment pour mutualiser/répercuter les corrections et les requalifications de zones dont l'identification est erronée.

Le second paramètre de gain de temps se trouve dans la possibilité d'enchaîner le traitement des dalles sans avoir à les sélectionner. ArcGis traite sur la même base toutes les dalles d'un dossier. Le temps humain nécessaire est alors grandement réduit.

Enfin, le poids des fichiers vectorisés qu'ArcGIS propose est bien plus léger que celui de Monteverdi.

Sur l'ensemble du périmètre d'intervention de l'Audap, la couche de la végétation est séparée en 422 dalles de 5 km. Avec la classification ArcGis, nous arrivons à un poids total de 5,7 Go, soit 14 Mo par dalle en moyenne. Monteverdi identifie très précisément les pixels caractérisés « verts ». Cela a le désagrément de créer des polygones trop complexes (des milliers de faces) et ceci alourdit les fichiers tout en n'apportant aucune précision supplémentaire. Chaque dalle obtenue avec Monteverdi pèse environ 40 Mo, soit 3 fois plus qu'avec ArcGis.

> Les 3 atouts

- **Automatisation** des pixels de référence,
- **Rapidité**,
- **Poids mesuré** des fichiers.

Les limites à l'utilisation d'ArcGIS

La première limite à son utilisation n'incombe pas proprement au logiciel mais bien à la lourdeur de tels traitements.

Bien qu'ArcGIS s'en sort beaucoup mieux que Monteverdi, ces traitements sont lourds et la vectorisation du département demande des ressources et une puissance de calcul non négligeables. L'utilisation d'une mémoire Flash (SSD) est conseillée pour la rapidité d'écriture qu'elle propose par rapport à un disque dur. Préférez également un processeur relativement puissant (traitements réalisés à l'Agence avec un quadri-cœur cadencé à 3,5 GHz et 8 Go de mémoire vive).

La seconde limite de ce logiciel par rapport à Monteverdi (qui est gratuit) est le coût. ArcGIS complété de son module Spatial Analyst se négocie à plusieurs milliers d'euros.

Une solution alternative : OTB Monteverdi 2.0

La version 2.0 de Monteverdi est sortie au début de l'année 2014. D'importantes modifications ont été apportées dans cette nouvelle version. L'interface a été totalement repensée pour un meilleur confort d'utilisation. Monteverdi 2.0 permet maintenant comme dans ArcGIS de sélectionner des zones « test » afin de caractériser automatiquement la chlorophylle sur l'ensemble des dalles orthophotos IRC. Après quelques premiers essais concluants réalisés sur l'Agglomération Côte Basque-Adour (processus de traitement aboutissant, digitalisation pertinente des zones de végétation), l'AUDAP considère intéressant d'approfondir la méthode de détection du vert avec ce logiciel.

C. IDENTIFICATION DES CONTRAINTES MÉTHODOLOGIQUES

LA BASE BRUTE RÉSULTANTE DES TRAITEMENTS que nous avons mis en place avec l'orthophoto et ArcGIS est très précise. Cette finesse des traitements engendre la mise en exergue de certaines erreurs que l'AUDAP propose de corriger.

Les corrections géométriques

Le principe de la classification est d'identifier la couleur d'un pixel afin de le recolorer, soit en vert si le pixel est considéré comme végétalisé, soit en gris s'il ne l'est pas. ArcGis effectue donc cette classification et l'on obtient une image bicolore en sortie. Une vectorisation de cette image doit être effectuée, ce qui nous permettra de ne récupérer par la suite que les zones de végétation.

Afin d'alléger les fichiers et d'améliorer le rendu visuel, l'AUDAP a considéré judicieux de supprimer les polygones inférieurs à 1 m². Une seconde correction est également possible pour diminuer le nombre de nœuds des polygones (son nombre de sommets) mais cette méthode est chronophage et le gain de poids n'est pas proportionnel au temps passé.

Les corrections géographiques

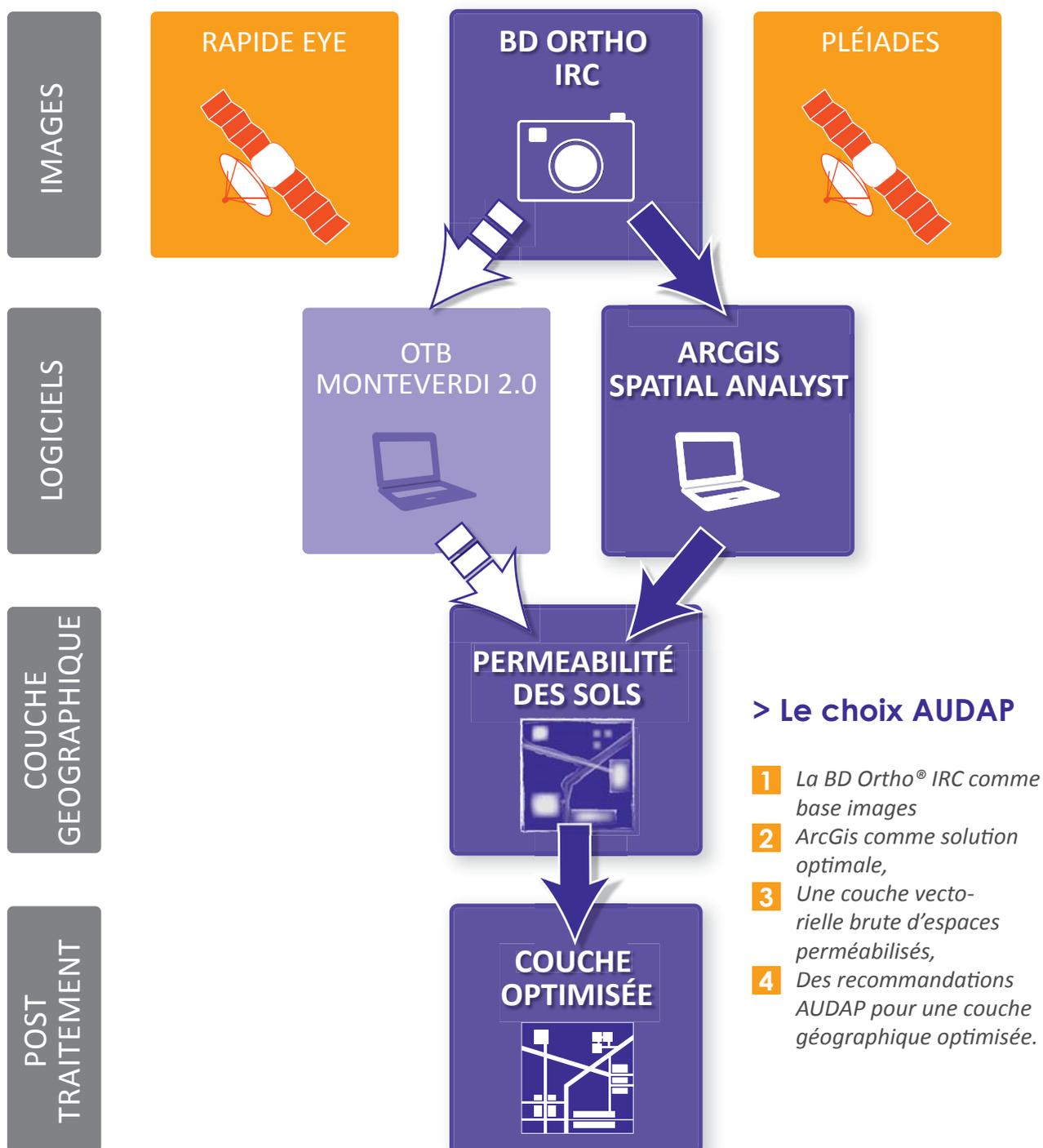
Outre les traitements des entités géométriques, nous avons identifié des incohérences géographiques dues aux traitements de l'imagerie. Ce besoin de correction est dû au référentiel même, dont la prise de vue peut engendrer des biais de compréhension par le logiciel de traitement. Par exemple, l'analyse des ombres qui peuvent être portées soit sur une zone perméable, soit imperméable, mais qui sera tout le temps traitée de la même manière du fait de sa colorimétrie proche du noir.

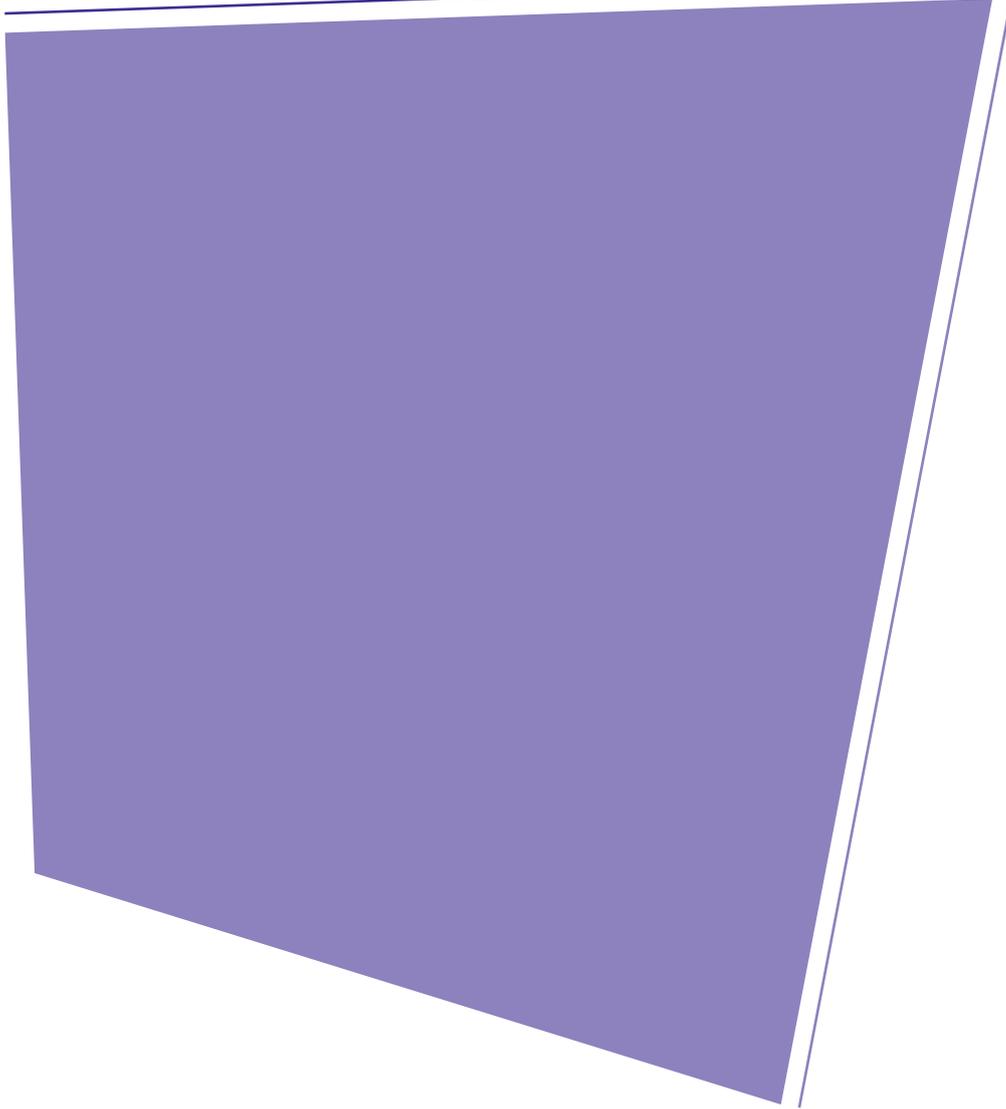
Certains biais peuvent être différents suivant les référentiels (différences de tailles ou de placement des ombres par exemple) ou bien récurrent à toutes les images testées, c'est le cas notamment des arbres couvrant les routes ; ces dernières ne sont alors pas repérées comme zones imperméables.

La troisième partie détaillera les corrections que l'AUDAP propose.

D. SCHÉMA DE SYNTHÈSE

PROCESSUS DE PRODUCTION





PARTIE 3

UNE GRANDE PRÉCISION DANS LE VERT

A. LES EXEMPLES DE LA BASE BRUTE

AFIN D'AVOIR UNE PERCEPTION PLUS CLAIRE DES ÉCARTS CHIFFRÉS ENTRE LES DIFFÉRENTES MÉTHODES TESTÉES, six zooms ont été sélectionnés : trois sur l'Agglomération Côte Basque-Adour et trois sur la Communauté d'Agglomération Pau-Pyrénées.

Pour permettre une lecture comparée, une mise en parallèle des produits existants décrivant l'occupation du sol sur le territoire des Pyrénées-Atlantiques et du sud des Landes (Corine Land Cover, MOS GIP Littoral, Park Atlantic) et la couche de végétation départementale réalisée à l'aide d'ArcGis et de Monteverdi est proposée.

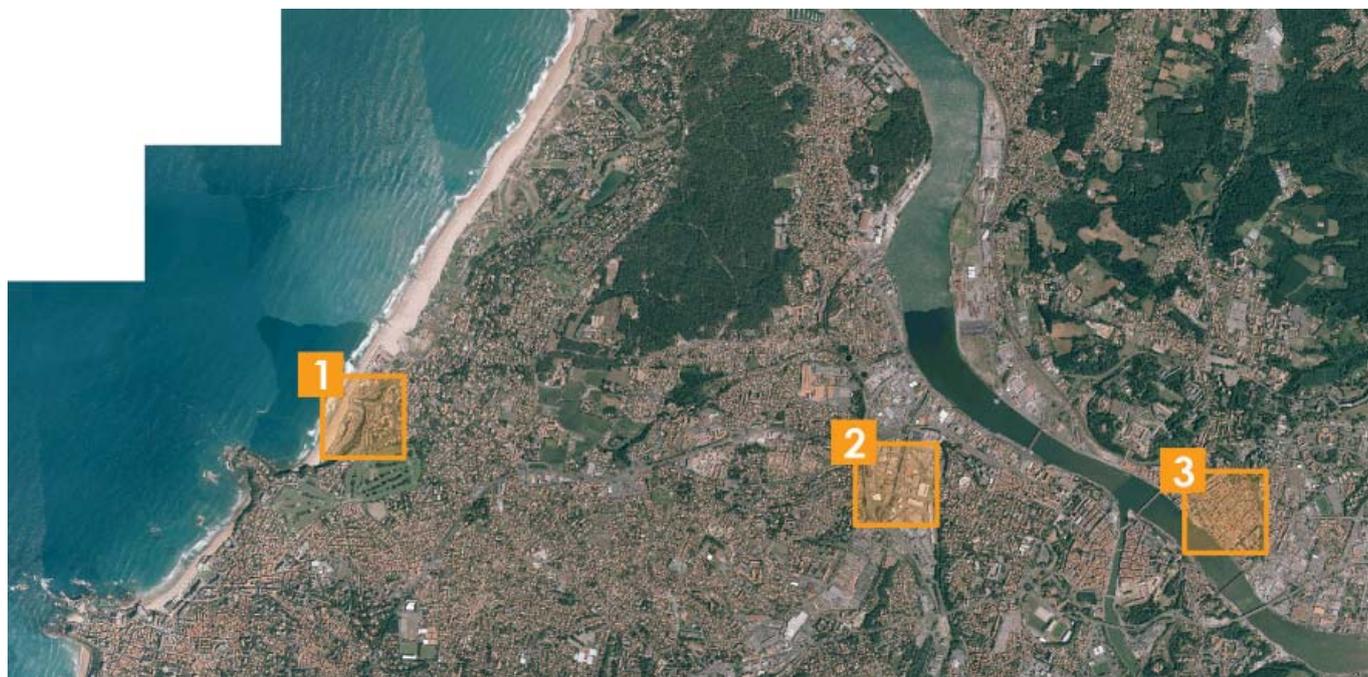
> Définition

LA PERMÉABILITÉ DES SOLS est identifiée au moyen de l'ensemble des pixels intégrant l'information proche infrarouge de l'orthophoto de l'IGN.

Pour l'Agence d'urbanisme Atlantique & Pyrénées est considéré comme perméable un sol recouvert de végétation. Cette définition n'est pas juste à 100 % mais le taux de perte est très faible.

La question de l'eau n'est pas prise en compte dans la définition de la perméabilité des sols.

Du support image au développement méthodologique : l'exemple de l'Agglomération Côte Basque - Adour



! Chaque zoom représente un carré de 600 m de côté, soit une surface de 36 ha.



Dans l'Agglomération Côte Basque-Adour, trois zones tests ont été choisies dans trois types de tissus très différents :

- 1 Le front de mer à Anglet (la Chambre d'Amour)**, tissu d'habitat peu dense mêlé à des espaces publics très végétalisés à proximité d'espaces sablonneux,
- 2 La zone d'activités des pontots à Bayonne**, espace très artificialisé, très minéralisé,
- 3 Un quartier d'habitat dense, quartier Saint-Esprit à Bayonne**, quartier historique en plein processus de renouvellement urbain où l'artificialisation est déjà forte.

IGN BD ORTHO® IRC 2009



L'ajout du spectre infrarouge à l'orthophoto 2009 est indispensable, il permet d'identifier aisément les zones avec une présence de végétation. Contrairement à la zone d'activités et au quartier Saint-Esprit, le front de mer semble à priori présenter une perméabilité plus importante que les autres tissus.



Classification Corine Land Cover 2006



Les zones considérées comme couvertes de végétation dans Corine Land Cover (territoires agricoles, forêts et milieux semi-naturels, espaces verts artificialisés non agricoles) ne sont présentes que sur le premier zoom. Seuls la plage et le golf du phare de Biarritz ressortent en zone perméable mais de manière grossière. Le bâtiment correspondant au Village Vacances Famille est englobé dans une zone nommée « Plages, dunes et sable ». La résolution spatiale minimale de 25 ha est trop importante pour faire ressortir les autres zones qui sont pourtant très végétalisées.

33,9 % > Taux de perméabilité des sols

Classification MOS GIP Littoral 2009



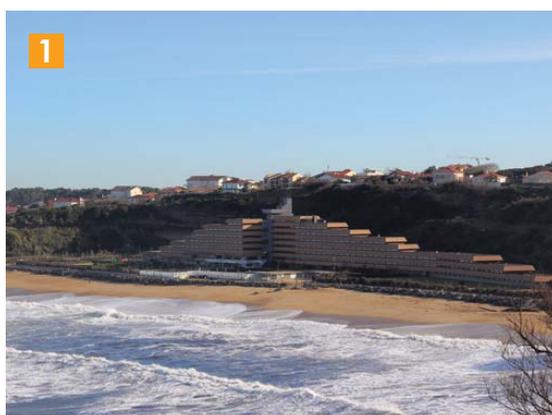
Le MOS du GIP Littoral identifie beaucoup plus finement que Corine Land Cover les espaces végétalisés. En effet, dans le cas présent et par rapport à Corine Land Cover le bâti dur du VVF est exclu de la végétation. A contrario, le sud-est du carreau est couvert par Corine Land Cover mais pas par le MOS, alors que c'est un golf urbain. Dans le zoom central de la ZA des Pontots, 5 ha sont représentés en vert, essentiellement dans la classe « espaces verts urbains et périurbains publics ou privés », ce sont principalement des délaissés de voirie. Dans le quartier Saint-Esprit, le MOS GIP Littoral reconnaît certains espaces verts périphériques au quartier en oubliant cependant les abords de la voie ferrée pourtant fortement caractérisée en chlorophylle. L'ensemble du quartier est classé comme « tissu urbain dense » dans le MOS, caractérisation qui ne prend pas en compte sa perméabilité.

1
VVF d'Anglet

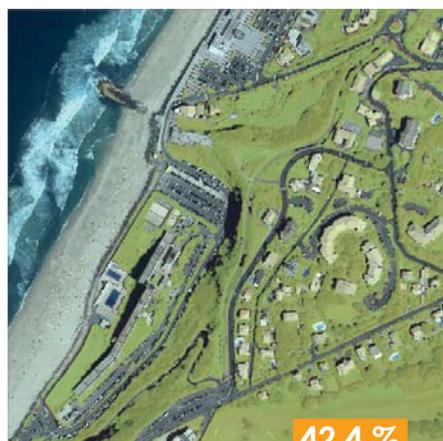
2
Golf de Biarritz

3
Zone d'activités
des Pontots

4
Square dans
le quartier
Saint-Esprit



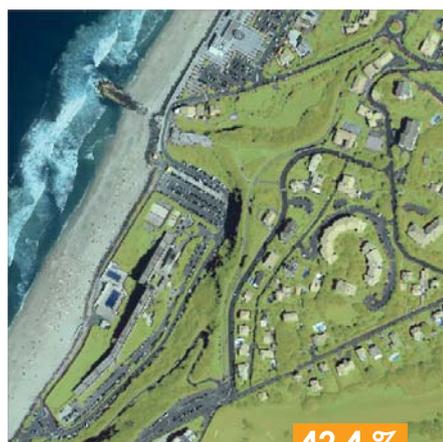
Classification BD ORTHO® IRC 2009 - Monteverdi 1



Les résultats obtenus avec la classification Monteverdi 1.0 sont nettement plus pertinents qu'avec les données provenant de CLC et du MOS GIP Littoral : l'ensemble des zones chlorophylliennes (zones initialement colorées en rouge) est intégré dans la couche départementale de la végétation. On observe ainsi que près de la moitié du zoom « front de mer » est végétalisée. Même si le gain de précision est extrême on note quelques limites : la plage, zone non végétalisée, n'est pas prise en compte en tant que sol perméable et la falaise à l'arrière du VVF crée une ombre. Le reclassement de ces zones d'ombres pose un réel souci car ces zones assez vastes couvrent à la fois de la végétation et des tissus imperméabilisés.



Classification BD ORTHO® IRC 2009 - Monteverdi 2



La classification avec Monteverdi 2.0 permet d'obtenir sensiblement les mêmes résultats qu'avec la version précédente du logiciel. On constate un écart d'un hectare sur la zone d'activités des Pontots et sur le quartier Saint-Esprit. Cependant, une classification n'est pas meilleure que l'autre. Étant donné que l'on utilise des polygones tests différents dans les deux versions du logiciel, il est impossible d'obtenir des résultats totalement identiques. Dans ce cas d'étude, nous avons tendance à récupérer un peu plus de surfaces végétalisées avec Monteverdi 2. Il faut simplement retenir que ces deux méthodes donnent des résultats probants avec des différences non-significatives.



Classification BD ORTHO® IRC 2009 - ArcGIS (Spatial Analyst)



ArcGIS permet de classer les pixels d'une image avec moins de contraintes que Monteverdi. Comme le montrent les vignettes ci-dessus, les conclusions sont relativement similaires. Les ombres ne sont toujours pas bien interprétées et la plage reste une zone non perméable. Les mêmes polygones tests ont été utilisés lors des classifications ArcGIS et Monteverdi 2.

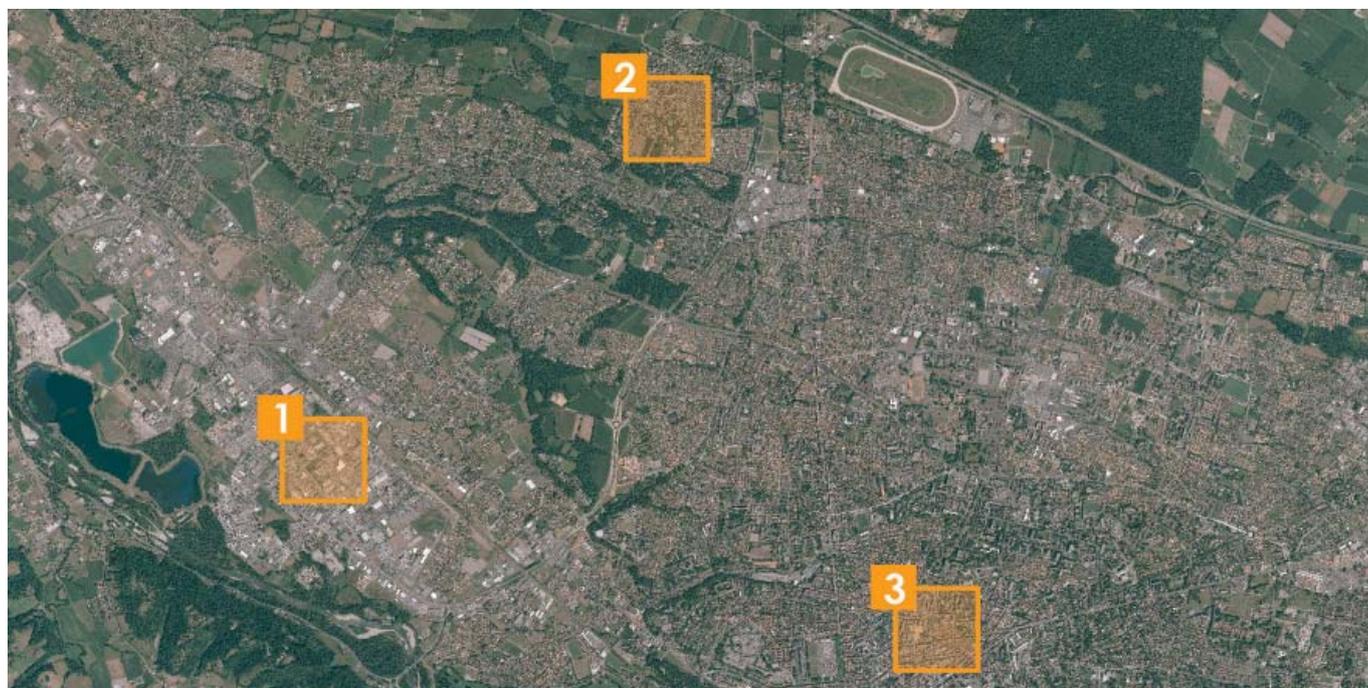
Classification BD ORTHO® 2012 - ArcGIS (Spatial Analyst)



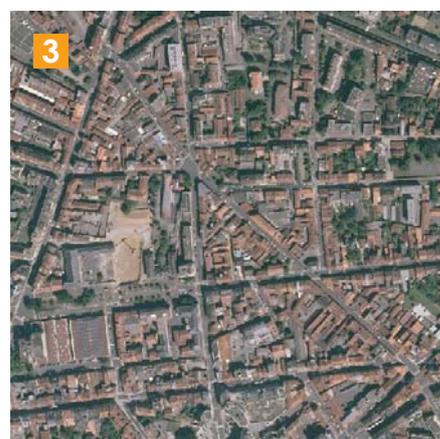
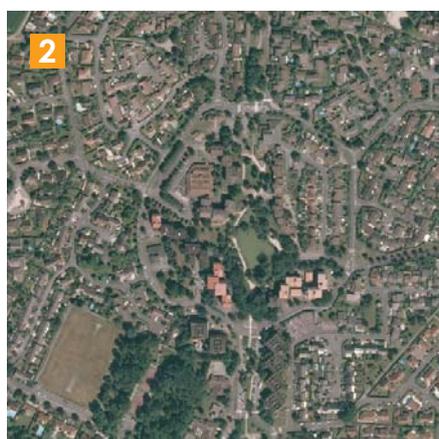
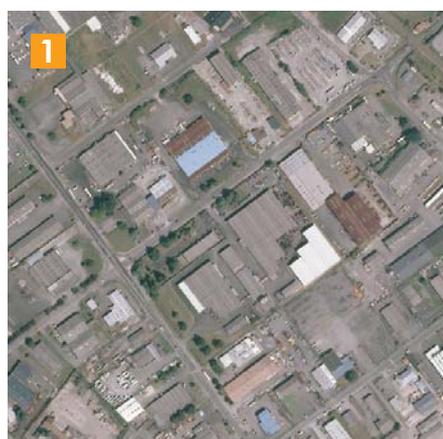
La planche ci-dessus sert à illustrer la présence indispensable du filtre infrarouge dans le cas des orthophotos. Sans cette couleur rouge caractérisant la chlorophylle, la classification de l'image se fait de manière incorrecte. De nombreuses confusions sont identifiées : l'océan, la rivière et une surreprésentation des ombres classées en végétation.

! A noter, une discussion est en cours avec l'IGN afin de récupérer gratuitement la BD Ortho départementale en 2012 avec l'infrarouge coloré. Ceci permettra notamment de produire l'évolution des surfaces perméables.

Exemple de la CAPP : ArcGIS, Monteverdi, Park Atlantic, Corine Land Cover



! Chaque zoom représente un carré de 600 m de côté, soit une surface de 36 ha.



Sur la Communauté d'Agglomération Pau-Pyrénées, le choix, comme pour l'Agglomération Côte Basque - Adour, s'est porté sur trois zones de test dans trois types de tissus très différents :

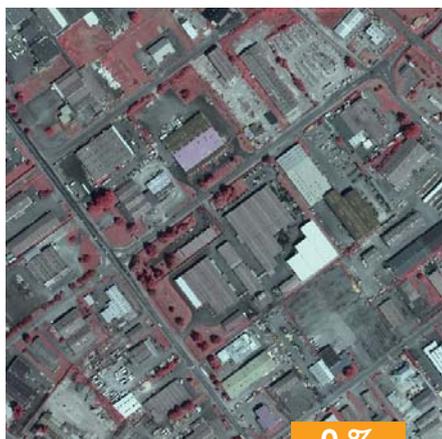
- 1** la zone d'activités Lescar Soleil, espace très artificialisé, très minéralisé,
- 2** un habitat pavillonnaire au Perlic, un tissu peu dense avec d'importants jardins privés,
- 3** un habitat mixte plus dense au centre de Pau, qui fait la part belle aux espaces végétalisés.

BD ORTHO® IRC 2009



L'ajout du spectre infrarouge à l'orthophoto 2009 est indispensable, il permet d'identifier aisément les zones avec une présence de végétation. Contrairement à la zone d'activité et au quartier du centre ville, le quartier à dominante pavillonnaire du Perlic est très largement végétalisé et donc perméable.

Classification Corine Land Cover 2006



0 %



0,2 %



0 %

Conformément à ce que l'on peut voir visuellement sur les 6 zooms, la base nationale Corine Land Cover (CLC) ne permet pas d'identifier de végétation sur les tissus choisis qui sont pourtant fortement végétalisés. A l'instar des zooms concernant l'Agglomération Côte Basque - Adour, CLC n'est donc pas exploitable à grande échelle.

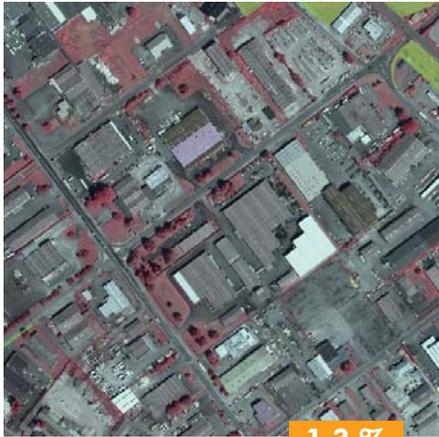


0 %



Taux de perméabilité des sols

Classification Park Atlantic 2009



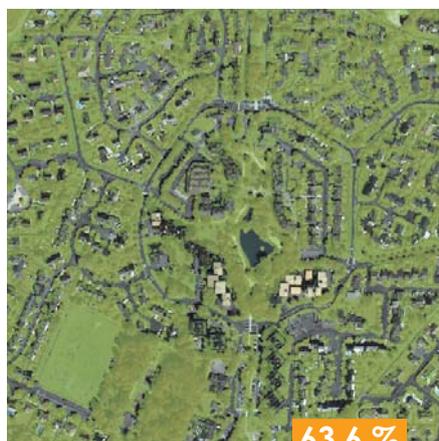
Park Atlantic est une base d'occupation du sol orientée « espaces de nature » avec des polygones ayant une surface minimale de 200 m². Cette base n'est pas disponible sur tout le département (présence uniquement sur la Communauté d'Agglomération Pau Pyrénées). Park Atlantic possède une précision relativement similaire au MOS GIP Littoral, il est possible d'identifier essentiellement des espaces verts urbains et périurbains publics ou privés. Les arrières de maisons ne sont pas intégrés dans la végétation. De manière générale, les espaces verts ne sont pas dissociés du bâti qui les accompagne.

Classification BD ORTHO® IRC 2009 - Monteverdi 1



La classification dans Monteverdi 1 englobe tous les pixels illustrant de la chlorophylle. Les proportions de végétation dans les trois zones sont proches de la réalité, à savoir 15 % dans la zone d'activités, plus de 50 % dans le quartier du Perlic et près de 10 % dans le centre de Pau.

Classification BD ORTHO® IRC 2009 - Monteverdi 2



Les écarts entre la classification avec Monteverdi 1 et celle avec Monteverdi 2 sont faibles sur l'Agglomération Côte Basque - Adour (ACBA). Ils sont un peu plus significatifs sur la Communauté d'Agglomération Pau Pyrénées (CAPP). En comparant les vignettes, on constate que ce sont les ombres qui sont légèrement plus intégrées à la couche de vert avec la classification de Monteverdi 2. Il convient de noter que l'ampleur des ombres est bien plus grande sur le territoire de la CAPP que sur celui de l'ACBA. L'explication vient du décalage horaire dans les prises de vue entre les différents territoires : plus les prises de vues sont en décalage avec la position zénitale du soleil plus cela pose des problèmes d'identification automatique dans les ombres portées de la forêt ou des bâtiments.

Classification BD ORTHO® IRC 2009 - Argis (Spatial Analyst)



A quelques centaines de mètres carrés près, la classification avec Spatial Analyst donne des résultats identiques à la classification avec Monteverdi 1. Les mêmes surfaces pertinentes sont sélectionnées mais les mêmes limites sont également rencontrées (toits végétalisés car vieillissants, excès de couverture des arbres sur la voirie, présence d'ombres).

Classification BD Ortho® 2012 - ArGIS (Spatial Analyst)



Étant donné l'échec de la classification de l'image sans infrarouge sur l'Agglomération Côte Basque - Adour, nous n'avons pas jugé intéressant de tester cette méthode sur l'agglomération paloise. Un test sera effectué lors de la réception de la BD Ortho® IRC 2012 de l'IGN.



B. PROPOSITION ET ÉVALUATION DE CORRECTIONS

LA DONNÉE BRUTE GÉNÉRÉE PAR ARCGIS sur la base du référentiel BD Ortho® IRC 2009 apporte une vision jamais égalée en termes de finesse et de précision sur la perméabilité des sols du territoire. Des biais ont cependant été identifiés et l'AUDAP recommande certains compléments de traitements afin d'optimiser l'information.

Les propositions de correction

1. Les sols nus ou sans cultures



Certains terrains agricoles (peu chlorophylliens, inondés ou en zones d'ombre par exemple) ne sont pas vectorisés du fait de la modification de leur colorimétrie. Ces sols sont donc automatiquement identifiés comme sols imperméabilisés alors qu'ils sont perméables.

Certains terrains peu chlorophylliens peuvent mal ressortir sur les images infrarouges alors même qu'ils sont à considérer comme zones perméables (chemins, terre nue, terrains de sport...).

Ci-contre, à part les voiries, deux autres éléments sont qualifiés à tort d'imperméables : le terrain de football et le circuit de bi-cross. Ces espaces sont peu perméables mais ils ne sont pas imperméables. L'AUDAP recommande d'intégrer ces sols en réalisant une digitalisation complémentaire.



Terrain de sport, quartier de l'université, Pau
Source : AUDAP



Terrain de bi-cross, quartier de l'université, Pau
Source : AUDAP



Terrain agricole, Pau
Source : AUDAP



La précision de la vectorisation permet d'identifier les sols après labour, partiellement nu et avec quelques herbages.

Il convient de procéder à une digitalisation complémentaire si l'utilisateur souhaite une précision accrue de la base de données. Bien que cette correction soit non anodine sur l'ensemble du département, elle est peu chronophage à l'échelle d'un EPCI.

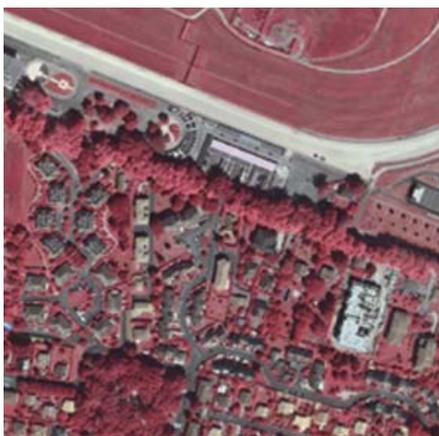
2. Les arbres recouvrant la voirie

Boulevard du Cami-salié, Pau
Source : AUDAP



> Excès de couverture

Ce biais est non neutre en termes de surfaces couvertes excédentaires. Les végétaux de haute taille sont dénommés excès de couverture. Il est possible de pallier à ce biais assez aisément en découpant la couche vectorielle des tissus perméables au moyen de la BD Topo® qui dispose de l'ensemble de la largeur des voies. L'avantage de cette méthode est qu'elle est simple et peut être rapidement mise en place.



Rond-point Victor Schoelcher, Pau
Source : AUDAP



> Excès de perte

La limite réside dans le fait que certains terre-pleins ou zones perméables vectorisés (ronds-points, terre-pleins centraux,...) sont supprimés car ils ne sont pas discriminés dans la BD Topo. La correction ne devient alors que peu pertinente car le gain de précision des surfaces imperméables est contrebalancé par une perte de précision sur les surfaces perméables.

3. Les toits végétalisés (par choix ou naturellement)

L'exemple des toits végétalisés vient rapidement à l'esprit des urbanistes comme biais potentiel alors qu'il ne représente qu'une infime partie des surfaces couvertes. Deux cas de figure sont présents : les toits végétalisés par choix (amélioration de la performance énergétique des bâtiments et d'une moindre imperméabilisation des sols) et ceux végétalisés par manque d'entretien (mousse sur des bâtiments en zone d'activité ou des maisons à la toiture ancienne). Dans ces deux cas, ces surfaces doivent être considérées comme imperméables.

La méthode est de découper la couche de perméabilité avec la couche du bâti cadastral. Toutes les vectorisations erronées situées sur un bâtiment seront alors supprimées.

Toit végétal
Source : AUDAP



4. Les ombres ...



Parc Lawrence, Pau
Source : AUDAP



> ... portées

Le biais des ombres, illustré précédemment (zoom côtier ACBA), est propre à chaque image et peut varier suivant les fournisseurs. Chaque territoire est donc plus ou moins touché par ce problème, soit du fait du relief, soit de l'horaire de la prise de vue. Un exemple flagrant sur la CAPP concerne la prise de vue matinale qui porte l'étalement de l'ombre de grands arbres vers l'ouest.

Les ombres de grands volumes (bâtiments ou arbres) engendrent donc des pixels foncés (voire noir) qui peuvent s'étaler sur des surfaces perméables (exemple du parc) ou sur des zones imperméables (exemple de la place Verdun, parking Ouest de la caserne de Pau). Ces deux zones ne seront donc pas différenciées par le traitement.



Caserne militaire, quartier Verdun, Pau
Source : AUDAP



! *Il est difficile de contourner ces limites. Nous recommandons de définir les ombres comme perméables. Si elles s'étalent sur la voirie et les bâtiments, elles seront alors supprimées lors de la mise en place des éléments de corrections précédemment cités.*

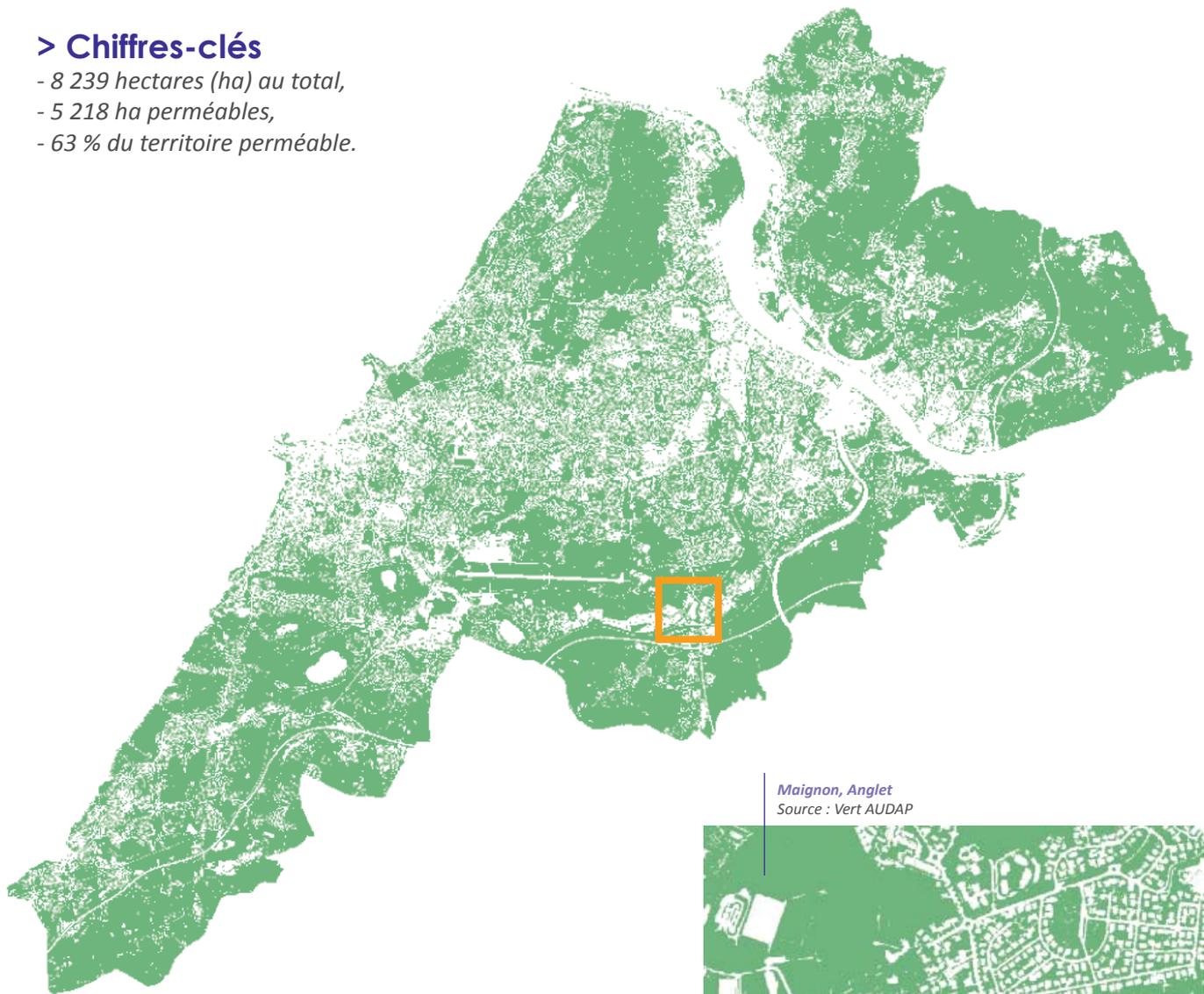
Afin de chiffrer ces limites, des corrections ont été apportées sur les agglomérations de Bayonne et de Pau. Pour chaque limite, ce travail nous permet de connaître l'excédent ou, au contraire, le retrait de végétation en hectare ainsi que le temps nécessaire pour effectuer ces traitements.

Corrections sur l'Agglomération Côte Basque - Adour

Couche vectorielle de la perméabilité des sols

> Chiffres-clés

- 8 239 hectares (ha) au total,
- 5 218 ha perméables,
- 63 % du territoire perméable.



Maignon, Anglet
Source : Vert AUDAP



Correction des sols nus et des ombres



Base brut au vert



Zones végétalisées ajoutées à la base brute



Couche vectorielle corrigée

La première correction effectuée concerne les sols nus. Sur l'Agglomération, certaines pelouses sont « grillées » car la campagne photographique est réalisée en été et la chlorophylle est dans certaines zones peu présente. Ces zones ne ressortent pas toujours, même avec le filtre infrarouge.

L'AUDAP a également choisi d'ajouter les plages afin d'approcher de façon optimale le taux de perméabilité du territoire. C'est lors de cette correction que l'on optimise l'ajout des ombres non prises en compte dans la végétation.

Ce complément de végétation a accru de 56 ha la couche initiale, soit 0,7 % du territoire.

Correction de la voirie



BD Ortho® IRC voirie



Couche vectorielle corrigée

Par un simple découpage de la végétation avec la couche de la voirie, 283 ha ont été retirés, soit 3,4 % du territoire. Cette technique fonctionne relativement bien mais présente le désagrément d'ôter certains terre-pleins centraux des axes de voirie. Il convient de noter que le bénéfice marginal représenté par le rattrapage de l'excès de couverture des voiries excède très largement le coût marginal concédé par la perte de ces terre-pleins.

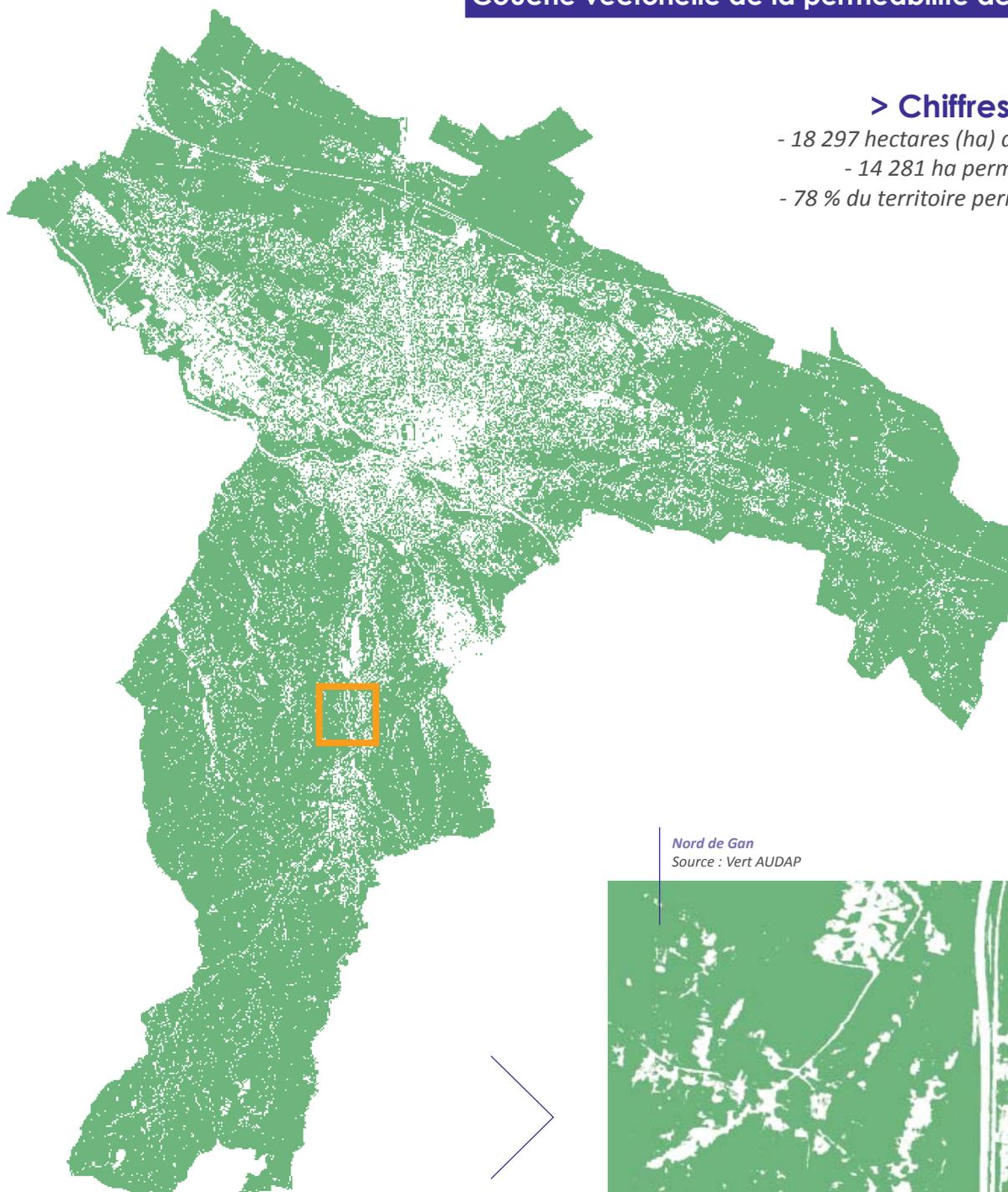


BD Ortho® IRC / bâti

Correction du bâti

La dernière limite concerne les toits ayant de la végétation souhaitée ou pas. Le principe est le même que pour supprimer la végétation en excès sur la voirie. Le bâti du cadastre de la DGFIP a été utilisé et le surplus de végétation découpé. 50 ha sont extraits de la couche du vert par cette méthode, soit 0,6 % du territoire. La pertinence de cette action est cependant discutable. Le bâti numérisé par la DGFIP n'est pas exactement calé sur l'image orthophoto. Des déformations importantes sont observées. Ce biais enlève de la végétation réellement présente sur le terrain. Etant donné que moins de 1 % de l'Agglomération est concerné par cette contrainte et, au regard de la non-fiabilité actuelle de ce traitement, l'AUDAP suggère de ne pas tenir compte de cette limite sur les bâtiments. La végétation sur les toits compense le décalage observé de la numérisation du bâti.

Couche vectorielle de la perméabilité des sols



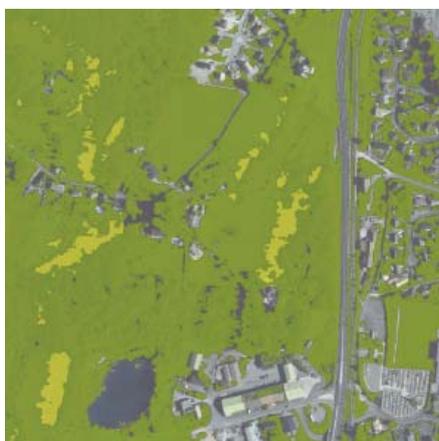
> Chiffres-clés

- 18 297 hectares (ha) au total,
- 14 281 ha perméables,
- 78 % du territoire perméable.

Nord de Gan
Source : Vert AUDAP

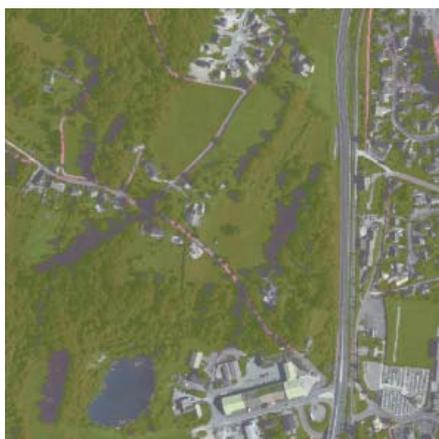
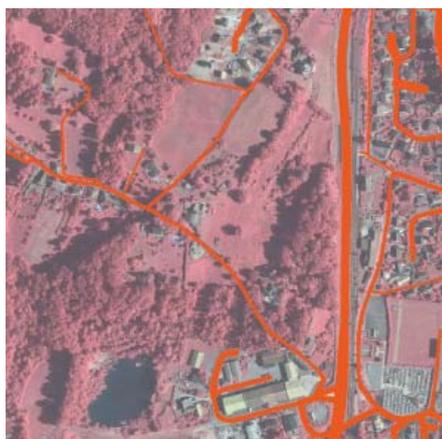


Correction des sols nus et des ombres



D'importantes zones d'ombres ont dû être numérisées manuellement. Une journée a été nécessaire pour effectuer cet ajustement. 600 ha supplémentaires ont été ajoutés à la couche du vert sur la CAPP, soit 3,3 % du territoire.

Correction des voiries



La découpe de la voirie permet de retirer 450 ha et celle du bâti 120 ha, respectivement 2,5 % et 0,7 % du territoire.



Correction du bâti

La numérisation du bâti étant parfois légèrement décalée par rapport à l'orthophoto, ce traitement n'est pas pertinent.

Évolution comparée des corrections appliquées à la base brute sur les agglomérations bayonnaise et paloise

		ACBA	CAPP
Surfaces brutes			
Surface totale	ha	8239	18297
dont surfaces perméables	ha	5218	14281
	%	63,3%	78,1%
Surfaces perméables ajoutées par correction			
Sols nus ou sans culture	ha	+56	+600
	%	+0,7%	+3,3%
Surfaces perméables retirées par correction			
Arbres recouvrant la voirie	ha	-283	-450
	%	-3,4%	-2,5%
Toits végétalisés	ha	-50	-120
	%	-0,6%	-0,7%

Si la surface totale de la Communauté d'Agglomération Pau Pyrénées (CAPP) est plus de deux fois plus vaste que l'Agglomération Côte Basque - Adour (ACBA), cette dernière est bien moins perméable (63,3 % contre 78,5 %). L'Agglomération paloise compte à peine plus de 20% de son territoire imperméabilisé.

L'ajout manuel de sols nus ou sans culture n'apporte quasiment rien sur le territoire de l'ACBA, un peu plus sur celui de la CAPP où les ombres portées étaient importantes. La correction de l'excès de couverture par les végétaux de haute taille est similaire sur les deux agglomérations (autour de 3%) et la correction des toits végétalisés quasi nulle.

Au final, la somme des modifications s'annule sur la CAPP, et, à contrario, produit une légère baisse de la perméabilisation sur l'ACBA de l'ordre de 3 %.

CONCLUSION

IGN BD Ortho® IRC et ArcGIS Spatial Analyst comme solution retenue

Après divers développements méthodologiques destinés à illustrer la richesse des supports, les apports des outils et la profondeur méthodologique, l'Agence d'Urbanisme Atlantique & Pyrénées privilégie la source IGN Orthophoto IRC 2009 et Spatial Analyst de la Société ArcGIS.

Les raisons en sont simples :

- disponibilité de la source IGN BD Ortho® IRC sur le millésime 2009, millésime identique au MOS du GIP littoral,
- rapidité de traitement du logiciel ArcGIS Spatial Analyst pour la production de la couche vectorielle d'espace perméable à l'échelle du département des Pyrénées-Atlantiques et du sud des Landes.

“ *l'Agence d'Urbanisme Atlantique & Pyrénées privilégie la source IGN BD Ortho® IRC 2009 et Spatial Analyst de la Société ArcGIS (...) Les raisons en sont simples : disponibilité de la source (...) rapidité de traitement (...)* ”

Une méthodologie reproductible

La plus value de cette nouvelle couche géographique est très diversifiée :

- elle apporte de la donnée dans des territoires où il n'en existait aucune,
- elle vient compléter les MOS sur les territoires où ils existent.

De plus, au regard du niveau de finesse extrême de la donnée, il est possible par différentes manipulations de lisser les biais méthodologiques :

- croisement avec la BD Topo® de l'IGN pour corriger les excès de couverture de la végétation sur les voiries,
- compléments de digitalisation pour améliorer la qualité (ombres portées des forêts, terrains nus....),
- suppression des aberrations concernant les toitures par un recouplement avec le cadastre bâti.

La reproductibilité de cette méthodologie ne pose aucun problème technique puisque l'IGN produit régulièrement une couche Orthophoto IRC et que la méthodologie développée est mise à disposition au moyen de cette publication.

L'appropriation des données est très simple car ces dernières sont fournies en couche

[...]

[...]

SIG vectorielle agrégée à l'échelle des intercommunalités. Un simple logiciel SIG gratuit permet de les visualiser et de les croiser avec d'autres référentiels.

Une ouverture vers les images satellitaires (PLÉIADES)

L'AUDAP a choisi l'option méthodologique reposant sur l'IGN BD Ortho® IRC 2009 et Spatial Analyst, mais a développé dans le même temps une méthodologie reposant non plus sur des orthophoto mais sur des images satellites.

Les images Pléiades disponibles grâce au consortium GÉOSUD ont été travaillées car elles sont un recours potentiel à la disparition éventuelle des Orthophoto IRC. L'image satellitaire de haute précision permet de plus des traitements bien supérieurs aux couches utilisées pour la perméabilité/imperméabilité des sols. ■



Note de l'Observatoire # 13 | Mars 2013

Cette treizieme note de l'Observatoire partenarial propose un exemple d'identification des surfaces perméables pour une approche paysagère dans le cadre du Schéma d'agglomération de la Communauté d'Agglomération Pau Pyrénées.

Sur le web

www.observatoire-64.org
www.audap.org

Contacts

Mathieu LASSERRE / m.lasserre@audap.org
 François BEDOUE / f.bedouet@audap.org

**Agence d'Urbanisme
Atlantique & Pyrénées**

Petite caserne
 2 allée des platanes - BP 628
 64106 Bayonne Cedex
 Tél. 05 59 46 50 10

4 rue Henri IV - Porte J
 64000 Pau
 Tél. 05 33 64 00 30

www.audap.org