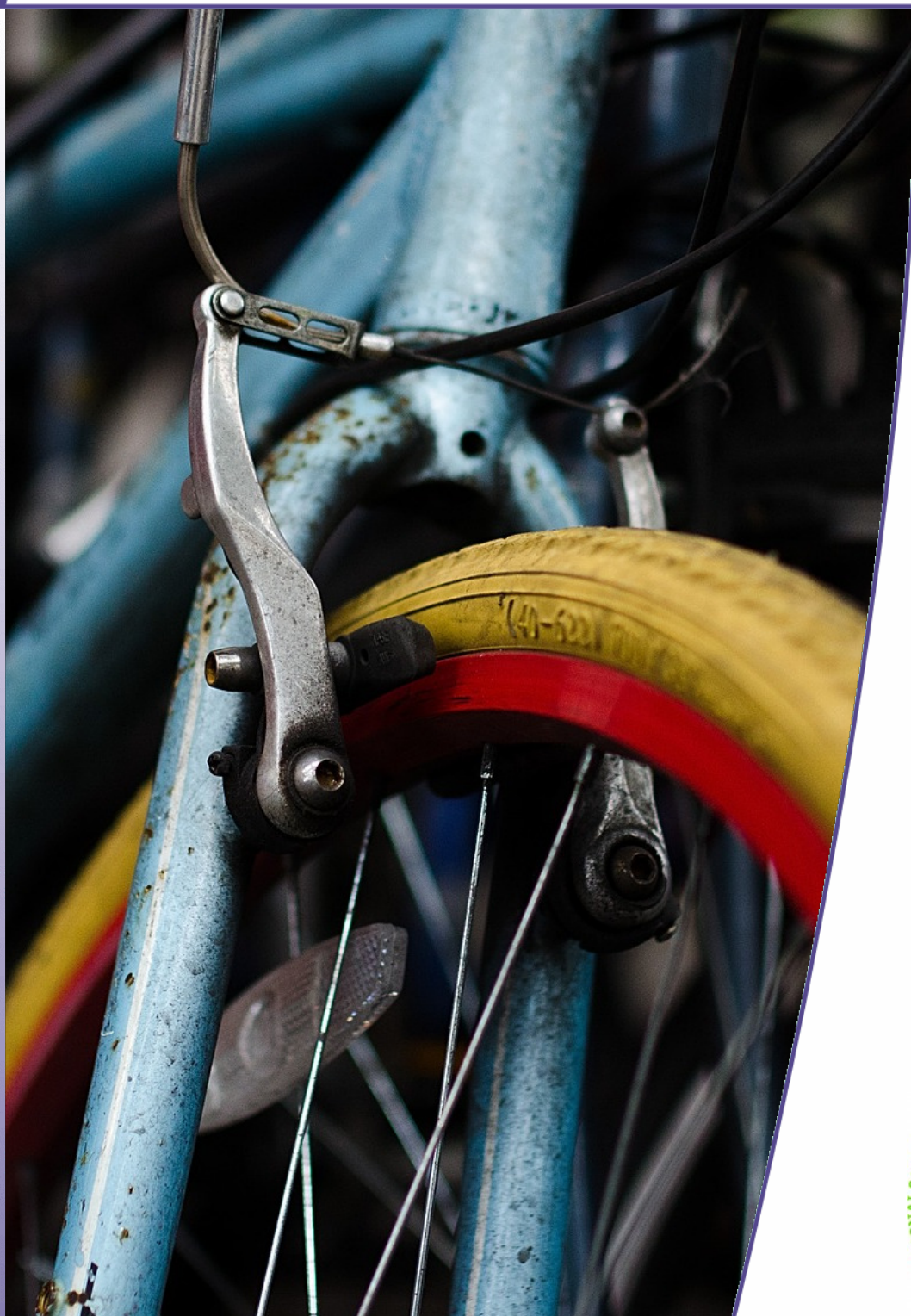


Étude*Le potentiel des véloroutes et
des voies vertes comme
support de la mobilité
quotidienne*

Rapport réalisé par Carto'Cité et C-Mobilité, pour le compte de la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) Pays de la Loire.



Auteurs : Charles Millet (Carto'Cité), Antoine Riche (Carto'Cité), Corentin Lemaitre (Ad'Missions, C-Mobilité),

Maîtrise d'ouvrage : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Pays de la Loire – Service Intermodalité Aménagement Logement – Division Intermodalité

Assistance à maîtrise d'ouvrage : centre d'études sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) – Direction Territoriale Ouest – Département infrastructures, mobilité, environnement et risques (DIMER – groupe sécurité des déplacements)



Cette étude contribue à la mise en œuvre du troisième plan régional santé environnement (PRSE 3)

Crédit photo page de garde : ©multisport.ph

Table des matières

1 Introduction.....	5		
1.A Contexte.....	5		
1.B Objectif de l'étude.....	5		
1.C Présentation du document.....	6		
1.D Présentation de l'équipe.....	6		
1.E Définition de l'étude.....	6		
1.F Postulats.....	7		
1.G Suites de l'étude.....	7		
2 Résumé semi-technique.....	8		
2.A Étapes.....	8		
2.B Filtrer les sections à plus fort potentiel.....	8		
2.C Définition de la cyclabilité.....	8		
2.D Numérisation.....	9		
2.E Analyse.....	9		
2.F Choix d'OpenStreetMap.....	10		
3 Premier filtre.....	11		
3.A Méthode de calcul du potentiel usager vélo.....	11		
3.A.a Quantification des déplacements quotidiens.....	11		
3.A.b Principe général de calcul du potentiel.....	11		
3.A.c Prise en compte de la diversité des PGD.....	11		
3.A.d Prise en compte de la distance parcourue à vélo.....	12		
3.A.e Mise en œuvre.....	12		
3.A.f Identification et quantification des PGD.....	13		
3.B Synthèse des distances des 3V aux PGD.....	14		
3.B.a Récupération des distances.....	14		
3.B.b Calcul du nombre d'individus par tranche de distance.....	16		
3.B.c Calcul du potentiel par tranche de distance.....	17		
3.B.d Calcul du potentiel par type de PGD.....	17		
3.B.e Calcul du potentiel final.....	18		
3.B.f Le filtre.....	18		
3.C Résultats.....	18		
4 Caractérisation de la cyclabilité des 3V filtrées.....	20		
4.A Introduction.....	20		
4.B Objectifs.....	20		
4.C Choix des sites pilotes.....	20		
4.D Déroulement du terrain.....	21		
4.E Méthode de sélection des critères.....	22		
4.E.a Critères observés sur les 3V.....	22		
4.E.b Choix des critères à partir des fréquentations.....	23		
4.E.c Choix des critères par expertise.....	24		
4.F Critères et modèle retenu.....	24		
4.F.a Création des indicateurs à partir des critères.....	25		
4.F.b Synthèse des indicateurs pour la création de l'indice de cyclabilité.....	26		
4.G Généralisation de la méthode.....	26		
5 Analyse et production de l'indice.....	27		
5.A Numérisation.....	27		
5.B Préparation des données.....	27		
5.B.a Pré-traitement des données.....	27		
5.B.b Récupération des données OpenStreetMap.....	27		
5.B.c Conversion.....	27		
5.B.d Reprojection.....	28		
5.B.e Filtrage des routes.....	28		
5.B.f Distinction des 3V et de la porosité.....	28		
5.B.g Traitement topologique.....	29		
5.B.h Identifier les 3V filtrées.....	29		
5.C Création des critères.....	30		
5.C.a Présentation.....	30		
5.C.b Type de voie.....	30		
5.C.c Largeur.....	30		
5.C.d Revêtement.....	31		
5.C.e Relief.....	31		
5.C.f Directivité.....	31		
5.C.g Porosité.....	31		
5.D Création des indicateurs.....	32		
5.D.a Sécurité.....	32		
5.D.b Confort.....	32		
5.D.c Efficacité.....	32		
5.D.d Résultats.....	33		
5.E Calcul de l'indice final.....	36		
5.F Détails de l'indice par zone.....	37		
6 Résultats et conclusion.....	45		
6.A Résultats globaux.....	45		
6.B Limites de l'étude.....	45		
6.B.a Évaluation des déplacements quotidiens.....	45		
6.B.b Échelle de notre étude.....	45		
6.B.c Reproductibilité.....	45		
6.B.d Informations non prises en compte.....	45		
6.C Amélioration de la méthode.....	46		
6.C.a Prise en compte des évolutions des distances du déplacement domicile-travail par commune.....	46		
6.C.b Routage réel.....	46		
7 Fiches communales.....	47		
7.A Présentation des fiches automatisées.....	47		
7.B Présentation des fiches détaillées.....	48		
8 Annexes.....	49		
8.A Liste des communes concernées par les 3V filtrées.....	50		
8.B Numérisation.....	52		
8.B.a OpenStreetMap.....	52		
8.B.b Source des données.....	52		
8.B.c Outil de numérisation.....	52		
8.B.d Mise à jour des itinéraires dans OpenStreetMap.....	52		
8.B.e Renseignement des paramètres.....	53		
8.C Détail des analyses.....	55		
8.C.a Type de voie.....	55		
8.C.b Largeur.....	55		
8.C.c Revêtement.....	56		
8.C.d Indicateur sécurité.....	57		
8.C.e Indicateur confort.....	57		
8.D Glossaire.....	58		
8.E Fiches communales automatisées.....	59		
8.F Fiches détaillées par secteur.....	60		

Table des illustrations

Schéma des indicateurs de cyclabilité.....	9
Illustration de mise en valeurs de données de cyclabilité sous OpenStreetMap.....	10
Carte des Pôles Générateurs de Déplacements (PGD) par type en Pays de la Loire.....	13
Carte des portions de 3V comptant plus de 10 000 habitants à moins de 6 km.....	15
Carte des portions de 3V disposant d'un PGD transport à moins de 2 km.....	16
Carte des 3V filtrées.....	19
Photo d'une sortie de terrain avec le V4MBike.....	21
Carte des sites pilotes et des points de comptage associés.....	22
Schéma des indicateurs de cyclabilité.....	24
Schéma des indicateurs de cyclabilité : modèle théorique.....	25
Schéma des indicateurs de cyclabilité : modèle retenu.....	26
illustration du traitement topologique (avant/après).....	29
Carte de l'indicateur Sécurité.....	33
Carte de l'indicateur Confort.....	34
Carte de l'indicateur Efficacité.....	35
Carte de l'indice de cyclabilité.....	36
Carte de zone Loire-Atlantique Ouest.....	37
Carte de zone Loire-Atlantique Est et Vendée Nord.....	38
Carte de zone Vendée Ouest.....	39
Carte de zone Vendée Est.....	40
Carte de zone Maine-et-Loire Ouest.....	41
Carte de zone Maine-et-Loire Est et Sarthe Sud.....	42
Carte de zone Sarthe Nord.....	43
Carte de zone Mayenne.....	44
Situation des communes avec 3V filtrées et celles ayant fait l'objet d'un travail de terrain complémentaire.....	48
Carte de comparaison des données ON3V (gauche) et OpenStreetMap (droite).....	53

1 Introduction

1.A Contexte

Ces dernières années, de nombreuses agglomérations ont développé des réseaux d'aménagements cyclables afin de favoriser la mobilité à vélo. Le vélo offre de nombreux avantages par rapport aux autres modes de déplacement : impact réduit sur l'environnement, utilisation efficiente de l'espace urbain, bénéfices pour santé et maîtrise du temps de trajet pour ses utilisateurs. Les aménagements cyclables et la contrainte sur les déplacements automobiles ont permis le développement de la part des déplacements quotidiens effectués à vélo.

Plusieurs éléments ont marqué l'engagement de la France pour le développement du tourisme à vélo à travers la construction du réseau de véloroutes et voies vertes :

- Le *Schéma National Véloroutes et Voies Vertes* (SN3V) adopté par le Comité interministériel d'aménagement du territoire du 15 décembre 1998 a permis de planifier la réalisation d'aménagements cyclables à l'échelle de la France.
- En 2014 le ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, dénombre 10 000 km de Voies Vertes et Véloroutes (3V) aménagées en France, et se donne l'objectif de tripler ce résultat d'ici à 2020.

La Région Pays de la Loire a prévu, lors de l'élaboration du *Schéma Régional Véloroutes et Voies Vertes* (SR3V), de développer la pratique du vélo auprès des publics touristiques et locaux. L'objectif est l'aménagement de 2 400 km d'itinéraires cyclables structurants. Elle propose un soutien à la création, à la sécurisation et à la modernisation des itinéraires cyclables qui sont inscrits au SR3V.

Dans les villes moyennes et dans les zones rurales, peu d'aménagements cyclables existent. L'existence d'un réseau 3V sur la commune est alors une opportunité pour le développement de la pratique du vélo. Les comptages réalisés le long des Véloroutes et Voies Vertes ont révélé que des sections sont utilisées pour des déplacements pendulaires. Notre étude vise à connaître le potentiel d'utilisation de ce réseau pour chaque commune, afin qu'il soit valorisé et optimisé pour une utilisation dans le cadre des déplacements quotidiens à vélo.

1.B Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est d'estimer le *potentiel des Véloroutes et Voies Vertes comme support de la mobilité quotidienne en Pays de la Loire*, (1^{ère} phase de l'étude), pour ensuite apporter un éclairage au niveau communal de ces potentiels, des freins et des leviers pour l'utiliser (2^e phase de l'étude).

Dans cette première phase, nous avons défini une méthode, procédé à des relevés de données et à des analyses aboutissant à différents indicateurs pour qualifier ce potentiel. Celui-ci a été considéré de manière relative, c'est-à-dire qu'il s'agit d'identifier quelles sections ont un bon potentiel, un potentiel moyen ou un mauvais potentiel. De plus, la méthode est propre à un territoire donné (une région) et n'a pas pour but de comparer le potentiel entre différents territoires ; à ce titre il s'agit également d'une approche relative.

Dans la deuxième phase nous avons réalisé des fiches communales et un travail de terrain complémentaire pour relever et illustrer la cyclabilité à l'échelle des communes.

1.C Présentation du document

Dans un premier temps ce document présente un résumé semi-technique de la méthode afin de permettre au lecteur de s'approprier les principes avant de la détailler.

Ensuite, nous présentons l'ensemble des détails de la méthode : le *premier filtre* qui a permis de sélectionner les 3V à plus fort potentiel en considérant le territoire (*habitation résidentielle, activité, transport*) ; puis l'étape qui a permis de décrire la cyclabilité des 3V et de construire la méthodologie d'évaluation. Enfin, nous détaillons les analyses que nous avons appliquées pour révéler le potentiel de cyclabilité à travers des *critères*, leur synthèse en *indicateurs* et enfin en *indice* de cyclabilité. La dernière partie reprend les résultats de l'étude et présente les travaux complémentaires pour la réalisation des fiches communales détaillées.

Une partie *annexe* détaille certains aspects techniques de l'étude tels que les techniques de numérisation et de relevés en lien avec l'utilisation d'OpenStreetMap comme support de la donnée géographique ainsi que les formules utilisées sous le logiciel QGIS pour réaliser les traitements. Les fiches communales automatisées ainsi que les fiches communales détaillées sont présentées respectivement en annexe E et F.

1.D Présentation de l'équipe

Maîtrise d'ouvrage : DREAL Pays de la Loire / SIAL / DI

Maîtrise d'œuvre : Antoine RICHE (Carto'Cité), Charles MILLET (Carto'Cité), Corentin LEMAITRE (Ad'Missions - C-Mobilité)

Comité de pilotage : Alexandre STRAUSS (DREAL/SIAL/DI), Christophe BARGAIN (DREAL/SIAL/DI), Nicolas BOUDESSEUL (DREAL/SIAL/DI) – responsable de l'étude, Sylvie GUIMERA (DREAL/SIAL/DI), Gilles ABOUCAYA (CEREMA/DterOuest/DIMER), Gilles Blanchard (CEREMA/DterOuest/DIMER), Sébastien BOURCIER (ADEME)

1.E Définition de l'étude

Nous définissons ici les termes principaux de l'objectif de l'étude :

- Une **véloroute** est un itinéraire cyclable à moyenne ou longue distance linéaire, continu, jalonné, sécurisé et incitatif¹. Une **voie verte** est un aménagement en site propre réservé à la circulation des modes non-motorisés (roller, vélo, fauteuil roulant, etc.)². La région Pays de la Loire compte plus de 3 000 km de 3V avec une variété importante de types d'aménagements et de qualités³. Un jeu de données nous permet de connaître le tracé de ce réseau, celui de l'Observatoire National des Véloroutes et Voies Vertes (ON3V).
- La **mobilité quotidienne** se définit en la distinguant de la mobilité exceptionnelle ou la mobilité touristique pour laquelle le réseau de 3V a été construit. Le déplacement quotidien est lié à un motif (par exemple : se rendre au travail) et n'est pas une fin en soit (en opposition au tourisme à vélo ou à la balade). Le choix du mode de déplacement et du parcours est effectué par l'utilisateur pour minimiser les impacts de ce déplacement (perte de temps, d'argent, fatigue, changement, réflexion, etc.).

1 <http://www.af3v.org/-Veloroute-.html> : définition d'une véloroute par l'AF3V.

2 <http://www.af3v.org/-Voie-verte-.html> : définition d'une voie verte par l'AF3V.

3 Open Data de l'ON3V

- En analysant le **potentiel**, cette étude ne donne pas une mesure actuelle de l'utilisation du réseau de 3V pour des déplacements quotidiens. La démarche est prospective et cherche à évaluer les raisons et les sources d'un déplacement quotidien sur le réseau 3V. De nombreux concepts et estimations ont été utilisés pour cela.
- L'utilisation du réseau de 3V pour un déplacement au quotidien signifie que le déplacement est réalisé à vélo *et* qu'une partie du trajet emprunte le réseau de 3V. Nous chercherons donc à répondre à plusieurs questions : comment la présence d'une véloroute ou d'une voie verte peut affecter le choix du mode de déplacement ? Quels sont les critères qui font qu'un trajet utilisera une partie du réseau de 3V ? La réponse à ces deux questions nous permettra de construire une méthode d'évaluation du potentiel des 3V.

1.F Postulats

L'analyse se base sur plusieurs postulats qu'il est important de formuler pour expliquer la démarche :

- La quantité de déplacements quotidiens réalisés en vélo dépend en premier lieu du nombre de déplacements (tous modes) et de la part modale du vélo.
- La longueur du déplacement influence le choix modal. Le vélo ne sera pris en compte pour la réalisation d'un déplacement quotidien que jusqu'à une certaine distance.
- Les qualités du réseau 3V influencent la part modale du vélo dans les déplacements quotidiens : un aménagement vélo de qualité favorise le choix modal du vélo.
- La démarche d'étude est prévue pour s'appliquer au niveau régional et s'adapter au mieux à la diversité de territoire. L'échelle macro de l'étude ne permet pas d'avoir une finesse d'interprétation des qualités cyclables d'un lieu précis.
- Le potentiel sera considéré comme étant le même dans les deux sens de circulation.

1.G Suites de l'étude

À partir de cette étude deux missions complémentaires ont été réalisées par Carto'Cité et C-Mobilité :

- Création de fiches communales présentant les résultats de l'étude pour chacune des 124 communes de la Région ayant une portion de 3V filtrée sur leur territoire. L'*indice* final et l'ensemble des *indicateurs* (*sécurité*, *efficacité* et *confort*) sont présentés sur ces fiches. Une carte présente à l'échelle de la commune la variation de l'*indice* de cyclabilité, les sections pouvant être améliorées ainsi que les arrêts de transport majeur et les lieux d'activité économique sur le territoire.
- Pour 26 communes, sélectionnées par la DREAL pour leur représentativité en termes de diversité de situation géographique et démographique et leur démarche volontaire, des fiches communales *terrain* ont été réalisées. Ces fiches présentent une expertise du réseau de 3V et des pistes pour augmenter son potentiel pour les déplacements quotidiens dans la commune.

2 Résumé semi-technique

Cette partie permet d'appréhender la méthodologie dans sa globalité. Les détails seront développés dans la suite du document. Elle constitue ainsi un résumé semi-technique.

2.A Étapes

- Premier filtre pour conserver les 3V ayant le plus de potentiel.
- Validation méthodologique : recours à des sites pilotes pour établir la méthodologie et généraliser le relevé des données.
- Relevé des données : numérisation des informations.
- Analyse des données pour produire des indicateurs et un indice de cyclabilité.

2.B Filtrer les sections à plus fort potentiel

Ce premier filtre a permis de sélectionner les portions de 3V qui ont le plus grand potentiel de déplacements quotidiens. Cette étape est basée uniquement sur les informations liées au **territoire** : répartition des **pôles générateurs de déplacement** (PGD) (*habitation, activité et transport*). Il est basé sur un critère simple : **la distance**. Il n'est pas lié aux caractéristiques des 3V (relief, largeur, etc.).

Nous avons évalué le **nombre de déplacements potentiels théoriques** des 3V pour créer l'indice **potentiel usager vélo (PUV)**. Ce potentiel témoigne de leur **distance** aux PGD, du **nombre d'individus** qu'ils représentent, de leur **capacité à relier des PGD** et de la **diversité** des types de PGD.

Une **valeur seuil** permet de distinguer les portions de 3V en fonction de leur potentiel pour ne conserver que les forts potentiels : *premier filtre*. Suite à ce premier filtre, tous les travaux et analyses sont faits sur les portions filtrées.

2.C Définition de la cyclabilité

L'objectif de cette étape est de sélectionner les **critères** qui seront retenus pour analyser la cyclabilité, définir la méthode d'analyse, valider la méthode de relevé de données et généraliser sa mise en œuvre.

Des **sites pilotes**, traduisant un échantillon représentatif de sections de 3V ayant fait l'objet d'un comptage, ont été sélectionnés. Ces sites ont fait l'objet d'une collecte de données à partir des **données existantes** et à partir d'un **relevé de terrain** sur un ensemble de paramètres.

Ce travail en site pilotes a permis d'identifier les **critères** de cyclabilité et de valider la méthode pour produire les **indicateurs** de cyclabilité. Il a également servi de **référence pour la collecte des données** lors de la phase de numérisation (validation des méthodes, relation entre les photos aériennes et le terrain, etc.).

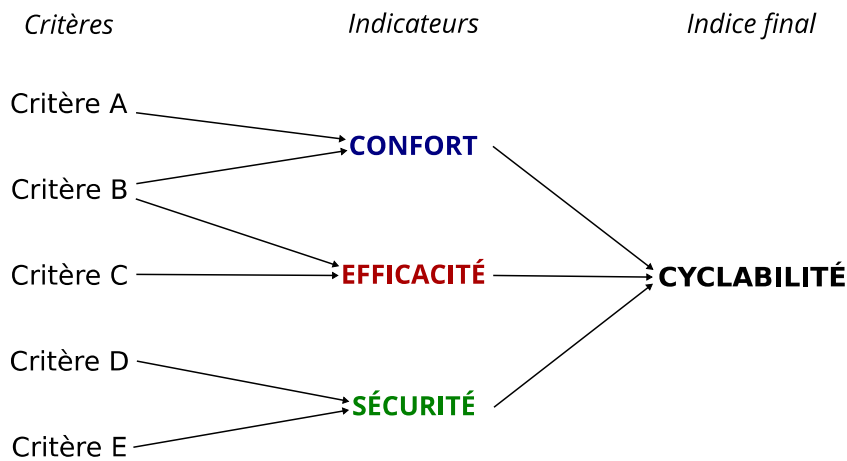


Schéma des indicateurs de cyclabilité

Le modèle est détaillé dans la partie 4.F : *Critères et modèle retenu* p.24.

2.D Numérisation

La phase de numérisation a consisté à renseigner la base de données **OpenStreetMap**¹ avec les différentes informations nécessaires pour l'analyse. Le choix d'OpenStreetMap comme support de la donnée est décrit dans la suite du document (cf. 2.F *Choix d'OpenStreetMap* p. 10).

La phase de numérisation s'est déroulée en deux étapes principales :

- Compléter et mettre à jour les itinéraires des 3V dans OpenStreetMap.
- Renseigner les informations (vitesse, largeur, etc.) permettant de traduire les *critères*.

L'ensemble des 3V filtrées a ainsi été contrôlé. Nous avons donc réalisé la **collecte des données** permettant de caractériser les *critères*. Cette collecte a été réalisée à partir du travail de terrain, de l'analyse des photos aériennes et d'autres sources de données utilisables pour renseigner OpenStreetMap : photos, cadastre, etc.

La phase de numérisation a abouti à un jeu de données complet pour l'ensemble des 3V filtrées.

2.E Analyse

Les analyses ont été faites grâce à différents traitements géomatiques et logiques réalisés sous **QGIS**² et sur **tableur**.

À partir des données numérisées et des données de topographie nous avons produit les *critères* puis les *indicateurs*. Les *indicateurs* ont enfin permis de produire l'*indice de cyclabilité*.

À partir des *indicateurs* et de l'*indice de cyclabilité* nous avons produit des **cartes** mettant en évidence le potentiel des sections.

¹ OpenStreetMap est une base de données géographique libre et mondiale contenant de nombreuses données de cyclabilité.

² QGIS est un logiciel SIG (système d'information géographique) libre multiplate-forme publié sous licence GPL (Général Public Licence)..

2.F Choix d'OpenStreetMap

Nous avons fait le choix d'utiliser OpenStreetMap comme support de l'information géographique.

La communauté des contributeurs et utilisateurs d'OpenStreetMap, qu'ils soient particuliers, associatifs et professionnels, comporte une très grande part dédiée au vélo. La conséquence est que **les données de cyclabilité sont très riches** (cf. *Illustration de mise en valeurs de données de cyclabilité sous OpenStreetMap* p. 10).

De plus le modèle de données d'OpenStreetMap est parfaitement adapté pour mener des études de cyclabilité. En effet, la plupart des paramètres peuvent être stockés : piste, bande, sens de circulation, qualité de la surface, largeur, éclairage, priorité, etc. Les Véloroutes et Voies Vertes y sont d'ailleurs déjà bien décrites.

Les avantages d'OpenStreetMap dans le cadre de cette étude sont donc nombreux :

- Précision des données.
- Données de cyclabilité de référence : qualité et quantité des données cyclables du fait du foisonnement des contributions et de la réactivité des acteurs.
- Routage : les données sont presque immédiatement utilisables avec les outils de routage traditionnels du fait de leur qualité topologique. À ce titre il est intéressant de constater que la plupart des calculateurs d'itinéraires vélo accessibles sur internet ou sur smartphone s'appuient sur les données OpenStreetMap (GéoVélo, Mappy, Mapzen, OpenTripPlanner, OpenRouteService, etc.).
- Pérennité : OpenStreetMap est développé depuis 2004, son utilisation touche de plus en plus de domaines et la licence qui encadre les données garantit sa disponibilité à très long terme.
- Numérisation simplifiée : les outils dédiés à la numérisation de données OpenStreetMap sont nombreux, performants, et très ergonomiques. Ils représentent clairement un atout majeur pour tous les travaux de numérisation d'information géographique.
- L'accès aux données de la base de données OpenStreetMap est gratuit.

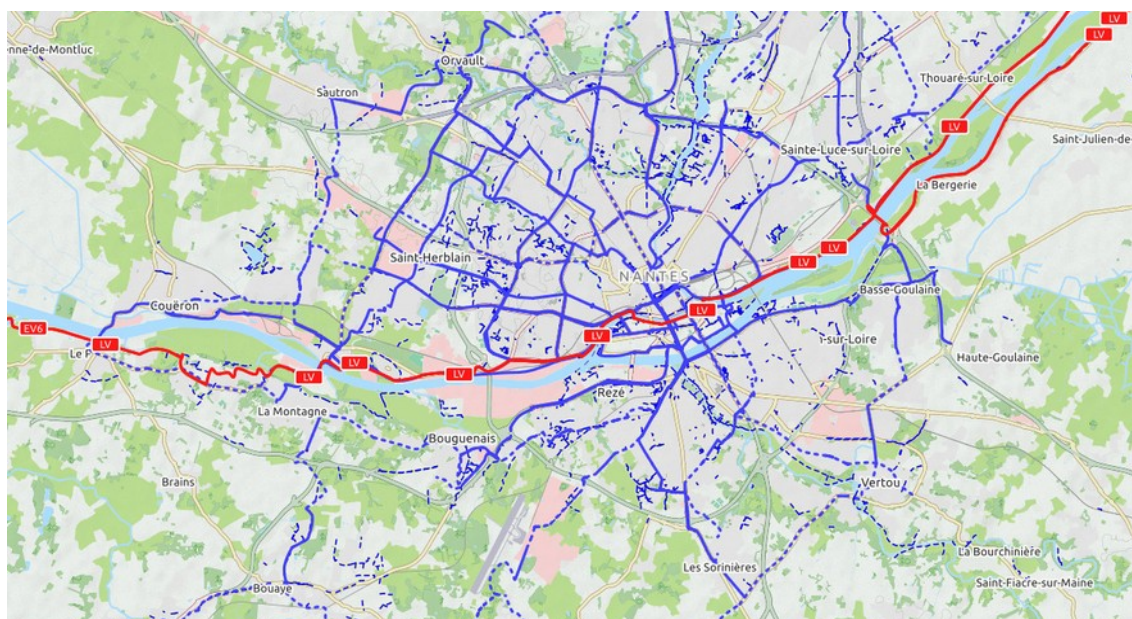


Illustration de mise en valeurs de données de cyclabilité sous OpenStreetMap

3 Premier filtre

3.A Méthode de calcul du potentiel usager vélo

3.A.a Quantification des déplacements quotidiens

Les déplacements quotidiens sont regroupés selon 4 grands motifs :

- pour se rendre sur son lieu d'activité : lieu de travail ou d'étude ;
- pour effectuer des achats ;
- pour du loisir : visite, activité sportive ou culturelle, restaurant, etc.
- pour des affaires personnelles : soins, recherche d'emploi, accompagnement, etc.

En moyenne en France les trajets à motif d'*activité* représentent environ 30% du nombre de déplacements (issu des Enquête ménages déplacement¹). La distance parcourue pour ce motif est en moyenne deux fois plus importante que pour les autres motifs de déplacement. Dans la chaîne de déplacements quotidiens, le mode de déplacement choisi pour *activité* conditionne les autres déplacements. De plus, le lieu de domicile ou de travail sert de point de départ ou de destination pour la plupart des autres motifs de déplacement.

Pour toutes ces raisons, on approxime, pour cette étude, l'ensemble des déplacements quotidiens à la seule connaissance des **Pôles Générateurs de Déplacements** (PGD) de type **habitation et activité**. L'intermodalité avec les transports publics permettant d'augmenter la portée des déplacements à vélo, les PGD de type **transport** compléteront les pôles *habitation et activité*.

3.A.b Principe général de calcul du potentiel

Pour élaborer des règles de calcul pour le **potentiel usager vélo (PUV)**, nous nous basons sur un modèle que l'on peut illustrer avec les exemples suivants :

- exemple 1 : Une portion de 3V proche de PGD représentant un grand nombre d'individus aura un *PUV* fort.
- exemple 2 : Une portion de 3V éloignée qui concerne un grand nombre d'individus pourra avoir le même *PUV* qu'une portion proche qui implique un faible nombre d'individus.
- Exemple 3 : Une portion de 3V proche d'un seul type de pôle (*habitat* ou *activité*), aura un *PUV* plus faible qu'une portion proche à la fois de pôle *habitat* et *activité*. En effet la diversité fonctionnelle du territoire favorise la pratique des modes actifs par le concept de *ville des courtes distances*.
- Exemple 4 : La portée des déplacements à vélo peut être augmentée grâce à l'intermodalité avec les transports en commun (train essentiellement). Une portion de 3V proche d'un arrêt de transport en commun structurant sera valorisée.

3.A.c Prise en compte de la diversité des PGD

Grâce à la répartition de la population (individus de plus de 6 ans) sur le territoire ainsi que l'ensemble des lieux d'emplois, nous avons localisé les origines et destinations des

1 Enquête ménage déplacement et Enquête déplacement grand territoire

déplacements *domicile-travail* et *domicile-étude*. La connaissance des fréquentations des arrêts de transports majeurs (gares et gares routières) donne une information complémentaire qui permet de prendre en compte l'**intermodalité**.

Notre postulat est qu'un déplacement quotidien est réalisé pour relier deux lieux ayant des usages différents : du lieu de *domicile* vers un lieu de *transport* ou *activité* par exemple. Pour cette raison nous avons **quantifié** la capacité des PGD de types différents à être relié. Cette étape produit un nombre de déplacements *potentiel* par tranche de distance.

Par exemple, dans un rayon de 2 km comprenant 100 habitants et 300 emplois, nous estimons 100 déplacements possibles mesurant chacun moins de 4 km. Cette estimation ne décrit pas réellement les déplacements dans la zone (les 100 habitants ne travaillent pas tous dans la même zone) mais cette mesure offre une première évaluation du *potentiel* de déplacements et de leurs distances. Cela valorise les territoires ayant une diversité fonctionnelle (répartition de lieux d'activité et de lieux d'habitat) qui permettent une *ville des courtes distance* favorable à l'utilisation de modes non motorisés.

À la fin de cette étape nous obtenons des quantités de déplacements par type de liaison et par classe de distance. Afin de prendre en compte les déplacements multimodaux, nous avons choisi avec le comité de pilotage de faire la somme des déplacements estimés entre *domicile* et *activité* et ceux estimés entre *domicile* et *transport*.

3.A.d Prise en compte de la distance parcourue à vélo

Pour calculer le *PUV*, la **distance** d'un déplacement réalisable à vélo doit être prise en compte. Une étude de l'Insee¹ sur la répartition modale des déplacements par tranche de distance nous fournit des valeurs pour établir une pondération.

En accord avec le comité de pilotage, nous avons fixé la **distance maximale à 10 km** (en considérant l'allongement des distances permis par le vélo à assistance électrique (VAE). Pour une distance supérieure à 10 km nous estimons que le potentiel de déplacement quotidien à vélo est nul. Pour une distance inférieure à 2 km nous estimons que tout déplacement peut être réalisé en vélo. Entre ces deux valeurs nous avons établi une variation linéaire proche des résultats de l'étude Insee :

- de 2 à 4 km : 80 % des déplacements sont considérés réalisables à vélo
- de 4 à 6 km : 60 % des déplacements sont considérés réalisables à vélo
- de 6 à 8 km : 40 % des déplacements sont considérés réalisables à vélo
- de 8 à 10 km : 20 % des déplacements sont considérés réalisables à vélo

Le *PUV* est calculé en additionnant l'ensemble des déplacements considérés réalisables en vélo (utilisation d'une somme pondérée).

3.A.e Mise en œuvre

La mise en œuvre s'est faite en 2 étapes principales :

- Identification et quantification des PGD.
- Synthèse des distances des 3V aux PGD.

Les données de l'ON3V ont été utilisées dans un premier temps à la place des données OpenStreetMap. En effet, les itinéraires devaient être complétés avant d'être utilisables

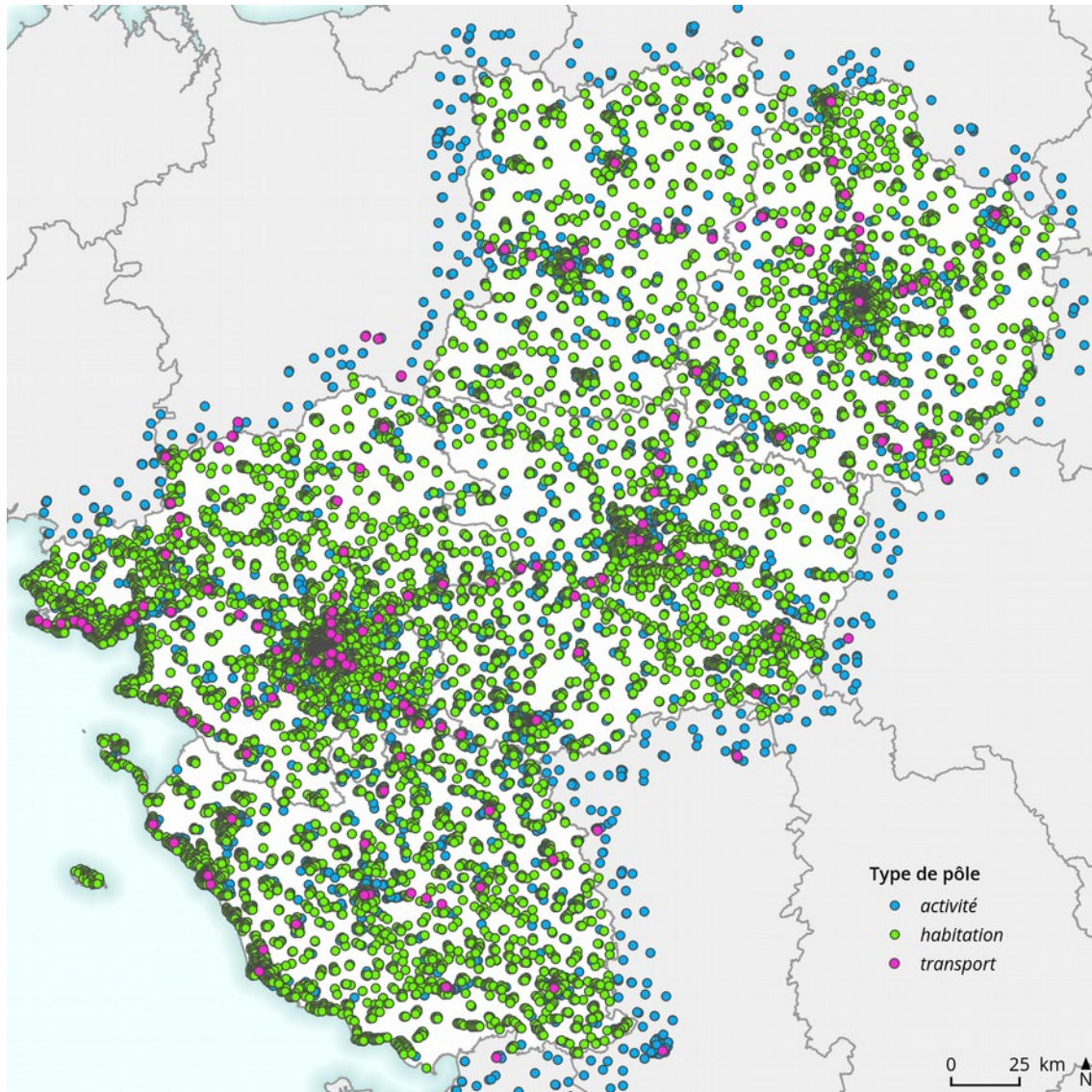
1 Insee Flash Auvergne-Rhône-Alpes N°24 : Janvier 2017

comme données de référence pour les analyses (cf. 8.B.d Mise à jour des itinéraires dans OpenStreetMap, p. 52).

3.A.f Identification et quantification des PGD

Les PGD ont été identifiés et quantifiés à partir de données de références (IGN, Insee, SNCF, Ministères). Pour chaque type de données nous avons eu la possibilité d'avoir une **information quantitative** permettant de travailler avec un **nombre d'individus suffisamment précis** apportant une information plus riche que la distinction pôle majeur / pôle simple envisagée dans un premier temps.

La carte suivante montre le résultat de cette étape :



Carte des Pôles Générateurs de Déplacements (PGD) par type en Pays de la Loire

Toutes les sources de données (à l'exception de la BD Carto® IGN) utilisées pour localiser les PGD, sont des **données libres** et gratuites afin d'assurer une reproductibilité de la méthode. Toutes les opérations ont été réalisées sous QGIS. Pour chaque ensemble, 2 étapes ont été nécessaires ; la localisation et la quantification qui sont généralement présentes dans des sources de données différentes :

- *Habitation* : localisation avec la BD Carto® (IGN) ; quantification à l'aide du carroyage de la population (Insee).
- *Activité* : localisation et quantification grâce à la base Sirene de l'Insee et aux données ouvertes du Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.
- *Transport* : localisation et quantification des gares ferroviaires grâce aux données ouvertes de la SNCF ; localisation des gares routières grâce aux données ouvertes de la Région Pays de la Loire (pas de données quantitatives).

3.B Synthèse des distances des 3V aux PGD

3.B.a Récupération des distances

L'objectif de cette étape est de récupérer les informations de distance entre les 3V et les PGD. La distance entre les 3V et les PGD a été décrite avec un pas de 2 km : 2 km, 4 km, 6 km, 8 km et 10 km.

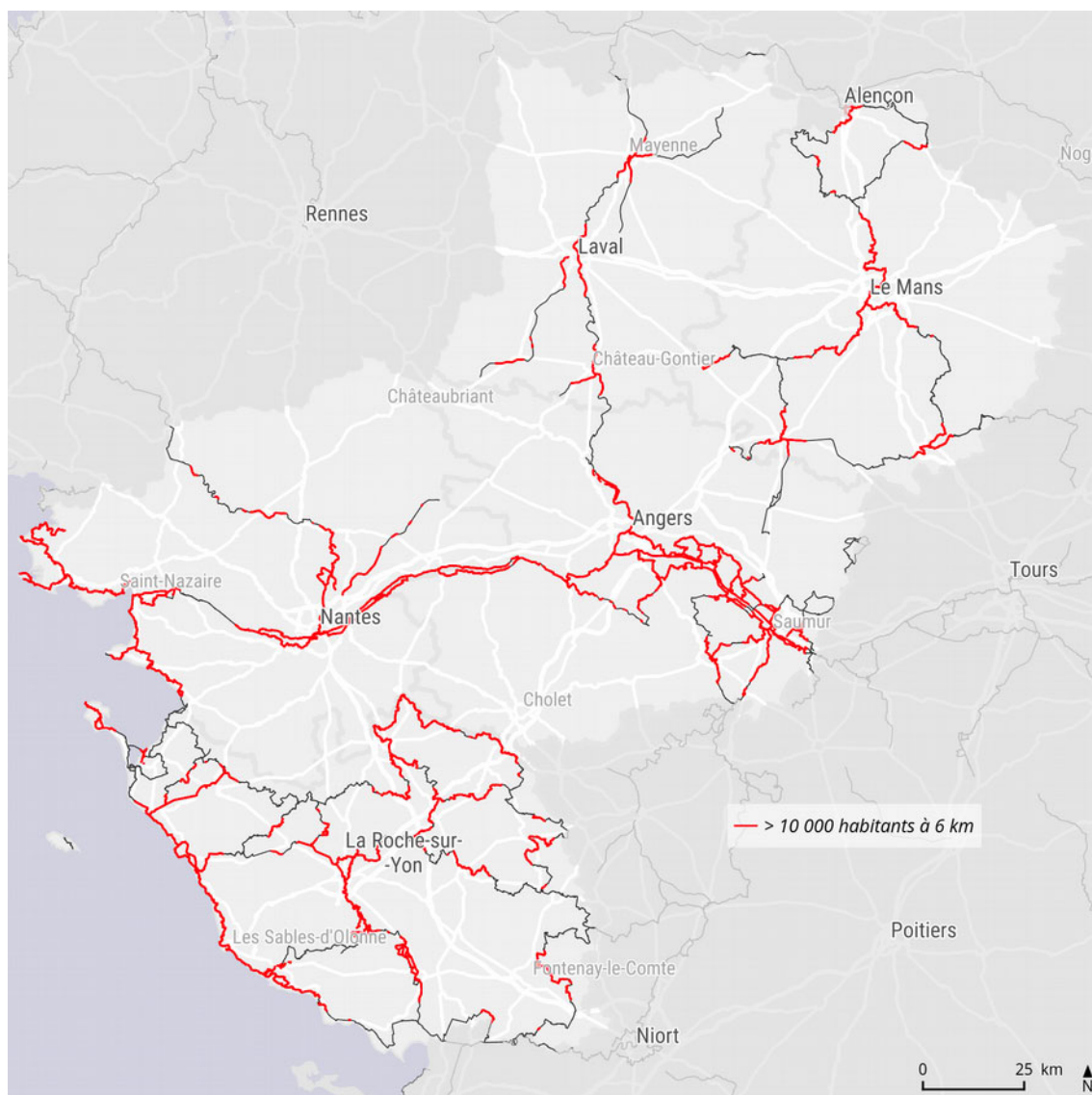
Pour réaliser la synthèse des distances entre les PGD et les 3V nous avons dans un premier temps découpé les 3V en **portions de 100 m**. Pour chaque portion, nous avons récupéré les informations concernant le nombre d'individus par distance et par type de pôle. La récupération des informations s'est faite grâce à des traitements géomatiques de type *tampon* et *jointure spatiale*.

À ce stade nous disposons d'une couche des portions de 3V qui contient pour chaque portion le cumul d'individus par distance et par type de pôle (*habitat, activité, transport*).

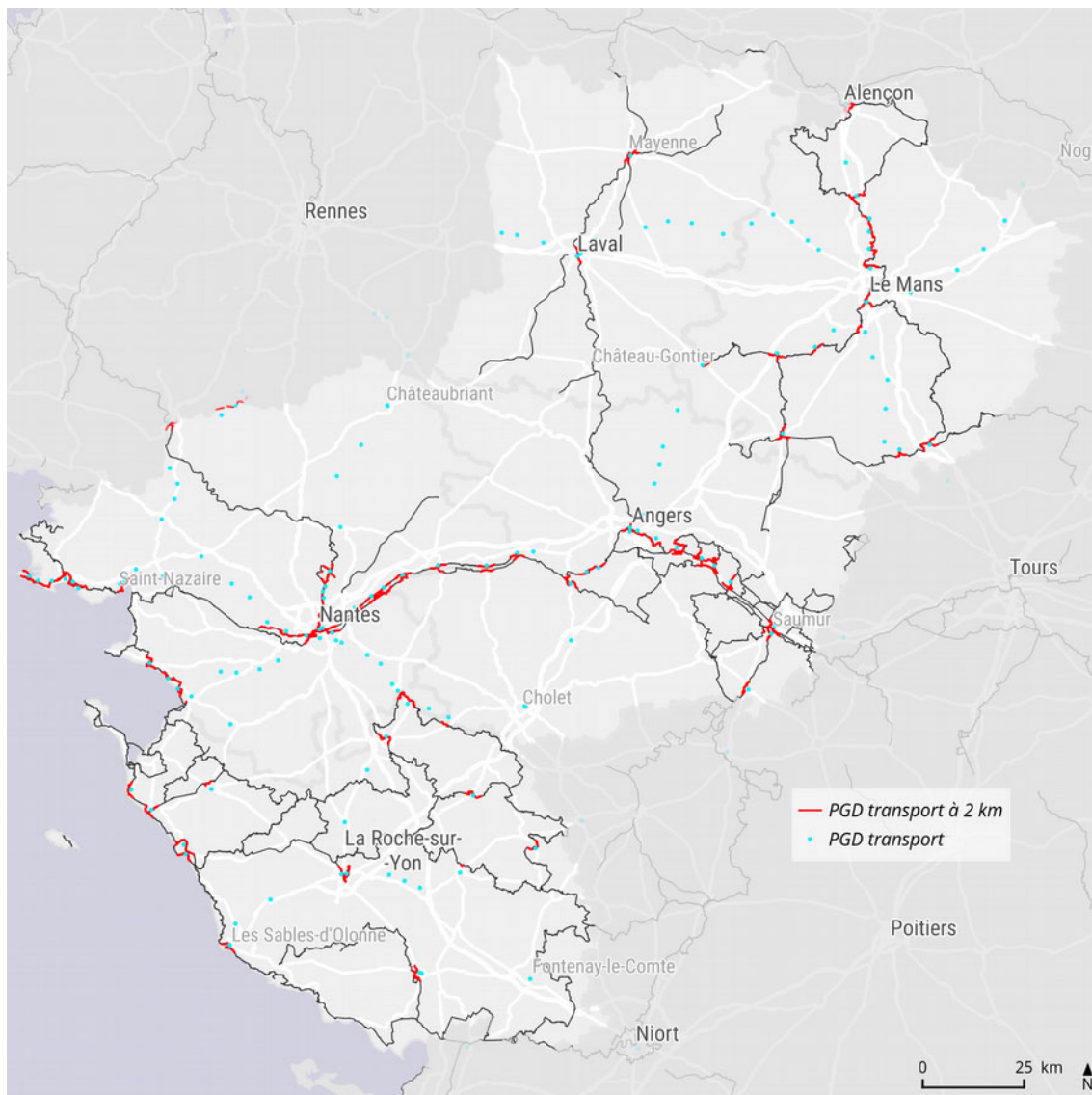
Exemple de données contenues dans la couche géographique qui décrit les portions de 3V ; nous disposons du nombre total d'individus par type de pôle et par distance :

<i>id portion</i>	<i>hab 2 km</i>	<i>hab 4 km</i>	<i>hab 6 km</i>	<i>hab 8 km</i>	<i>hab 10 km</i>	<i>act 2 km</i>	<i>act 4 km</i>	<i>act 6 km</i>	<i>act 8 km</i>	<i>act 10 km</i>
1	200	1 500	8 600	15 000	40 000	300	700	800	1 400	2 000
2	150	900	2 500	8 100	12 300	0	1000	1000	1200	2300

Ces données permettent d'ores et déjà quelques analyses comme les portions comptant plus de 10 000 habitants à moins de 6 km ou les pôles *transport* à moins de 2 km :



Carte des portions de 3V comptant plus de 10 000 habitants à moins de 6 km



Carte des portions de 3V disposant d'un PGD transport à moins de 2 km

3.B.b Calcul du nombre d'individus par tranche de distance

Dans les étapes suivantes, nous avons réalisé une synthèse des données de distance et de nombre d'individus. Les différentes opérations sur ces informations ont été faites à l'aide d'un tableur.

Dans un premier temps, par simple soustraction, nous calculons le nombre d'individus non plus à une distance définie mais par **tranche de distance**. On ne considère donc plus ici les distances comme des cercles concentriques autour d'un PGD mais comme des anneaux. Par exemple le nombre d'*habitants* de la tranche (anneau) de 2 à 4 km est égal au nombre total d'*habitants* à 4 km moins le nombre total d'*habitants* à 2 km, le nombre d'*habitants* de la tranche 4 à 6 km est égal au nombre total d'*habitants* à 6 km moins le nombre total d'*habitants* à 4 km, etc.

Exemple de données contenues dans la couche géographique qui décrit les portions de 3V ; nous disposons du nombre d'individus par type de pôle et par tranche de distance :

<i>id portion</i>	<i>hab 0-2 km</i>	<i>hab 2-4 km</i>	<i>hab 4-6 km</i>	<i>hab 6-8 km</i>	<i>hab 8-10 km</i>	<i>act 0-2 km</i>	<i>act 2-4 km</i>	<i>act 4-6 km</i>	<i>act 6-8 km</i>	<i>act 8-10 km</i>
1	200	1300	7100	6400	25000	300	400	100	600	600
2	150	750	1600	5600	4200	0	1000	0	200	1100

3.B.c Calcul du potentiel par tranche de distance

À cette étape nous calculons le *potentiel* par tranche de distance. Pour cela nous allons comparer les valeurs par type de PGD. Le *potentiel* par tranche est défini en retenant la **plus petite valeur d'individus par tranche**. C'est-à-dire que si une portion présente 500 *habitants* et 200 *actifs* dans son rayon de 2 km alors le potentiel sera de 200 déplacements de 2 km. La distance sert ainsi à valider la capacité des portions à **relier les PGD**. Les pôles *activité* et *transport* sont généralement les facteurs limitants.

Les intervalles des tranches de distance évoluent mécaniquement : on obtient le nombre potentiel de déplacement de 2 km (0-4 km), de 4 km (2-6 km), de 6 km (4-8 km), etc.

Pour ne pas complexifier inutilement le modèle, nous avons évalué le potentiel entre *habitation* et *activité* et le potentiel entre *habitation* et *transport*.

Exemple de calcul sur tableur pour le potentiel entre *habitation* (h) et *activité* (a) :

```

h_a_2 = MIN(h2;a2)
h_a_4 = MIN(h2;a4)+MIN(h4;a2)
h_a_6 = MIN(h2;a6)+MIN(h4;a4)+MIN(h6;a2)
h_a_8 = MIN(h2;a8)+MIN(h4;a6)+MIN(h6;a4)+MIN(h8;a2)
h_a_10 = MIN(h2;a10)+MIN(h4;a8)+MIN(h6;a6)+MIN(h8;a4)+MIN(h10;a2)

```

Exemple de résultat :

<i>id portion</i>	<i>h_a_2</i>	<i>h_a_4</i>	<i>h_a_6</i>	<i>h_a_8</i>	<i>h_a_10</i>
1	200	500	800	1000	1600
2	0	150	750	1150	1350

3.B.d Calcul du potentiel par type de PGD

Nous disposons donc du potentiel pour chaque tranche de **distance**. Pour faire la synthèse de ces potentiels, nous avons réalisé une **somme pondérée des potentiels de chaque distance**. Il s'agit d'une pondération linéaire basée sur les études de l'Insee (cf. 3.A.d *Prise en compte de la distance parcourue à vélo* p. 12) :

Calcul du *potentiel habitation-activité* (p_{h_a}) :

$$p_{h_a} = 1 \times h_{a_2} + 4/5 \times h_{a_4} + 3/5 \times h_{a_6} + 2/5 \times h_{a_8} + 1/5 \times h_{a_{10}}$$

Calcul du *potentiel habitation-transport* (p_{h_t}) :

$$p_{h_t} = 1 \times h_{t_2} + 4/5 \times h_{t_4} + 3/5 \times h_{t_6} + 2/5 \times h_{t_8} + 1/5 \times h_{t_{10}}$$

Exemple de résultat :

<i>id portion</i>	<i>p_h_a</i>
1	1800
2	1300

3.B.e Calcul du potentiel final

Le potentiel final a été calculé en faisant la somme des deux potentiels. Cette étape achève la prise en compte de la **diversité** :

$$p_{h_a} + p_{h_t}$$

3.B.f Le filtre

Pour le filtrer nous avons retenu le premier quartile ce qui équivaut à une valeur seuil *PUV* de 10 000 « individus ». Ce seuil entraînant la présence de portions isolées ou de trous sur des continuités, nous avons procédé à une correction manuelle pour préserver les continuités.

3.C Résultats

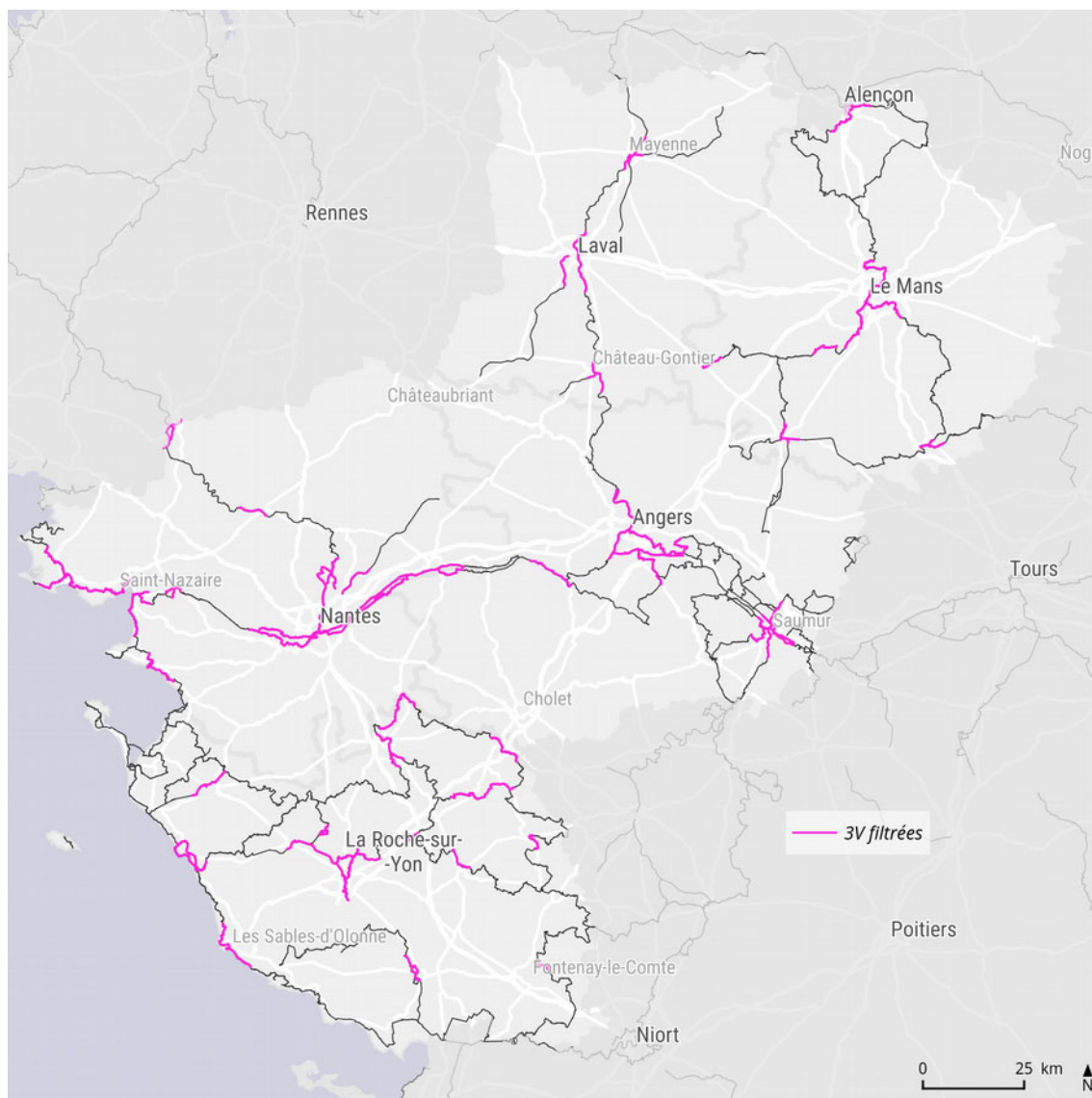
Environ **800 km de 3V filtrées** (ayant un *PUV* important).

Un des avantages de cette approche est qu'elle nous permet de décrire d'autres valeurs en fonction du sujet d'étude, par exemple :

- Sélectionner les 3V ayant, dans un rayon de 4 km, une densité d'emploi ou d'habitant supérieur à la moyenne régionale.
- Sélectionner les 3V en prenant avant tout en compte le nombre d'activités sans prendre en compte le nombre d'habitants à proximité.
- Sélectionner les 3V en valorisant le potentiel lié à l'intermodalité, par exemple en augmentant le nombre de voyageurs pris en compte dans les gares.
- Faire varier la distance maximum de déplacement à vélo ou la portion des usagers prêts à se déplacer en vélo par classe de distance.
- Pondérer les résultats par la part des habitants de la commune travaillant dans leur même commune ou par la distance médiane parcourue pour se rendre au travail issue du recensement.

La **liste des 124 communes** concernées par des 3V filtrées est présentée en annexe (cf. 8.A *Liste des communes concernées par les 3V filtrées* p. 50).

Carte des 3V filtrées :



Carte des 3V filtrées

4 Caractérisation de la cyclabilité des 3V filtrées

4.A Introduction

La première étape de l'étude a été réalisée en se basant uniquement sur les données de territoire (*habitation, activité, transport*). La suite de l'étude traite maintenant des informations liées aux 3V afin de déterminer leur potentiel.

Cette étape consiste à construire la **méthodologie d'évaluation de la cyclabilité**. Elle s'appuie sur des **relevés et une expérimentation de déplacement** sur des **sites pilotes** du réseau 3V.

Dans un premier temps, nous avons cherché à ouvrir notre réflexion et à être le plus exhaustif possible. Dans un deuxième temps, nous avons rationalisé la méthode pour réduire le nombre de critères et les procédés de numérisation.

4.B Objectifs

L'expérimentation de déplacement sur des sites pilotes du réseau de 3V répondait à plusieurs objectifs :

- Explorer les 3V avec le point de vue d'un usager dans une démarche d'exploration des paramètres ayant un impact sur la cyclabilité.
- Collecter un maximum de types d'informations afin de sélectionner et consolider le **choix des critères** par la suite : comparaison entre critères et fréquentation à partir des données de comptages existantes.
- Analyser le mode de capture des informations : mesures directes, imagerie aérienne et photosphères (photo à 360°).
- Confirmer les informations numérisables et leur codification dans OpenStreetMap.
- Généraliser la méthode de numérisation en vérifiant la corrélation entre les images satellites et les photosphères.

Cela nous a conduit à parcourir les véloroutes et voies vertes sur différents sites pilotes en effectuant des mesures et des photosphères géolocalisées.

4.C Choix des sites pilotes

Afin de choisir les sites de relevés de terrain préférentiels nous avons établi certains critères ; ils devaient :

- représenter une variété d'aménagements vélo et de typologies de territoire ;
- être à proximité d'un compteur de passage de vélo ;
- être proche de Nantes pour rationaliser le temps de l'étude.

Cela nous a conduit à choisir 10 sites pilotes à observer dans 3 départements (44, 49 et 85) répartis sur le réseau de 3V. Une moitié était aux abords de grandes villes régionales (Angers, Saumur et Nantes) ; le reste était aux abords de villes de taille moyenne.

4.D Déroulement du terrain

L'exploration des sites pilotes sur le terrain a été réalisée durant la période de février à avril 2017. En préparation de chaque sortie de terrain, un parcours a été défini pour observer le réseau de 3V autour des points de comptage et relier des PGD à proximité, *habitat, activité* ou *transport*. Nous avons suivi ces parcours avec un vélo équipé d'appareil permettant de capturer des photosphères.

Voici la liste du matériel utilisé pour chaque sortie :

- Appareil permettant la capture de photosphères : utilisation du V4MBike ou de la LG 360.
- GPS haute précision afin de géolocaliser les photosphères.
- Téléphone avec OsmAnd et le tracé à suivre et le greffon pour de la prise de note audio.



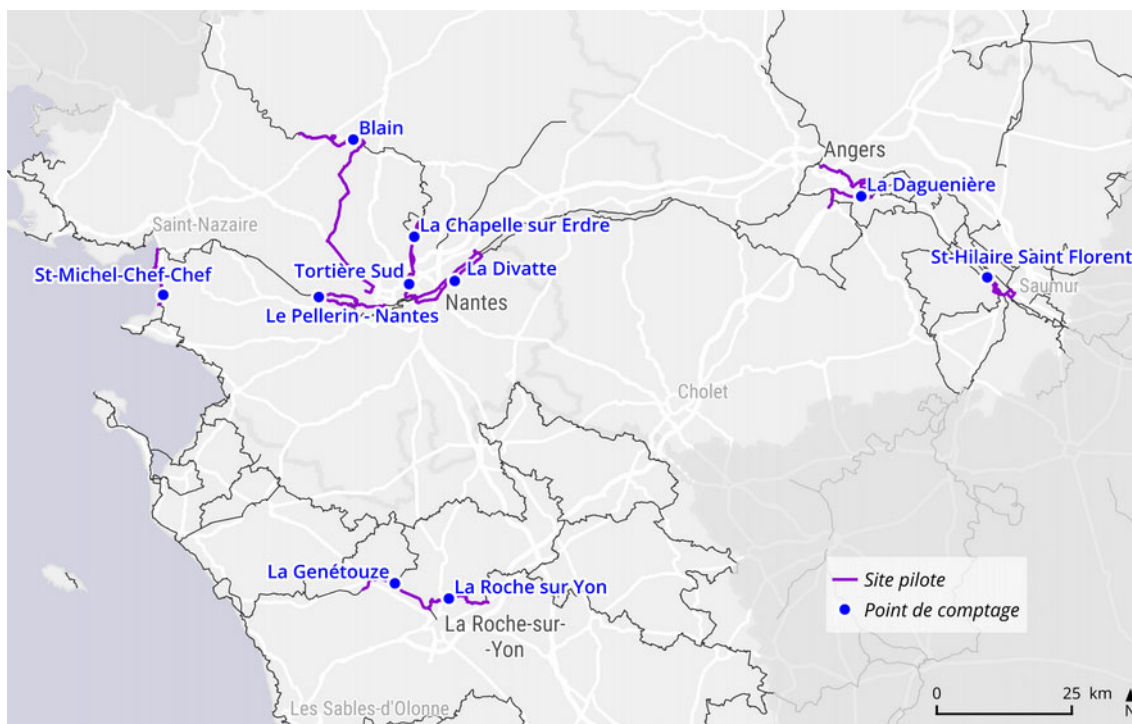
Photo d'une sortie de terrain avec le V4MBike

Suite au relevé de terrain nous avons deux traitements à réaliser pour rendre les photos exploitables :

- géolocalisation des photos par synchronisation avec les relevés GPS et ajustement manuel,
- stockage des photos sur Mapillary¹ pour simplifier leur utilisation et permettre à d'autres utilisateurs d'enrichir les informations géographiques.

Au total nous avons réalisé 250 km sur le réseau de 3V et nous avons pu observer une variété de territoires et de types d'aménagement. Nous avons produit 32 000 photos avec le système V4MBike et 10 000 via la caméra LG 360. La carte suivante présente les sites pilotes étudiés ainsi que la répartition des compteurs sur le territoire :

1 <https://www.mapillary.com/>



Carte des sites pilotes et des points de comptage associés

4.E Méthode de sélection des critères

4.E.a Critères observés sur les 3V

Nous avons listé les paramètres identifiés qui peuvent influencer la cyclabilité. Ces paramètres proviennent de plusieurs sources : rapport du CEREMA (G ABOUCAYA), expertise du comité de pilotage, études sur les facteurs affectant la pratique du vélo. Cette liste n'est pas une liste exhaustive et chaque critère n'a pas la même influence :

- Matériaux
- Roulance
- Qualité de l'uni ou état de la surface
- Accessibilité annuelle différenciée ou secteur inondable
- Largeur moyenne
- Fréquentation automobile
- Restriction d'accès
- Circulation automobile apaisée ou non
- Vitesse de circulation automobile
- Comptages de véhicules sur route
- Accidentologie
- Type de voie : site propre ou types de séparation de la circulation automobile
- Nombre d'intersections engendrant une insécurité ou un arrêt
- Directivité du tracé ou distance comparée entre le vélo et la voiture
- Homogénéité du parcours, nombre de changements de voies
- Relief favorable à la pratique

- Environnement paysager
- Présence d'éclairage
- Insécurité perçue
- Proximité des gares
- Présence de jalonnement de rabattement et de jalonnement le long de l'itinéraire
- Proximité de zones habitation ou de centre bourg
- Connexion avec pôle générateur de déplacement ou une ville centre

Parmi toutes ces caractéristiques il paraît très complexe de choisir celles qui ont le plus d'importance pour construire un indice de cyclabilité. En effet, les cyclistes auront des attentes différentes sur les caractéristiques du réseau. La notion de *profil* de cycliste est d'ailleurs présente dans la plupart des modèles (calculateur d'itinéraires) qui ont été développés.

4.E.b Choix des critères à partir des fréquentations

Dans un premier temps nous avons prévu de choisir les critères en calculant la corrélation entre les critères et la fréquentation sur les sites pilotes :

- Comptage de cyclistes heure par heure sur toute une année (issu de Eco-Compteur).
- Estimation du nombre de déplacements liés aux trajets domicile-travail par jour.
- Comparaison au nombre de déplacements domicile-travail potentiellement réalisables à vélo passant par le compteur (déduit à partir des répartitions de population et d'emploi sur le territoire).

Nous avons renoncé à cette approche en accord avec le comité de pilotage pour les raisons suivantes :

- Sur le terrain, nous avons constaté le manque de pertinence de l'emplacement des compteurs dans le cadre d'une mesure de déplacements quotidiens, cet usage n'étant pas l'objectif de l'implantation des compteurs. En plus du placement inadapté des compteurs, leur nombre ne permet pas d'avoir un échantillon représentatif.
- La part des déplacements liés au tourisme à vélo varie selon le compteur étudié. Il est difficile de déterminer précisément le nombre de passages liés à un déplacement quotidien (marge d'erreur d'au moins 30%).
- En fonction du type de territoire, de l'offre de mobilité existante et des contraintes sur les autres modes de déplacements, les déplacements à vélo seront plus ou moins favorisés (sans influence des qualités du réseau 3V).

Ces incertitudes sur les résultats nous ont amené à changer notre approche et à effectuer un choix des critères par expertise.

4.E.c Choix des critères par expertise

Nous nous sommes intéressés aux qualités que l'on peut attendre d'une 3V : Être **sécurisée, confortable** et garantir un trajet **efficace**.

Nous avons donc choisi de construire 3 **indicateurs** de *confort, sécurité* et *efficacité* basés sur différents **critères** des 3V. Ce sont ces 3 *indicateurs* qui ont ensuite été rassemblés pour obtenir l'**indice de cyclabilité**.

Cette démarche donne plus de sens à l'évaluation de la cyclabilité car elle apporte une synthèse plus riche et plus pratique à interpréter. Ce modèle de calcul en deux étapes nous permet en ajustant les pondérations une adaptation à différents contextes territoriaux ou types de cyclistes.

Chaque *critère* peut impacter plusieurs *indicateurs* :

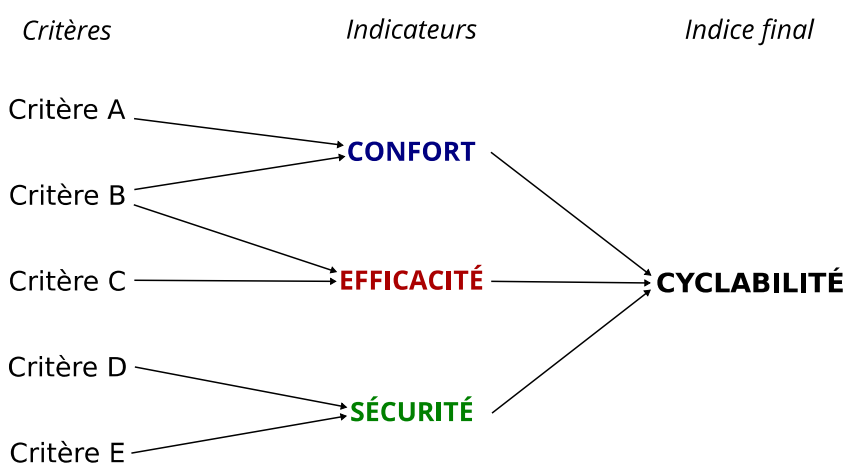


Schéma des indicateurs de cyclabilité

4.F Critères et modèle retenu

Certaines caractéristiques peuvent exprimer la même information de manière redondante. Nous avons veillé à ce que les critères retenus soient suffisamment synthétiques pour ne pas entraîner cette redondance. Nous avons donc sélectionné 6 critères :

- Le **type de voie** : réparti en cinq catégories : voie en site propre, voie à usage occasionnellement mixte, voie aménagée pour les vélos ou dans une zone de circulation apaisée, voie sans aménagement ayant une vitesse maximale autorisée inférieure ou égale à 50 km/h et enfin voie sans aménagement ayant une vitesse maximale autorisée supérieure à 50 km/h .
- Le **revêtement** : qualité basée sur le matériau et le niveau de dégradation. Pour donner la qualité de surface d'une route nous avons utilisé à la fois le matériau de la voie et l'état d'usure de la surface ainsi que la roullance lorsqu'elle était qualifiable. Dans certains cas un sol compacté pourra offrir une qualité supérieure à un asphalte délabré.
- La **largeur** appréciée différemment selon les sens de circulations, les modes de déplacements pouvant utiliser la voie et la présence ou non de séparateurs (voie exclusivement réservée au vélo en sens unique, trottoir mixte acceptant les deux sens de circulation, et tous les intermédiaires).

- La **directivité** du tracé : rapport entre longueur réelle et la longueur directe. Elle peut être vue comme le taux de détour ou d'allongement lié au tracé de la 3V.
- La **porosité** : critère qui permet d'illustrer la capacité à pouvoir rejoindre ou sortir de la 3V depuis le reste du réseau ;
- Le **relief** le long du parcours : dénivelé cumulé rapporté sur la distance. Le *relief* a été calculé en utilisant un modèle numérique de terrain : nous avons calculé le dénivelé cumulé pour chaque portion de la 3V.

4.F.a Création des indicateurs à partir des critères

Cette étape permet de rassembler les 6 critères en 3 indicateurs. Nous avons d'abord défini le lien entre critères et indicateurs via le diagramme ci-dessous.

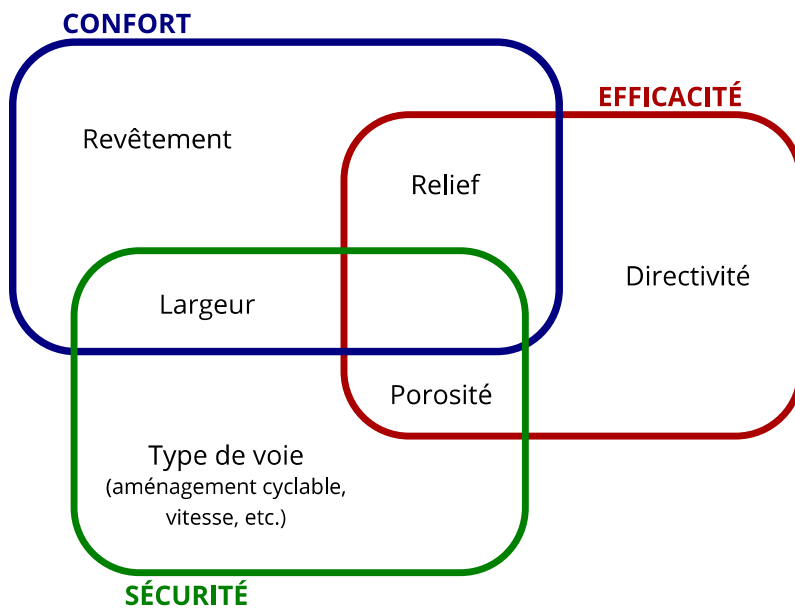


Schéma des indicateurs de cyclabilité : modèle théorique

Malgré l'approche synthétique retenue, certains critères se retrouvent dans plus d'un indicateur. Pour éviter de les prendre en compte dans plusieurs étapes du calcul nous avons fait le choix de les affecter à l'indicateur le plus pertinent :

- *Relief* → *Confort*
- *Porosité* → *Efficacité*
- *Largeur* → *Sécurité*

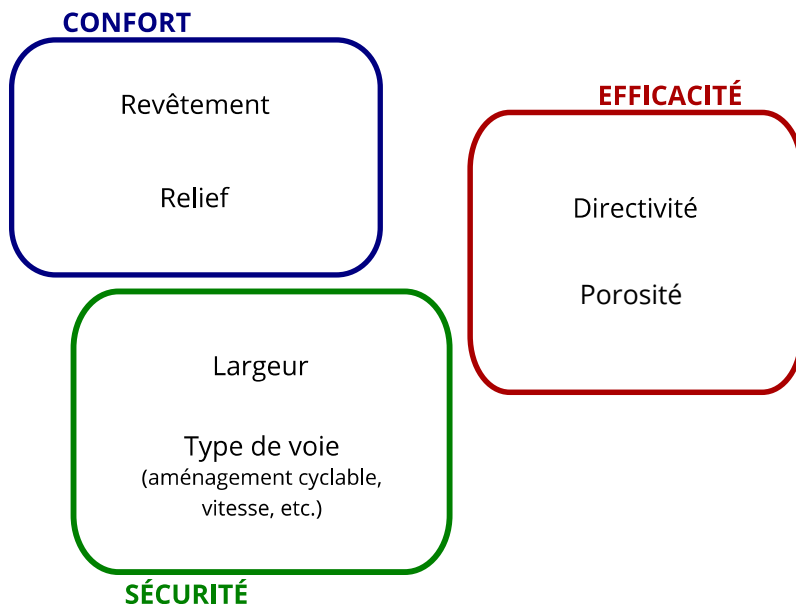


Schéma des indicateurs de cyclabilité : modèle retenu

4.F.b Synthèse des indicateurs pour la création de l'indice de cyclabilité

La dernière étape consiste à regrouper les trois indicateurs pour produire l'**indice de cyclabilité**. Cette ultime étape peut être adaptée pour illustrer différentes visions de la cyclabilité selon les contraintes du territoire ou les besoins pressentis. Par exemple, choisir de multiplier par deux le poids de l'indicateur de sécurité. Nous avons choisi de prendre la somme des critères comme premier *indice de cyclabilité* ce qui donne une note de 3 à 9 ramenée à une note de 0 à 6.

4.G Généralisation de la méthode

Cette étape a également permis de généraliser la mesure des largeurs des sites propres et les types de revêtement. Nous avons pu comparer les mesures directes à partir des photosphères et de mesures sur le terrain avec les mesures réalisées à partir des photos aériennes. Ainsi nous avons pu adapter ces mesures pour qu'elles soient suffisamment précises directement depuis les photos aériennes. Nous avons procédé de la même manière en comparant les types de revêtement et les couleurs et textures des revêtements sur les photos aériennes.

Le fait de disposer de plusieurs jeux de photos (Bing, BDOrtho® IGN, etc.) apporte également un gros avantage pour ce type d'approche (cf. partie suivante).

5 Analyse et production de l'indice

5.A Numérisation

La première étape a consisté à numériser l'ensemble des informations nécessaires dans OpenStreetMap afin de permettre une extraction pour les analyses suivantes. Ce travail de numérisation est détaillé en Annexe (cf. 8.B Numérisation p. 52).

5.B Préparation des données

À l'exception des premières étapes et de certaines étapes intermédiaires telles que le calcul du relief, il faut considérer que tout le traitement se fait à l'aide d'un unique jeu de données. C'est-à-dire qu'une seule couche SIG contient toutes les informations et sera le support des analyses. L'analyse va donc consister à ajouter et renseigner des champs avec des informations intermédiaires (largeurs, vitesse, etc.), les valeurs des *critères* puis les valeurs des *indicateurs* et enfin la valeur de l'*indice de cyclabilité*.

Les opérations de traitement ont été réalisées dans **QGIS** et à l'aide d'un **tableur**.

5.B.a Pré-traitement des données

Une première étape de pré-traitement sur l'ensemble des données des Pays de la Loire a été nécessaire ; elle comporte les opérations suivantes qui seront détaillées par la suite :

- Récupérer les données OpenStreetMap
- Convertir les données OpenStreetMap en données SIG
- Re-projeter en Lambert 93
- Filtrer les voies
- Distinguer les voies des 3V et de porosité
- Traiter la topologie pour séparer les routes à chaque intersection
- Identifier les 3V filtrées

5.B.b Récupération des données OpenStreetMap

Lors de la phase précédente nous avons numérisé les données en procédant par petits jeux de données. Pour récupérer les données OpenStreetMap il existe différentes techniques : il est possible par exemple de récupérer un secteur défini s'il n'est pas trop volumineux ou bien toute une région via des fournisseurs qui auront réalisé les découpages au préalable.

Pour traiter l'ensemble du réseau de 3V des Pays de la Loire nous avons choisi d'utiliser le fournisseur Geofabrik¹ qui propose gratuitement des jeux de données pré-découpés avec les limites régionales sur l'ensemble du monde.

5.B.c Conversion

Le stockage d'informations attributaires sous OpenStreetMap fonctionne sur un schéma *clé+ valeur* appelé **tag** (cf. 8.D Glossaire p. 58).

1 <http://download.geofabrik.de/>

Les données utilisées sont les données brutes d'OpenStreetMap. Ces données ne sont pas des données SIG conventionnelles. Elles contiennent plus d'informations et ces informations nécessitent une sélection. Le logiciel *ogr2ogr* installé avec QGIS permet de lister les informations (*clés*) qui nous intéressent et de convertir les données en ne conservant que ces informations.

Les *clés* sont transformées en champs. À cette étape plusieurs couches sont produites. Celles qui vont être utiles sont :

- La couche des **polylignes** qui contient l'ensemble des voies.
- La couche des **multi-lignes** qui contient des groupes de voies qui décrivent les itinéraires dont les 3V.

5.B.d Reprojection

Les données OpenStreetMap étant des données mondiales, elles sont stockées dans le système de coordonnées WGS 84. Ce système qui décrit l'information en latitude et longitude, peut poser des problèmes pour le calcul de distances ou de surfaces. C'est pourquoi les données ont été reprojetées en Lambert 93.

5.B.e Filtrage des routes

Les données contiennent l'ensemble des informations contenues dans OpenStreetMap. Il faut donc extraire les informations qui sont utiles à savoir les voies utilisables par les vélos. La clé *highway* permet de facilement faire cette distinction. Nous avons ensuite écarté les autoroutes et voies express qui sont totalement détachées des 3V. Les bretelles d'accès sont identifiées dans OpenStreetMap et ont été conservées pour leur influence potentielle sur la porosité.

5.B.f Distinction des 3V et de la porosité

Ces distinctions se font de manière attributaire. Un champ *veloroute* a été introduit pour contenir cette information ; les 3V ont la valeur 1, les voies de porosité ont la valeur 2 et les autres voies (à priori inutiles pour l'étude) ont la valeur 3.

Pour distinguer les voies des 3V des autres voies, deux approches sont possibles :

- *approche attributaire* : à l'aide des identifiants OpenStreetMap des voies qui composent les itinéraires. Cette approche est possible avec l'API Overpass via l'outil Overpass Turbo¹ par exemple. Avantage : la sélection est rapide ; inconvénient : la technique nécessite un outil supplémentaire et la maîtrise de la syntaxe des requêtes Overpass.
- *approche géométrique* : sélectionner toutes les voies dont le tracé est identique aux voies des itinéraires. Cette approche est possible sous QGIS grâce à des requêtes de sélection spatiale. Avantage : directement utilisable sous QGIS ; inconvénient : la sélection peut prendre beaucoup de temps.

Nous avons utilisé l'approche géométrique. C'est donc à cette étape que nous avons utilisé la couche *multi-lignes* qui contient les itinéraires des 3V. Dans un premier temps nous avons isolé les itinéraires des 3V filtrées grâce à leurs identifiants (cf. *8.B.d Mise à jour des itinéraires dans OpenStreetMap*). Dans un deuxième temps nous avons sélectionné les voies qui composent les 3V à l'aide des itinéraires.

1 <http://overpass-turbo.eu>

5.B.g Traitement topologique

Le traitement topologique consiste à fractionner les voies pour qu'elles soient séparées à chaque intersection. Cette approche sert plusieurs logiques :

- disposer d'un élément unitaire délimité soit par un changement de paramètre soit par une intersection ;
- permettre une analyse de la porosité homogène.

Dans les données brutes, les voies sont coupées là où les paramètres changent : vitesse, bande cyclable, etc. Une fois le nettoyage topologique réalisé, les voies sont également coupées aux intersections même si les paramètres ne varient pas :

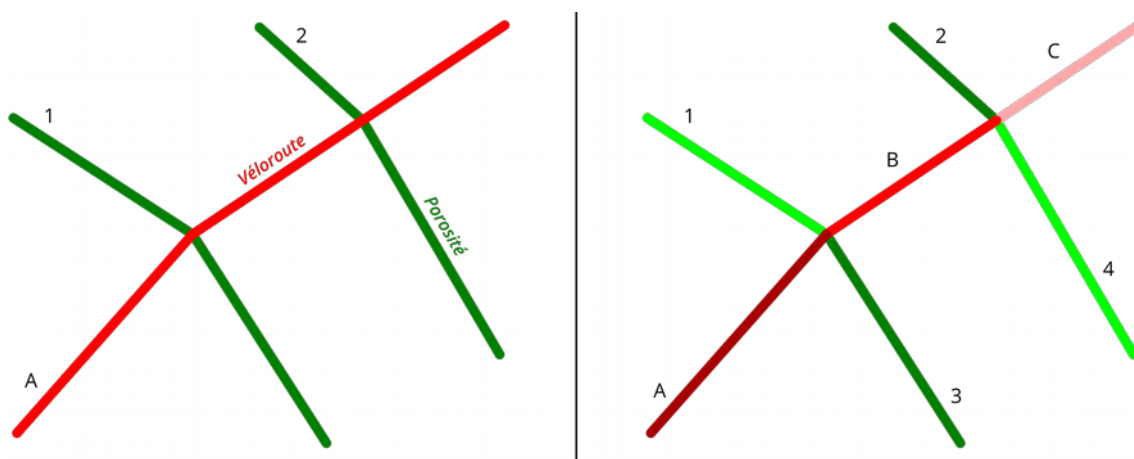


illustration du traitement topologique (avant/après)

C'est à ce stade qu'est produit l'**unité d'étude** que nous appellerons **segment de 3V**.

Les longueurs de segment de 3V sont variables mais la logique est préservée. En effet on ne peut considérer que dans son ensemble et indépendamment de sa longueur une route dont on ne peut pas sortir ou entrer. À contrario, cette approche implique la présence d'éléments peu significatifs là où le réseau est dense ou complexe (ronds-points, échangeur etc.).

Il a également été indispensable d'introduire un nouvel identifiant unique aux *segments de 3V*. Cet identifiant a permis de réaliser des opérations sur tableur tout en maintenant le lien avec la donnée géographique grâce à des jointures attributaires.

5.B.h Identifier les 3V filtrées

Nous avons utilisé la couche de données géographiques réalisée lors du premier filtre pour sélectionner géographiquement les *segments de 3V* filtrés. Nous avons utilisé un champ *filtre* pour distinguer les *segments de 3V* filtrées de l'ensemble des voies.

Même si ce pré-traitement peut être réalisé en premier, il est intéressant de réaliser les autres étapes de traitement avant afin d'observer les résultats sur un plus grand jeu de données présentant plus de cas de figure et ainsi s'assurer que le procédé fonctionne correctement quelle que soit la situation. L'idéal étant bien sûr de travailler directement avec les données OpenStreetMap lors du premier filtre.

5.C Création des critères

5.C.a Présentation

La création des *critères* va consister en deux approches :

- Un **traitement attributaire** des données : il s'agit d'exploiter les données attributaires contenues dans les données OpenStreetMap. Cela implique une connaissance avancée des *tags* (cf. 8.D Glossaire p. 58).
- Une **traitement géométrique** des données : il s'agit d'exploiter la géométrie des données OpenStreetMap et des données de relief issues des données SRTM.

L'analyse de la porosité implique une approche à la fois géométrique et attributaire ; nous la classons parmi les traitements géométriques.

L'ensemble des traitements qui ont permis de produire les critères ont été réalisés sous le logiciel QGIS. Les détails de ces traitements sont décrits en Annexe (cf. 8.C *Détail des analyses* p.55).

5.C.b Type de voie

Nous avons utilisé un champ *type_de_voie* pour distinguer 5 types de voies :

- *sites propres* : voies dédiés aux vélos (pistes cyclables) ou voies sans circulation motorisée (voies vertes et voies piétonnes accessibles aux vélos)
- *sites semi-propres* : voies très peu fréquentées par les véhicules motorisés (essentiellement agricoles) tels que les chemins ou voies de services.
- *voies sécurisées* : zones de circulation apaisée ou bandes cyclables.
- *voies mixtes* : voies sans aménagement en agglomération ou dont la vitesse est limitée à 50 km/h.
- *voies dangereuses* : voies sans aménagement dont la vitesse maximum autorisée est supérieure à 50 km/h.

5.C.c Largeur

La largeur de confort pour un aménagement varie en fonction du type de circulation attendu (partage de la voie avec les piétons, le caractère séparé ou non et les sens de circulation autorisés).

6 cas sont distingués pour qualifier **3 classes de largeur** en fonction des situations. Les 3 classes servent à renseigner le champ *largeur* avec les valeurs 1, 2 et 3 respectivement pour *mauvais*, *moyen*, *bon*.

- piste cyclable à sens unique : $\leq 0,5$; $> 0,5$ - $< 1,2$; $\geq 1,2$
- piste cyclable à double sens : $\leq 1,5$; $> 1,5$ - $< 2,5$; $\geq 2,5$
- voie partagée avec les piétons, non séparée, à sens unique cyclable : ≤ 2 ; > 2 - < 3 ; ≥ 3
- voie partagée avec les piétons, séparée, à sens unique cyclable : $\leq 1,5$; $> 1,5$ - $< 2,5$; $\geq 2,5$
- voie partagée avec les piétons, non séparée, à double sens cyclable : $\leq 2,5$; $> 2,5$ - $< 3,5$; $\geq 3,5$
- voie partagée avec les piétons, séparée, à double sens cyclable : ≤ 2 ; > 2 - < 3 ; ≥ 3

5.C.d Revêtement

Pour caractériser le revêtement, le champ *revetement* est créé. Il prend 3 valeurs : 1, 2 et 3 respectivement pour *mauvais*, *moyen*, *bon*. La distinction est principalement basée sur le matériau utilisé mais également sur le type de voie lorsqu'il est possible de déduire le matériau. Nous avons pris en compte le niveau de qualité du revêtement lorsqu'il a été spécifié (pour les chemins particulièrement).

5.C.e Relief

Nous avons calculé le dénivelé local à partir des données SRTM. Puisqu'on ne considère pas de direction nous avons utilisé le cumul des **valeurs absolues du dénivelé** pour chaque *segment* de 3V. Ensuite nous avons réalisé une division de cette valeur par la longueur de l'aménagement qui permet d'obtenir une pente moyenne le long de l'itinéraire.

5.C.f Directivité

La directivité est le rapport entre la distance réelle et la distance directe d'un segment de 3V. La distance réelle d'une ligne peut être obtenue directement sous QGIS. La distance directe (euclidienne) peut également être obtenue directement par calcul à l'aide des coordonnées du premier et dernier point de la ligne. Ces coordonnées peuvent être obtenues à l'aide de la fonction `x_at()` et `y_at()`. La distance euclidienne peut se calculer avec la formule de Pythagore :

```
sqrt(((x_at(-1)-x_at(0)) ^ 2) + (( y_at(-1)-y_at(0))^2))
```

La directivité sera donc la distance réelle sur distance euclidienne :

```
$length / sqrt(((x_at(-1)-x_at(0)) ^ 2) + (( y_at(-1)-y_at(0))^2))
```

5.C.g Porosité

Le calcul de la porosité utilise la géométrie et également les données attributaires. L'objectif est de connaître le nombre de voies par type de voie qui viennent se raccorder à un segment de 3V. Cette opération se fait par jointure spatiale entre les voies des 3V et les voies de porosité. Nous obtenons pour chaque *segment* de 3V, le **nombre et le type de voie connectées**.

Exemple de résultat :

<i>id</i>	<i>s_propre</i>	<i>s_sem_prop</i>	<i>v_securise</i>	<i>v_mixte</i>	<i>v_dangereu</i>
1	2	0	0	1	0
2	0	0	2	1	0
3	0	1	0	0	2

5.D Création des indicateurs

En combinant les *critères* définis précédemment, les valeurs 1, 2 et 3 ont été affectées respectivement pour *mauvais*, *moyen*, *bon* aux *segments* de 3V pour décrire chaque indicateur (*sécurité*, *efficacité* et *confort*).

5.D.a Sécurité

La *sécurité* se base en premier lieu sur le type de route :

- site propre = 3
- site semi propre et voies sécurisées = 2
- site mixte et site dangereux = 1

Elle est dépréciée par une *largeur* « mauvaise ». La *largeur* peut uniquement déprécier la valeur : par exemple une *largeur* à 1 fait passer l'indicateur *sécurité* d'un *segment* en site propre de 3 à 2.

5.D.b Confort

Les *critères revêtement* et *relief* ont été utilisés pour définir l'indicateur de *confort*. Il se base en premier lieu sur le *revêtement* qui peut être déprécié par le *relief*. En dessous de 4 % de pente moyenne le *relief* n'a pas d'influence. Entre 4 et 8 % de pente moyenne le *confort* est réduit de 1 et pour une pente moyenne supérieure à 8 % il est réduit de 2.

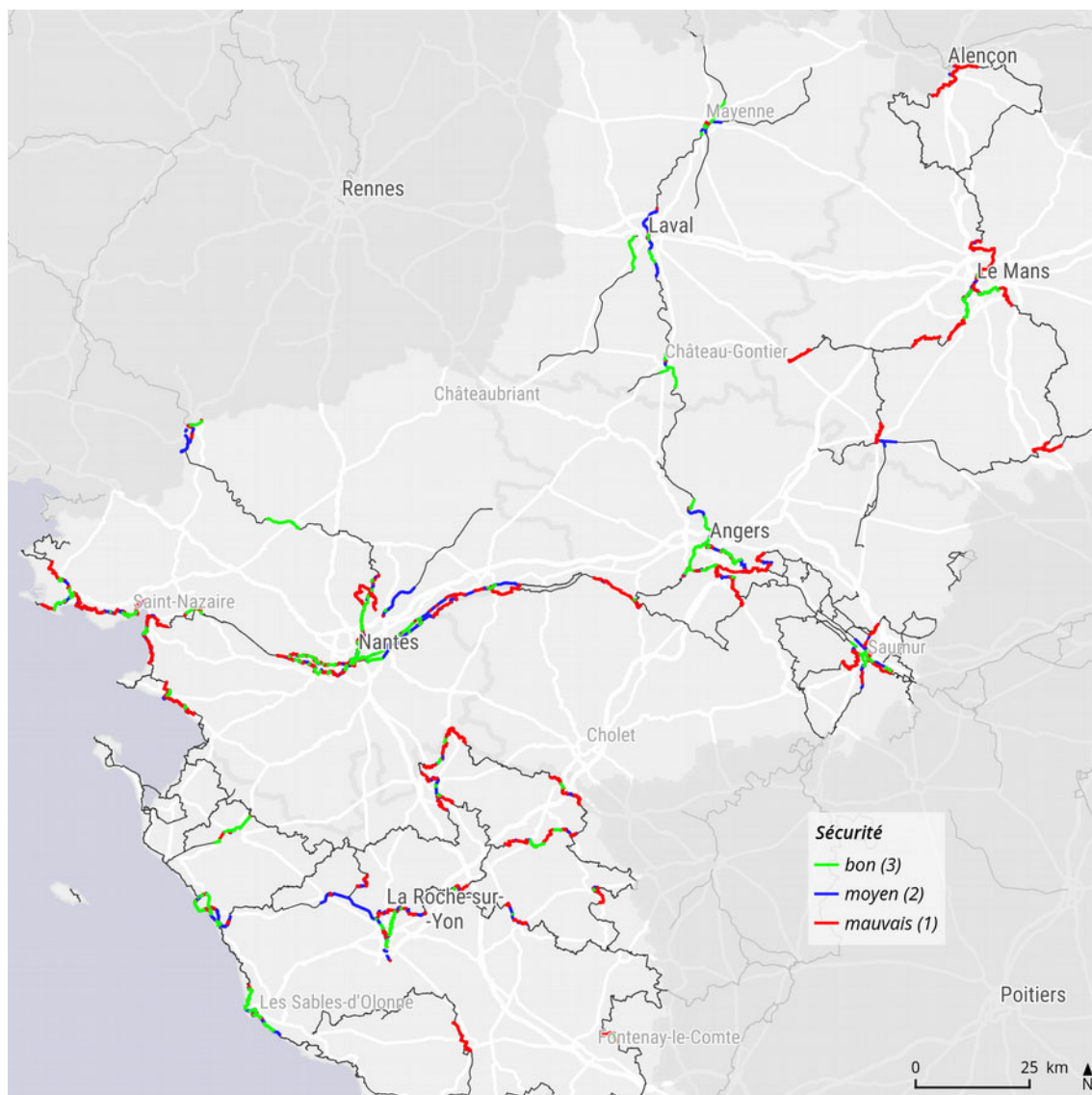
5.D.c Efficacité

L'indicateur *efficacité* est basé sur la *porosité* et la *directivité*. Ces deux critères sont considérés différemment selon la longueur des *segments*. Nous avons défini 3 classes de longueurs en nous basant sur les quantiles : inférieur à 50 m, entre 50 et 250 m, supérieur à 250 m. En premier lieu nous prenons en compte la *porosité* en fonction des classes de distance comme décrit dans le tableau ci-dessous :

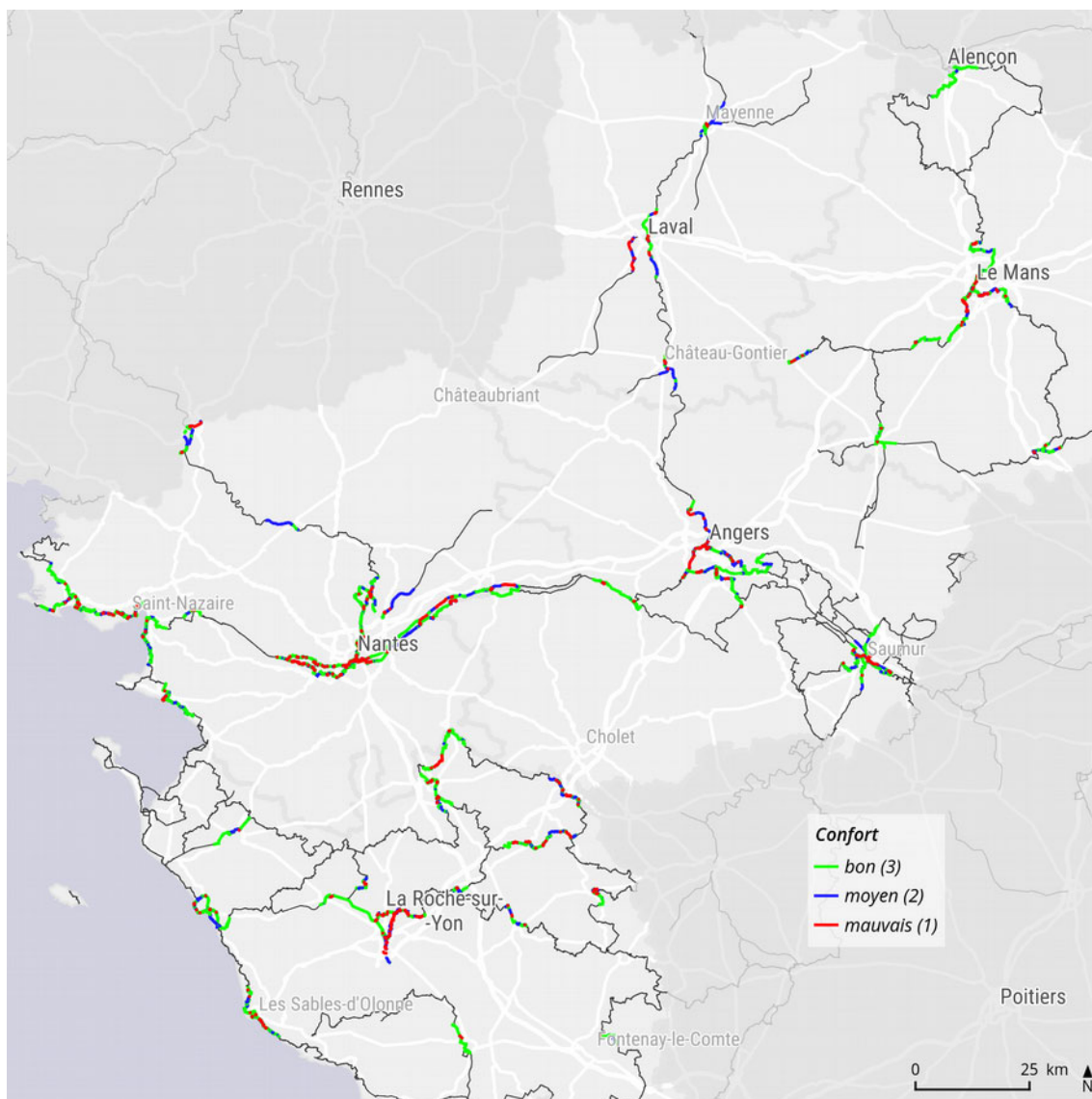
Porosité (en nombre de voies)	Longueur		
	≤ 50	> 50 ; ≤ 250	> 250
0	2	1	1
1	2	2	1
2	3	2	2
3	3	3	2
> 3	3	3	3

Ensuite nous utilisons la *directivité* : une *directivité* supérieure à 1,04 réduit de 1 l'*efficacité*.

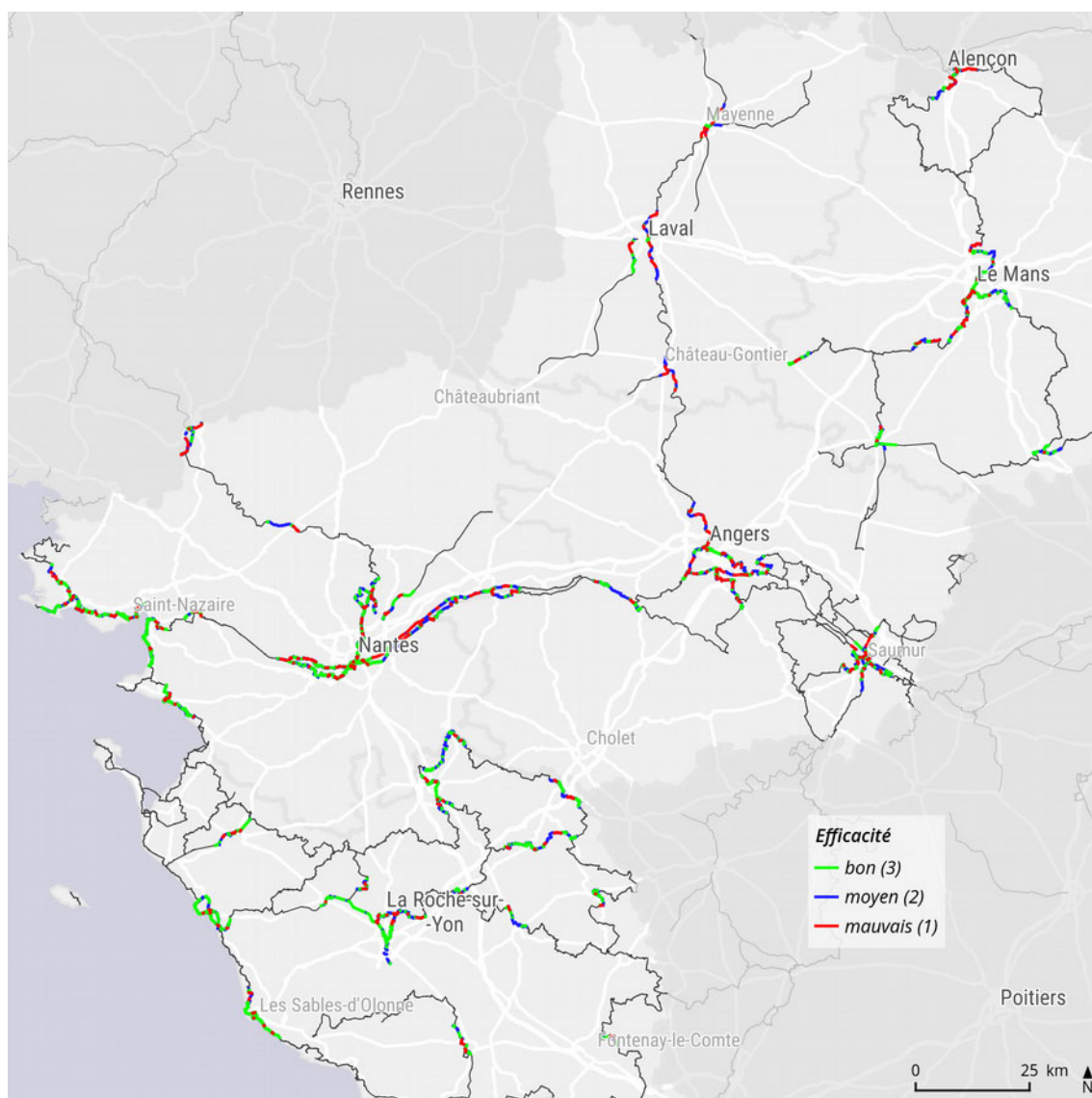
5.D.d Résultats



Carte de l'indicateur Sécurité



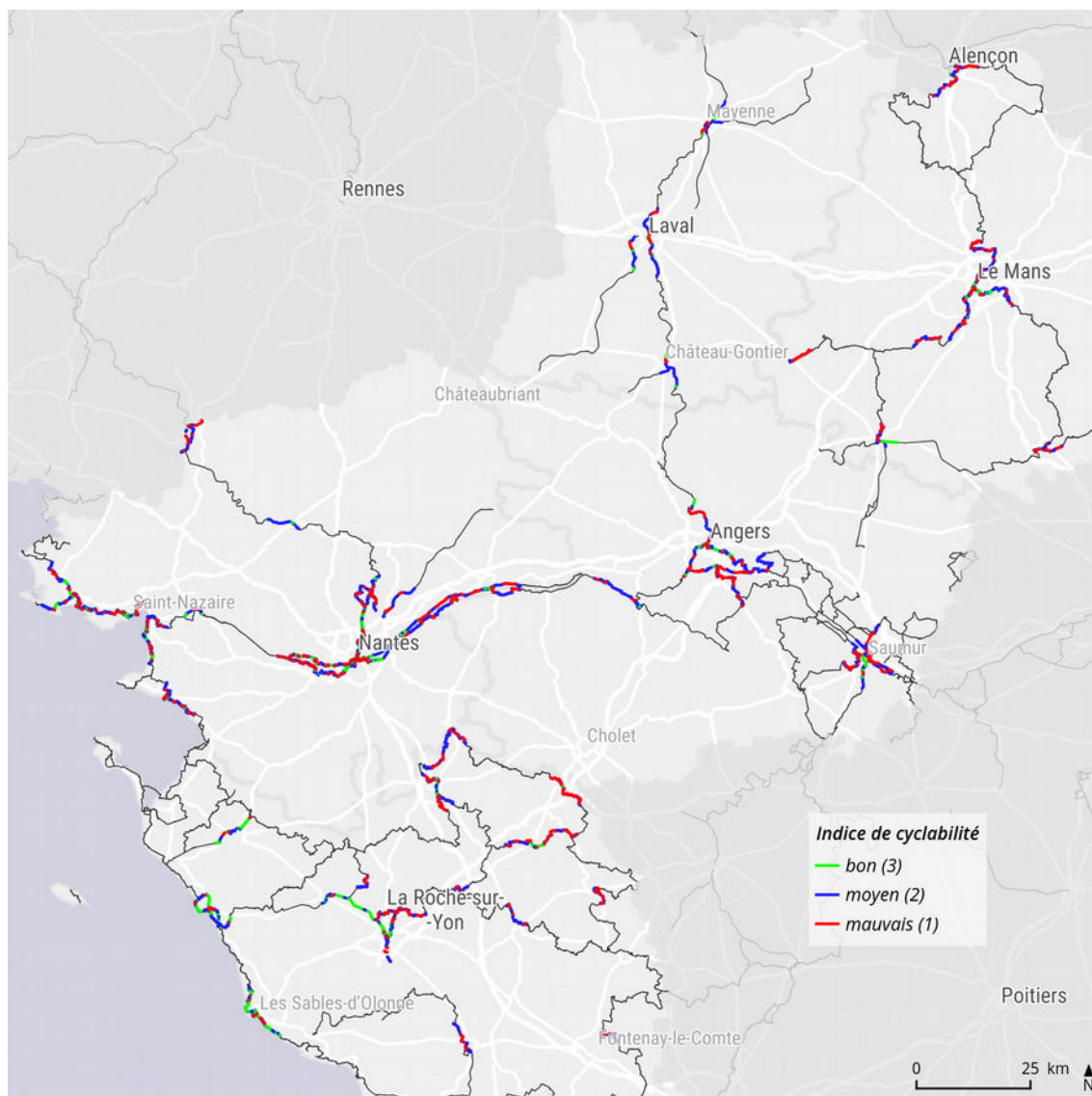
Carte de l'indicateur Confort



Carte de l'indicateur Efficacité

5.E Calcul de l'indice final

L'indice de cyclabilité est la somme des 3 indicateurs. Les valeurs de l'indice sont réparties entre 3 et 9. Afin de simplifier cette note le résultat de l'indice a été ramené de 0 à 6.



Carte de l'indice de cyclabilité

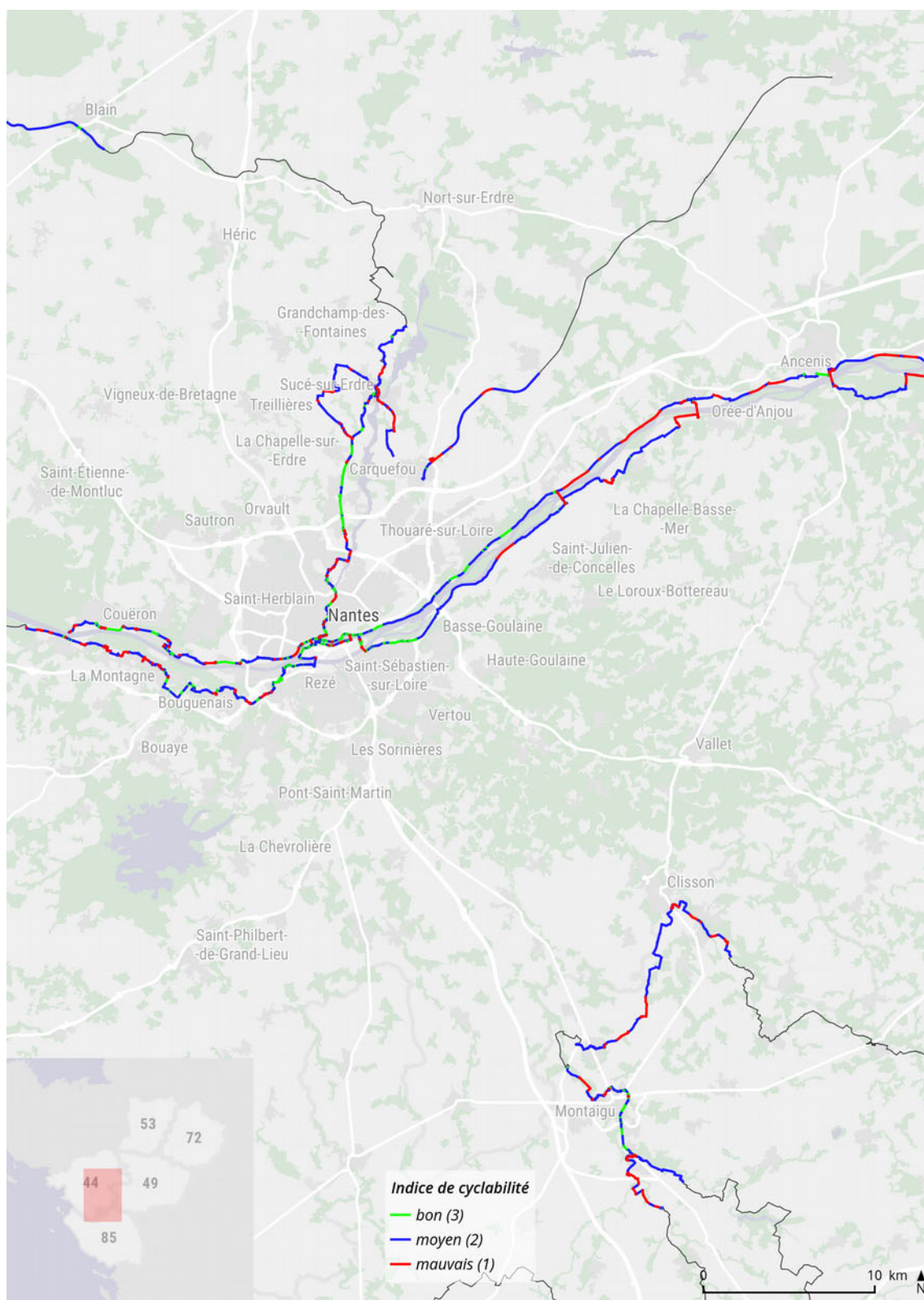
Les informations étant très denses, nous présentons dans la partie suivante des zooms pour mieux observer les détails.

5.F Détails de l'indice par zone

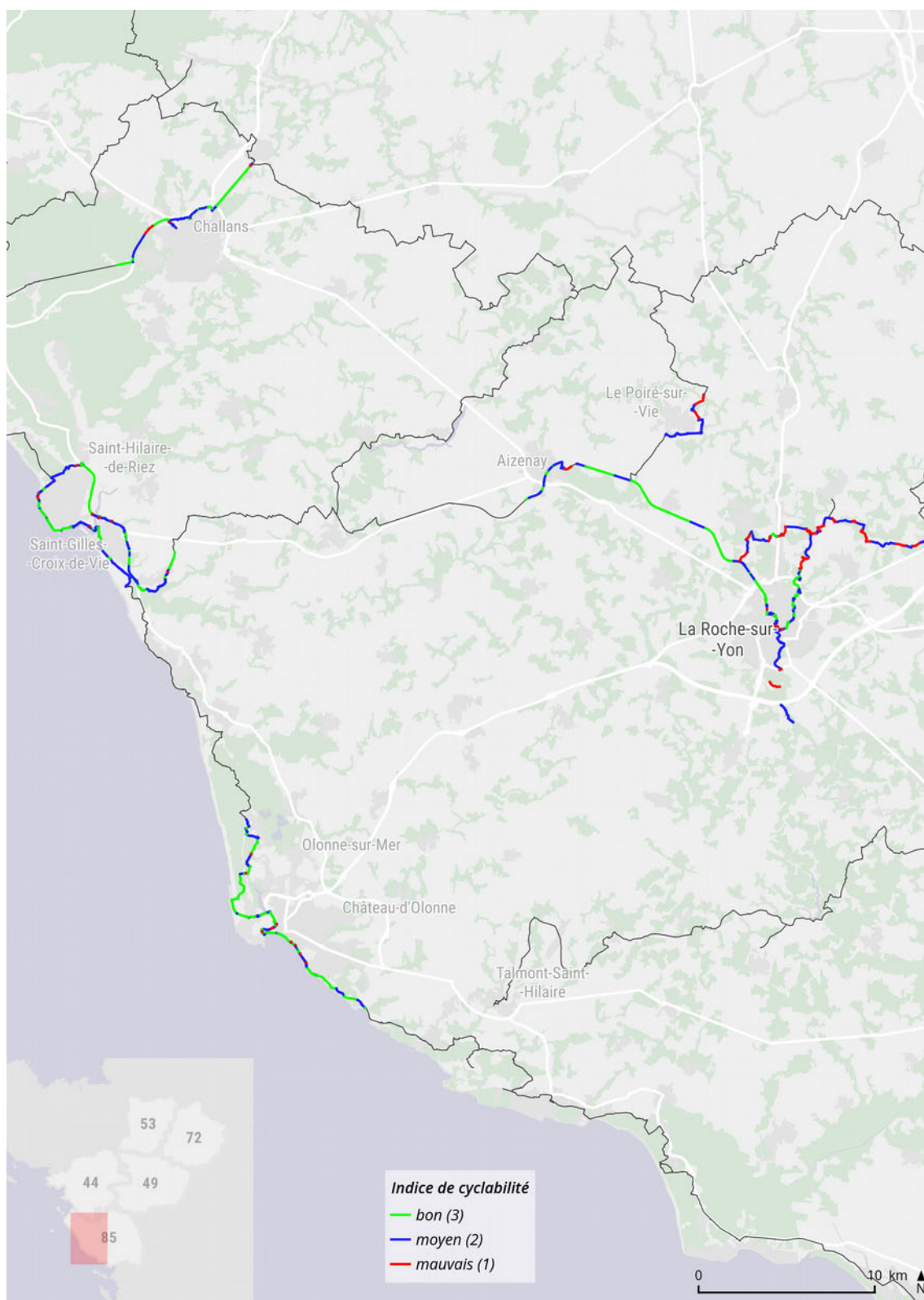
Dans les cartes suivantes pour simplifier la lecture l'indice de cyclabilité a été réparti sur 3 classes : classe 1 pour un indice de 0, 1 ou 2, classe 2 pour un indice de 3 ou 4 et classe 3 pour un indice de 5 ou 6.



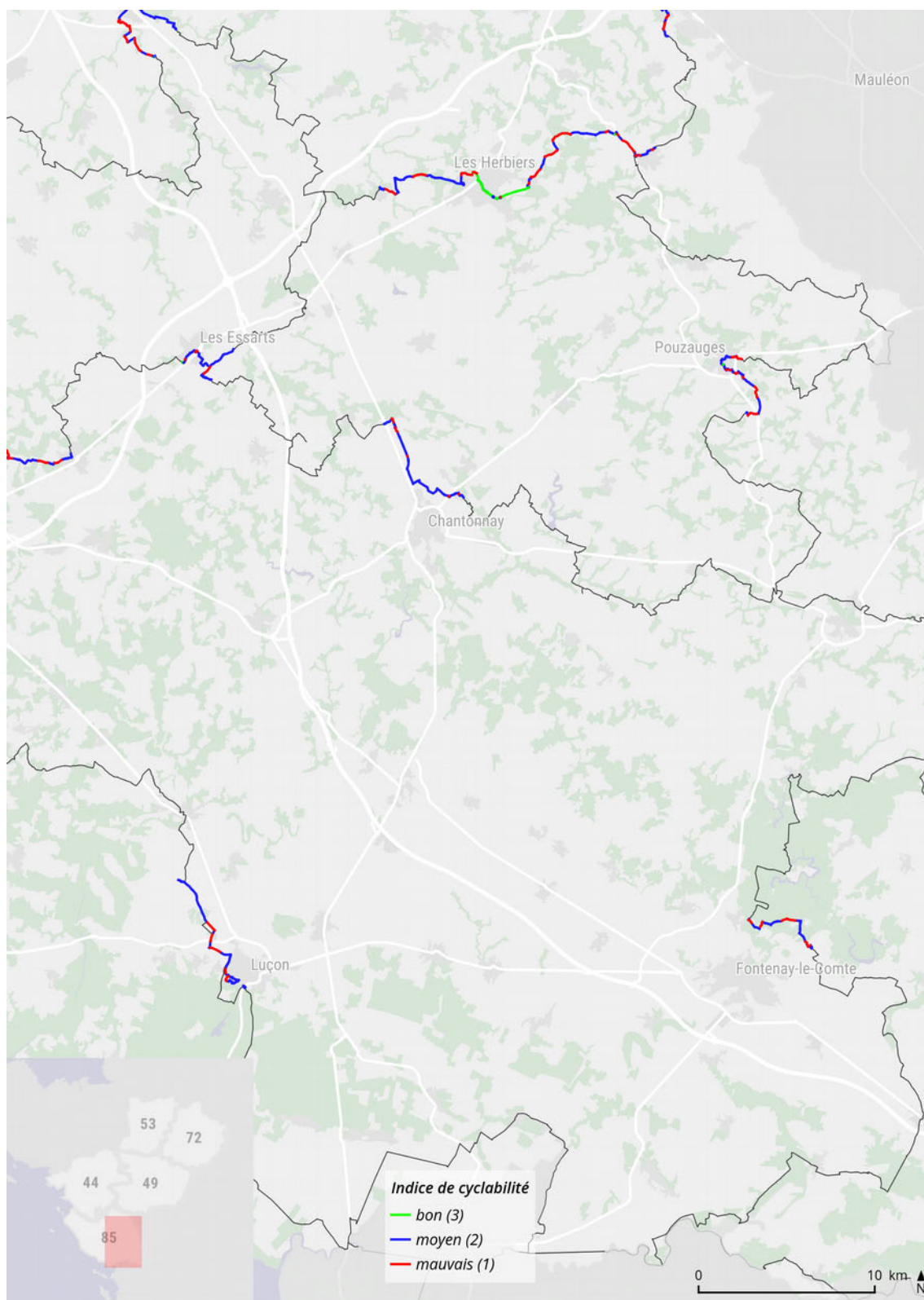
Carte de zone Loire-Atlantique Ouest



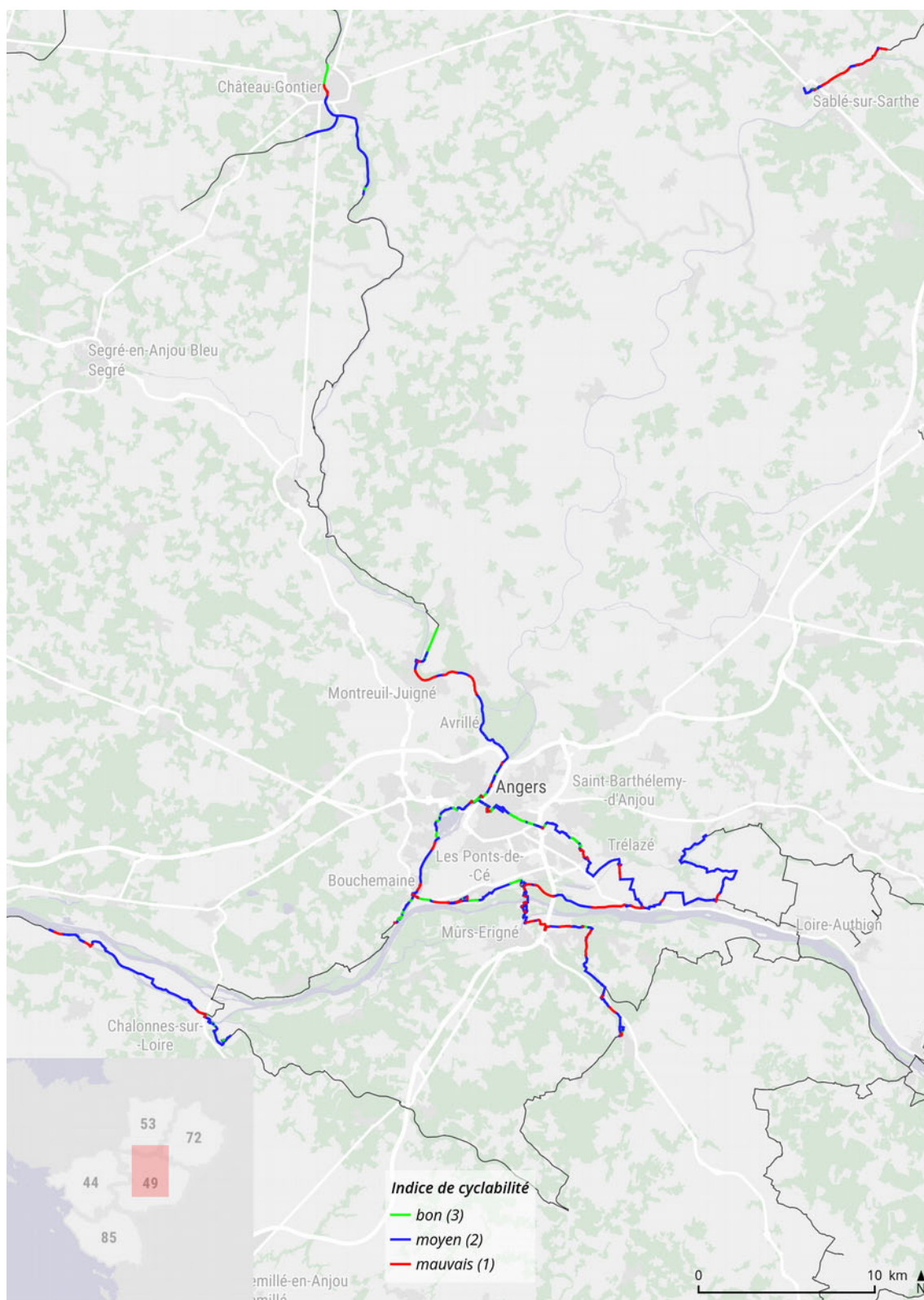
Carte de zone Loire-Atlantique Est et Vendée Nord



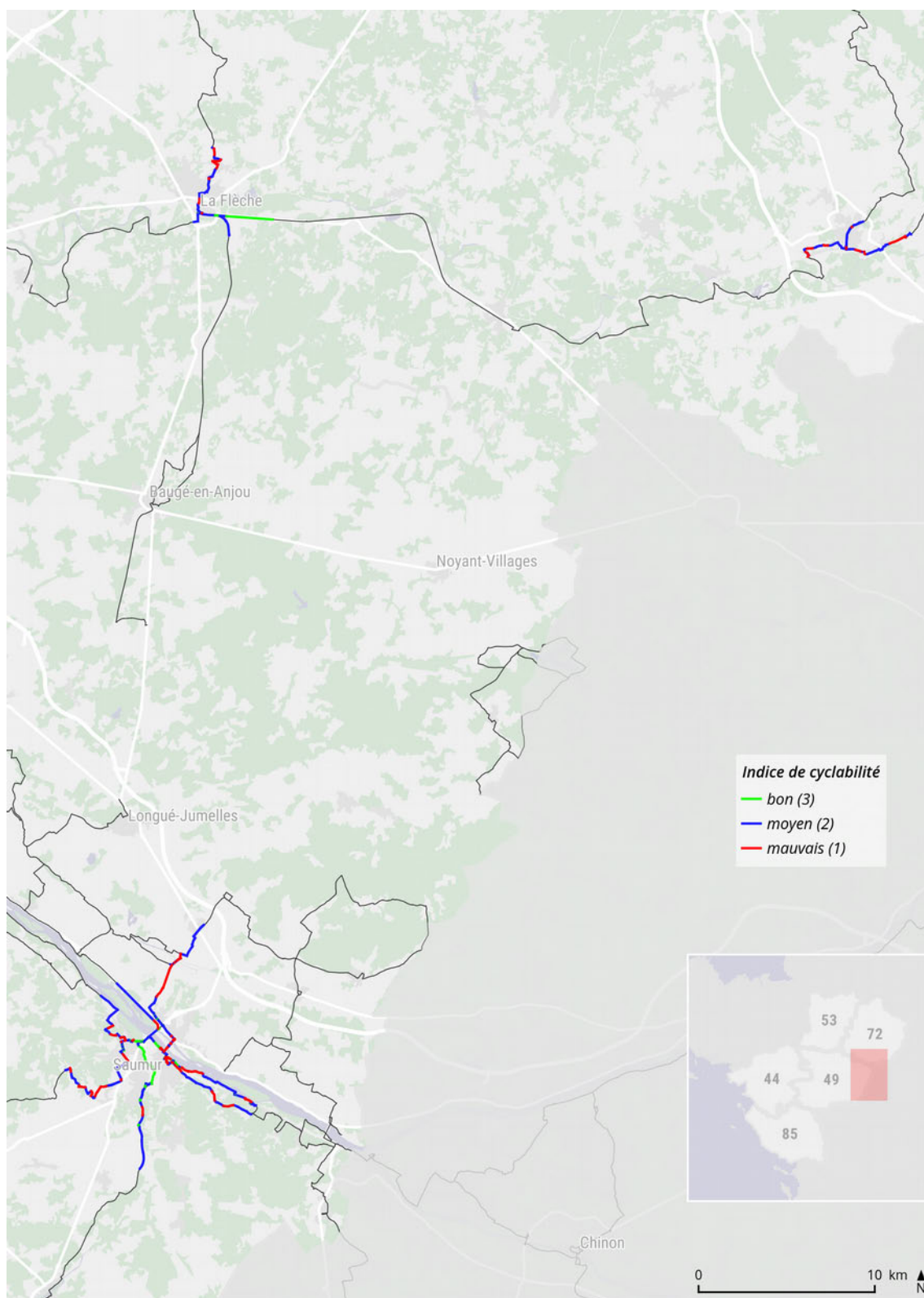
Carte de zone Vendée Ouest



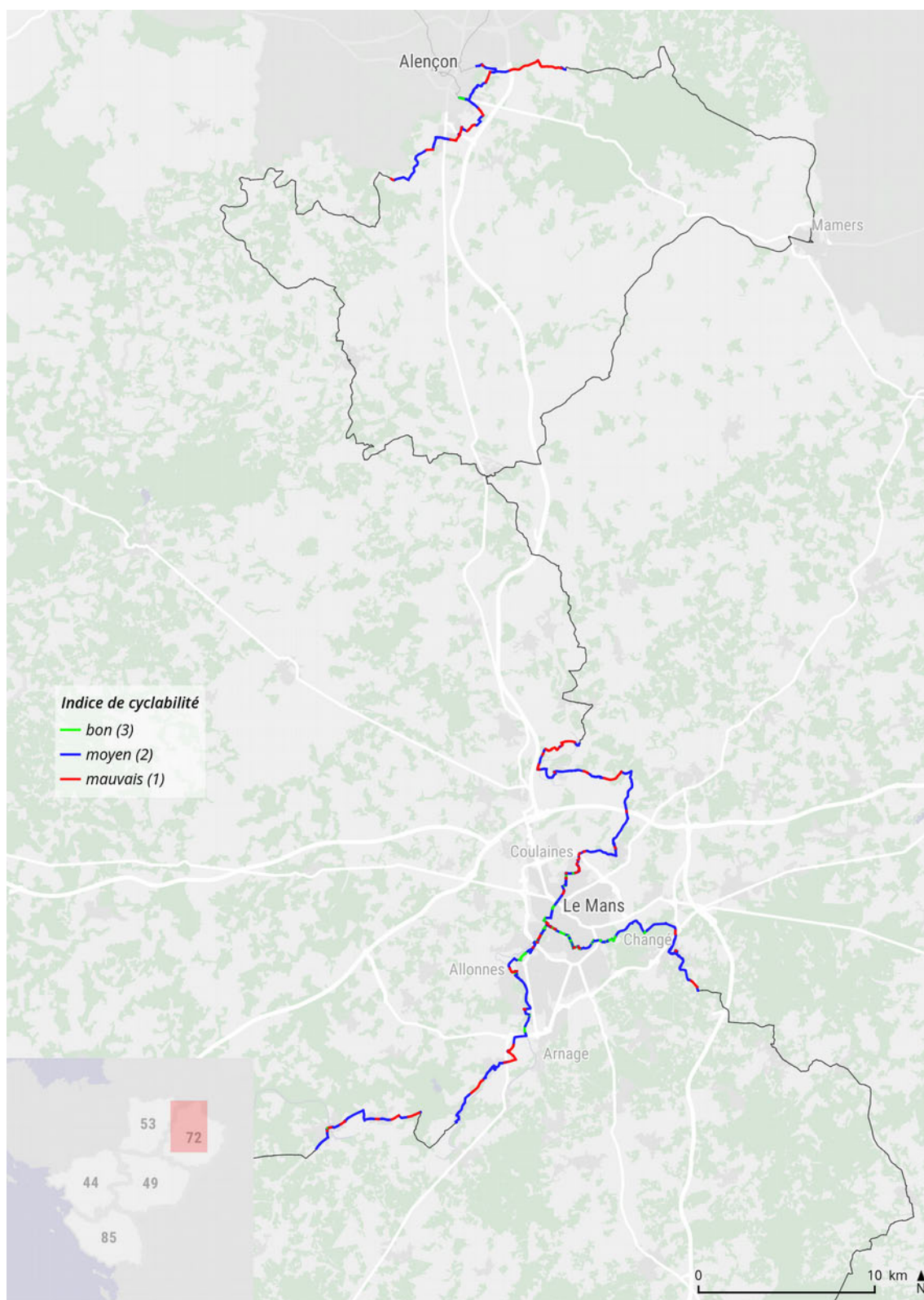
Carte de zone Vendée Est



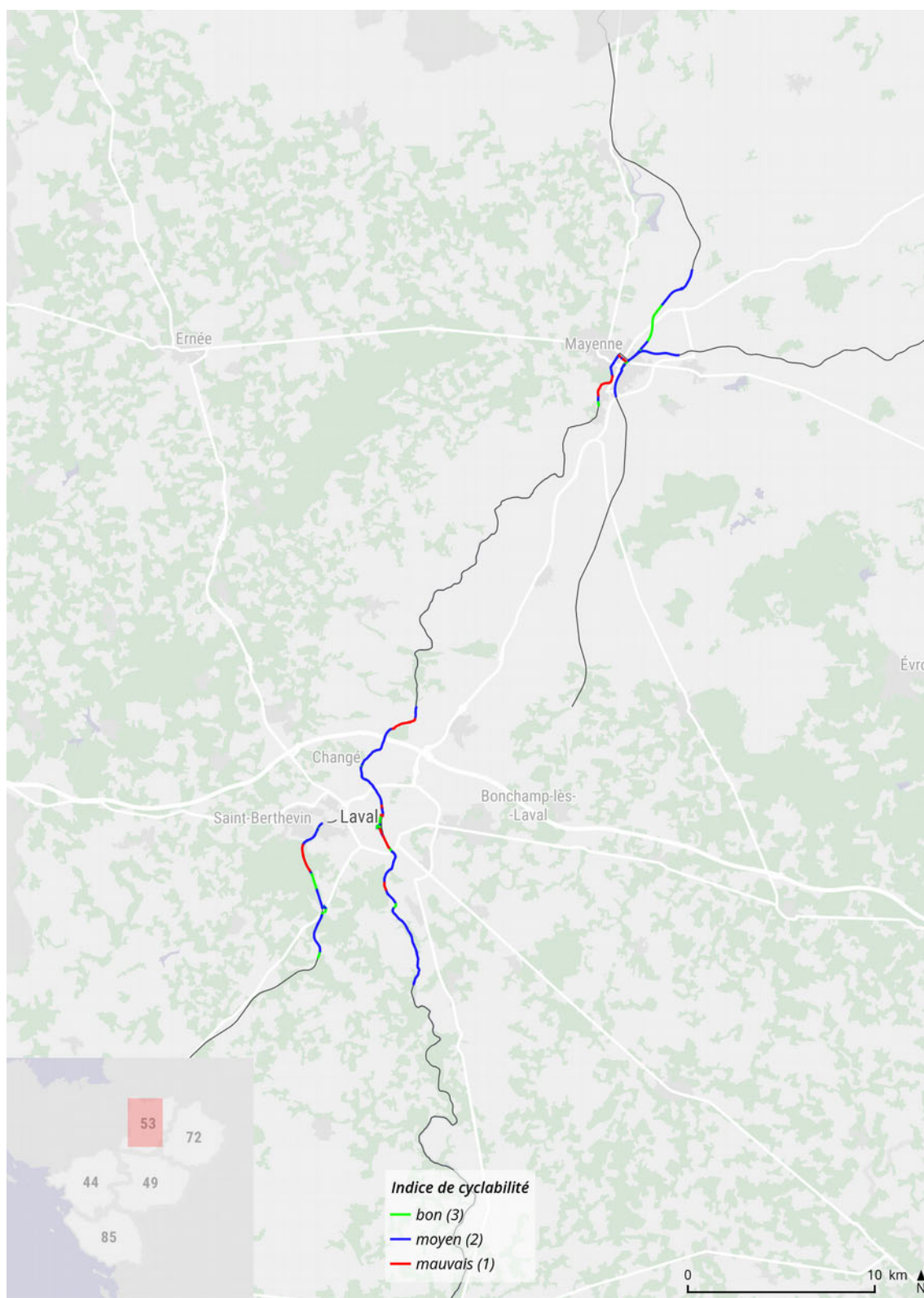
Carte de zone Maine-et-Loire Ouest



Carte de zone Maine-et-Loire Est et Sarthe Sud



Carte de zone Sarthe Nord



Carte de zone Mayenne

6 Résultats et conclusion

6.A Résultats globaux

L'étude a permis de dresser un état des lieux de la cyclabilité du réseau de 3V dans les Pays de la Loire en identifiant les sections à plus fort potentiel.

Grâce à son approche synthétique elle permet d'identifier les leviers d'amélioration des sections à fort potentiel et de remonter jusqu'aux critères les plus influents en fonction des situations.

L'étude aboutit également à un jeu de données qui permettra d'étudier la cyclabilité à une échelle plus fine et dans un contexte plus précis.

Elle offre enfin des outils de sensibilisation (à l'aide de cartes) qui décrivent l'état des lieux et permettra d'identifier pour chaque commune les leviers pour développer l'usage du vélo au quotidien (cf. l'annexe 7.A *Présentation des fiches automatisées* p.47).

6.B Limites de l'étude

6.B.a Évaluation des déplacements quotidiens

En l'absence de données utilisables sur les déplacements réels, nous avons choisi lors du premier filtre de considérer tous les déplacements potentiels ; par exemple un individu pourra être comptabilisé pour plusieurs déplacements domicile travail. Cela ne permet pas de comparaisons avec des fréquentations mesurées ou des quantités réelles de déplacements.

6.B.b Échelle de notre étude

L'utilisation d'une méthode homogène à l'échelle de la région (5 départements) ne permet pas de distinguer les typologies de territoires : zones urbaines ou rurales, dynamiques locales sur l'usage du vélo, qualité du paysage, etc.

6.B.c Reproductibilité

La reproductibilité de l'étude était un critère important pour construire la méthodologie. Chaque étape de notre méthodologie est expliquée et les détails de traitement peuvent être fournis dans ce but. Cependant, un niveau technique en géomatique, une bonne connaissance d'OpenStreetMap et une expertise sur la mobilité dans le territoire sont nécessaires pour réaliser l'ensemble des traitements.

6.B.d Informations non prises en compte

Nous n'avons pas pris en compte certaines informations dans l'étude. La saisonnalité et le sens de circulation ne sont pas pris en compte. Les « petits aménagements » tels que les barrières de croisement, les stops ou priorités aux intersections ou les éléments d'apaisement du trafic n'ont également pas été pris en compte du fait de la complexité à les relever et à les intégrer dans l'analyse.

D'autres part, certaines variations de qualité des bandes cyclables, comme la largeur des bandes cyclables et le type d'élément séparatif, ne disposent pas encore de codification dans OpenStreetMap.

6.C Amélioration de la méthode

6.C.a Prise en compte des évolutions des distances du déplacement domicile-travail par commune

La distance moyenne *domicile travail* évolue très fortement entre les communes et nous ne la prenons pas en compte avec notre méthode. La connaissance des lieux d'activité des habitants de la commune (donnée issue de l'Insee) nous permettrait d'affiner l'estimation des distances moyennes des déplacements domicile travail effectués par ses habitants.

6.C.b Routage réel

Le premier filtre peut être amélioré par l'utilisation d'outils de routage. Dans l'idéal le calcul de tous les itinéraires possibles d'une distance allant jusqu'à 10 km permettrait d'évaluer le nombre de déplacements passant par les 3V.

L'analyse de la cyclabilité elle-même pourrait être évaluée à l'aide de calculateurs d'itinéraires en y intégrant l'ensemble des critères et en paramétrant précisément leurs influences.

7 Fiches communales

7.A Présentation des fiches automatisées

Suite à l'*Étude du potentiel des Véloroutes et Voies Vertes comme support de la mobilité quotidienne en Pays de la Loire* réalisée en 2017, des données de cyclabilité ont été produites à l'échelle de la Région. Ces données concernent 124 communes qui comprennent sur leur territoire plus de 1 km de 3V retenues pour leur potentiel après un premier filtre. Pour chacune de ces communes, il a été réalisé une fiche qui présente les résultats de l'étude.

Ces fiches exposent les statistiques principales concernant les trois *indicateurs de cyclabilité* (*sécurité, efficacité, confort*) et l'*indice de cyclabilité*. Elles introduisent également l'*indicateur levier*. Les données sont présentées à l'aide de graphiques et permettent de comparer les résultats de la commune aux valeurs moyennes régionales — c'est-à-dire les valeurs moyennes des 124 communes ayant le plus de potentiel. Les données sont également présentées sur une carte permettant de situer les portions de 3V et leurs niveaux de cyclabilité.

Nous avons donc produit les statistiques en réalisant la somme des longueurs par *indicateur* et pour l'*indice* en distinguant les valeurs *bonnes, moyennes* et *mauvaises*. Nous avons également créé un *indice de levier* en tenant compte des critères les plus « simples » permettant d'améliorer la cyclabilité : une portion en site propre, peu large et avec un mauvais revêtement ou une route sans aménagement et avec une limitation de vitesse supérieure à 50 km/h sont ainsi identifiées comme ayant le plus de potentiel d'amélioration de la cyclabilité.

Ces informations ont été complétées en analysant le nombre d'actifs, d'habitants de plus de 6 ans et d'usagers des transports en communs (gares routières et ferroviaires) situés à 2 km des 3V étudiées. Pour cela nous avons utilisé les valeurs des pôles générateurs de déplacements (PGD) issues de l'étude.

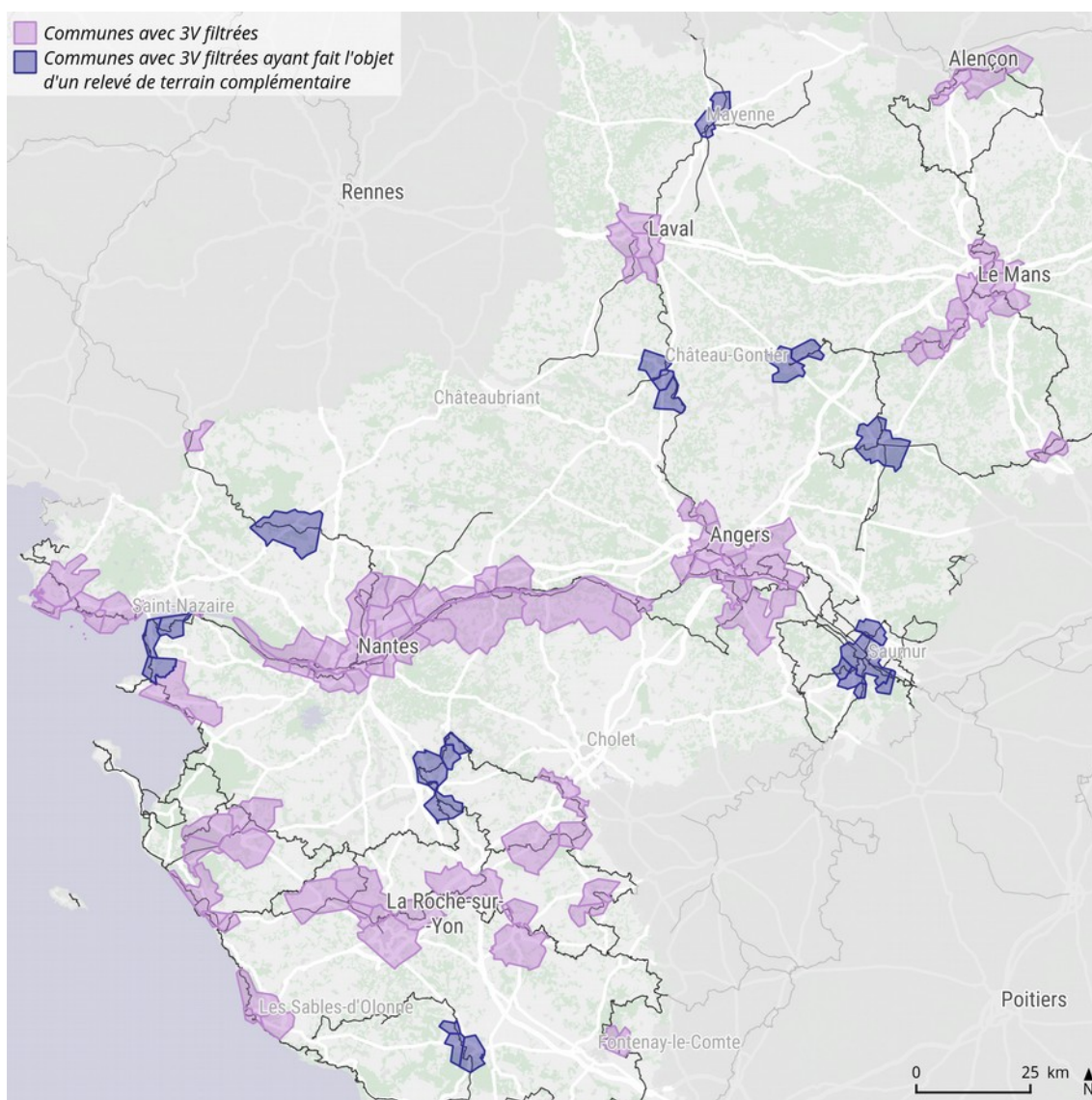
Certaines communes qui présentent une dynamique en matière de développement des aménagements vélo ont fait l'objet d'un travail de terrain complémentaire.

Voir Annexe 8.E accompagnant ce document.

7.B Présentation des fiches détaillées

Les portions de véloroutes et voies vertes ayant le plus de potentiel pour les déplacements quotidiens, ont été définies en considérant leur capacité à relier les pôles générateurs de déplacement (traitement cartographique/géomatique). Pour aller plus loin, ce travail nécessite une analyse de terrain complémentaire pour vérifier la réalité de ce potentiel, et pouvoir proposer des leviers d'actions, des recommandations pour mettre en place les conditions favorables au développement de l'usage du vélo et des modes actifs en général.

Dans le cadre de cette étude, 26 communes (regroupées en 9 secteurs) ont fait l'objet d'une analyse plus détaillée suite à un travail d'observation sur le territoire. Il s'agit de communes plutôt rurales qui sont, pour certaines d'entre elles, engagées dans une politique de développement des modes actifs.



Situation des communes avec 3V filtrées et celles ayant fait l'objet d'un travail de terrain complémentaire

Voir Annexe 8. F accompagnant ce document

8 Annexes

8.A Liste des communes concernées par les 3V filtrées

Code Insee	Commune
44003	Ancenis
44009	Basse-Goulaine
44010	Batz-sur-Mer
44012	La Bernerie-en-Retz
44015	Blain
44020	Bouguenais
44026	Carquefou
44028	Le Cellier
44029	Divatte-sur-Loire
44035	La Chapelle-sur-Erdre
44046	Corsept
44047	Couëron
44055	La Baule-Escoublac
44069	Guérande
44074	Indre
44094	Mauves-sur-Loire
44101	La Montagne
44109	Nantes
44115	Oudon
44116	Paimbœuf
44120	Le Pellerin
44131	Pornic
44132	Pornichet
44135	Le Pouliguen
44143	Rezé
44154	Saint-Brevin-les-Pins
44160	Saint-Géréon
44162	Saint-Herblain
44163	Vair-sur-Loire
44166	Saint-Jean-de-Boiseau
44169	Saint-Julien-de-Concelles
44172	Sainte-Luce-sur-Loire
44179	Saint-Mars-du-Désert
44182	Saint-Michel-Chef-Chef
44184	Saint-Nazaire
44185	Saint-Nicolas-de-Redon
44190	Saint-Sébastien-sur-Loire
44201	Sucé-sur-Erdre

Code Insee	Commune
44204	Thouaré-sur-Loire
49007	Angers
49011	Artannes-sur-Thouet
49035	Bouchemaine
49050	Brissac-Loire-Aubance
49055	Cantenay-Épinard
49063	Chalonnnes-sur-Loire
49069	Orée-d'Anjou
49123	Distré
49167	Les Garennes-sur-Loire
49214	Montreuil-Juigné
49244	Mauges-sur-Loire
49246	Les Ponts-de-Cé
49262	Rou-Marson
49267	Saint-Barthélemy-d'Anjou
49278	Sainte-Gemmes-sur-Loire
49307	Loire-Authion
49328	Saumur
49341	Souzay-Champigny
49353	Trélazé
49378	Vivy
53054	Changé
53062	Château-Gontier
53119	L'Huisserie
53130	Laval
53147	Mayenne
53150	Ménil
53157	Montigné-le-Brillant
53201	Saint-Berthevin
53215	Saint-Fort
53216	Saint-Fraimbault-de-Prières
72003	Allonnes
72006	Arçonnay
72034	Bérus
72058	Changé
72071	Montval-sur-Loir
72095	Coulaines
72133	Fillé

72137	Villeneuve-en-Perseigne
72151	Juigné-sur-Sarthe
72154	La Flèche
72181	Le Mans
72217	Neuville-sur-Sarthe
72253	Roézé-sur-Sarthe
72264	Sablé-sur-Sarthe
72308	Saint-Paterne - Le Chevain
72328	Sargé-lès-le-Mans
72344	Spay
72346	La Suze-sur-Sarthe
72386	Yvré-l'Évêque
85003	Aizenay
85021	La Bernardière
85047	Challans
85051	Chantonay
85060	Château-d'Olonne
85076	Cugand
85082	Les Épesses
85084	Essarts-en-Bocage
85089	La Ferrière
85096	La Garnache
85098	La Génétouze
85100	Givrand

85109	Les Herbiers
85128	Luçon
85131	Les Magnils-Reigniers
85140	La Meilleraie-Tillay
85146	Montaigu
85151	Mortagne-sur-Sèvre
85155	Mouilleron-le-Captif
85166	Olonne-sur-Mer
85167	L'Orbrie
85171	Péault
85172	Le Perrier
85178	Le Poiré-sur-Vie
85182	Pouzauges
85191	La Roche-sur-Yon
85194	Les Sables-d'Olonne
85217	Saint-Georges-de-Montaigu
85220	Saint-Germain-de-Prinçay
85222	Saint-Gilles-Croix-de-Vie
85224	Saint-Hilaire-de-Loulay
85226	Saint-Hilaire-de-Riez
85238	Saint-Laurent-sur-Sèvre
85256	Saint-Michel-le-Cloucq
85276	Saint-Vincent-Sterlanges
85280	Sallertaine

8.B Numérisation

8.B.a OpenStreetMap

L'ensemble de la numérisation a consisté à **renseigner la base de données OpenStreetMap**. Elle s'est déroulée en deux étapes :

- Mise à jour des itinéraires sous OpenStreetMap.
- Saisie des informations de cyclabilité.

8.B.b Source des données

Les données utilisées sont :

- les **photographies aériennes** (BDOrtho® IGN, Bing Aerial, etc.) et les autres fonds utilisables pour renseigner les données OpenStreetMap tels que le cadastre.
- Les **photographies** issues des relevés de terrain et les photographies *libres* issues des projets Mapillary et OpenStreetCam. Elles permettent de visualiser les informations qui ne peuvent pas être identifiées sur les photos aériennes. Par exemple certaines photos des panneaux des 3V nous ont permis de confirmer l'itinéraire.
- La base de données des 3V de l'Observatoire National des Véloroutes et Voies Vertes (ON3V) est également une source de données de référence. En effet, il s'agit d'une base de données relativement précise. C'est la seule base de données qui décrit les 3V et décrit également de manière synthétique le type d'aménagement. Cette base de données est fréquemment mise à jour, nous avons utilisé 2 versions, celles de mai 2016 et de mai 2017.

La diversité des sources a permis de disposer de données suffisamment précises et à jour pour produire les données nécessaires de manière systématique et exhaustive.

8.B.c Outil de numérisation

L'outil utilisé est le logiciel **JOSM**. Il s'agit d'un outil dédié à la numérisation pour OpenStreetMap. Il offre tous les composants nécessaires pour produire de données de manière très productive et permet de réaliser des contrôles qualité très précis. De plus il donne un accès simple et unifié aux différentes sources de données évoquées plus haut. Il est libre, gratuit et multi-plateforme.

8.B.d Mise à jour des itinéraires dans OpenStreetMap

Comme évoqué précédemment, un des atouts d'OpenStreetMap est de permettre de décrire à la fois les infrastructures routières mais également **les itinéraires**. Les 3V y sont donc déjà très bien décrites. À l'échelle d'une région, ces itinéraires peuvent cependant être incomplets ou obsolètes. A contrario ils peuvent également être plus à jour et plus précis que les autres données de référence.

Pour vérifier et compléter les informations, nous avons utilisé la base de données libre de l'ON3V. Nous l'avons complétée par vérification à partir de photos et également de prises de contact avec certains contributeurs OpenStreetMap et des interlocuteurs de collectivité (départements) pour confirmation.

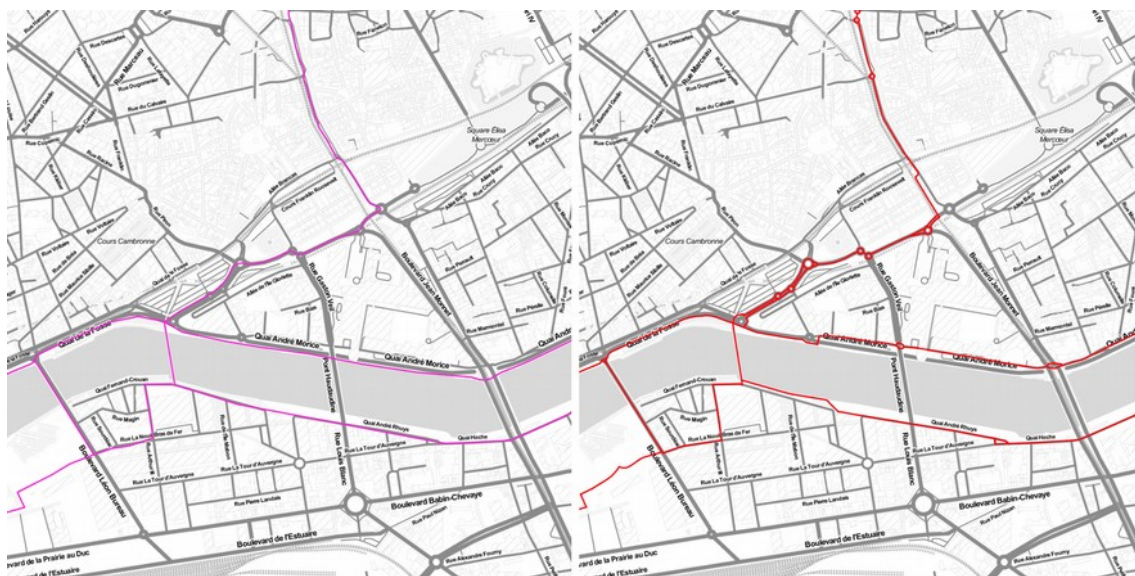
Ainsi nous avons procédé à l'ajout d'un nombre significatif de routes et chemins manquants ainsi que d'aménagement cyclables.

Cette étape est également l'occasion de renseigner ou de corriger certaines informations telles que le type de voie et le type d'aménagement (piste cyclable, bande cyclable, chemin, etc.).

Enfin, cette étape a permis de mémoriser les **identifiants des itinéraires** (identifiants OpenStreetMap) afin de pouvoir les sélectionner ultérieurement (cf. 5.B.f *Distinction des 3V et de la porosité* p. 28).

Cette phase de numérisation a eu pour effet d'augmenter la distance totale de 3V filtrées. En contre-partie, certaines portions de 3V indiquées comme étant en phase de travaux, n'étaient pas encore achevées, ce qui les a écartées des 3V filtrées, notamment autour de La Roche-sur-Yon.

L'illustration suivante montre un exemple de comparaison de la géométrie entre les données de l'ON3V et les données OpenStreetMap. Cette amélioration de la géométrie permet également une **description attributaire plus précise**. De plus, elle permet de considérer, non pas uniquement le réseau 3V, mais bien le réseau de 3V au sein de l'ensemble du réseau viaire et ainsi d'analyser la porosité.



Carte de comparaison des données ON3V (gauche) et OpenStreetMap (droite)

8.B.e Renseignement des paramètres

La deuxième phase de la numérisation a consisté à renseigner les paramètres qui ont permis d'établir les *critères*.

Il s'agit d'une démarche relativement classique de contribution à OpenStreetMap consistant à renseigner les données attributaires à travers les *tags*. La liste suivante présente quelques-uns des principaux paramètres accompagnés d'un exemple de *tag* :

- Largeur : *width=2*
- Vitesse : *maxspeed=50*
- Type de revêtement : *surface=compacted*
- Description des aménagements cyclables (double sens cyclable, partage avec les piétons, etc.) : *cycleway=lane* ; *foot=yes*
- Restrictions d'usage : *motor_vehicle=no*

Des **contrôles qualité** nous ont permis de nous assurer de l'**uniformité et de l'exhaustivité du renseignement des données**.

8.C Détail des analyses

8.C.a Type de voie

Exemple d'expression QGIS permettant la sélection des pistes cyclables. Cette formule témoigne de la diversité des moyens de description des données sous OpenStreetMap :

```
-- Les pistes cyclables explicites
"highway"='cycleway' OR
"cycleway" IN ('track','opposite_track') OR
"cycleway_left" IN ('track','opposite_track') OR
"cycleway_right" IN ('track','opposite_track') OR
"cycleway_both" IN ('track','opposite_track')

OR

-- les pistes cyclables marquées en footway ou pedestrian
("highway" IN ('footway','pedestrian','path') AND "bicycle" IN
('yes','designated','dismount','limited','permissive'))

OR (

-- les voies particulières de type track et service
"highway" IN ('track','service')

AND (

-- dont l'accès est interdit aux voitures
("motor_vehicle"='no' OR "motorcar"='no')

-- ou dont l'accès est interdit à tous sauf aux vélos
OR
("access"='no' AND "bicycle" IN
('yes','designated','dismount','limited','permissive'))
))
```

8.C.b Largeur

Exemple d'expression QGIS permettant la sélection des voies partagées avec les piétons, séparée, à sens unique cyclable :

```
(
(
(("highway"='cycleway' AND "oneway"='yes' AND ("oneway_bicycle" IS NULL OR
"oneway_bicycle" NOT LIKE 'no')) OR
("cycleway"='track' AND ("oneway_bicycle" IS NULL OR
"oneway_bicycle"='yes')) OR
("cycleway"='opposite_track' AND ("oneway_bicycle" IS NULL OR
"oneway_bicycle" NOT LIKE 'no')) OR
("cycleway_left" IN ('track','opposite_track') AND ("oneway_bicycle" IS
NULL OR "oneway_bicycle" NOT LIKE 'no')) OR
("cycleway_right" IN ('track','opposite_track') AND ("oneway_bicycle" IS
NULL OR "oneway_bicycle" NOT LIKE 'no')) OR
("cycleway_both"='track' AND ("oneway_bicycle" IS NULL OR "oneway_bicycle"
NOT LIKE 'no'))))
AND
("foot" IN ('designated','yes','permissive'))
)

OR

(("highway" IN ('footway','path','pedestrian') AND "oneway"='yes' AND
("oneway_bicycle" IS NULL OR "oneway_bicycle" NOT LIKE 'no'))
AND "bicycle" IN ('yes','designated','dismount','limited','permissive'))
)
```

```
AND
"segregated"='yes'
```

8.C.c Revêtement

Détail complet de l'analyse du revêtement

```
CASE WHEN

-- Revêtement bon

("highway"='track' AND ("tracktype"='grade1' OR "surface" IN
('asphalt','concrete','paving_stones','metal','paved','sett','wood')))
OR (
"highway" IN
('cycleway','footway','path','service','living_street','motorway','motorway
_link','pedestrian','primary','primary_link','residential','secondary','sec
ondary_link','tertiary','tertiary_link','trunk','trunk_link','unclassified'
) AND
"surface" IN
('asphalt','concrete','paving_stones','metal','paved','sett','wood')
)

THEN '3'

WHEN

-- Revêtement moyen

("highway"='track' AND ("tracktype"='grade2' OR "surface" IN
('cobblestone','compacted','fine_gravel')))
OR (
"highway" IN
('cycleway','footway','path','service','living_street','motorway','motorway
_link','pedestrian','primary','primary_link','residential','secondary','sec
ondary_link','tertiary','tertiary_link','trunk','trunk_link','unclassified'
) AND
"surface" IN ('cobblestone','compacted','fine_gravel')
)

THEN '2'

WHEN

-- Revêtement mauvais

("highway"='track' AND ("tracktype" IN ('grade3','grade4','grade5') OR
"surface" IN
('dirt','earth','paving_stones','grass','gravel','ground','pebblestone','sa
nd','unpaved')))
OR (
"highway" IN
('cycleway','footway','path','service','living_street','motorway','motorway
_link','pedestrian','primary','primary_link','residential','secondary','sec
ondary_link','tertiary','tertiary_link','trunk','trunk_link','unclassified'
) AND "surface" IN
('dirt','earth','paving_stones','grass','gravel','ground','pebblestone','sa
nd','unpaved')
)

THEN '1'

WHEN

-- Voies qui ne sont pas forcément pavées et n'ont pas d'informations
```

```

("highway"='track' AND "tracktype" IS NULL AND "surface" IS NULL)
OR
("highway" IN ('cycleway','footway','path') AND "surface" IS NULL)

THEN '2'

WHEN

-- Voie qui sont généralement pavées et n'ont pas d'informations de surface

"highway" IN
('service','living_street','motorway','motorway_link','pedestrian','primary',
'primary_link','residential','secondary','secondary_link','tertiary','tertiary_link',
'trunk','trunk_link','unclassified') AND "surface" IS NULL

THEN '3'

END

```

8.C.d Indicateur sécurité

Expression QGIS :

```

CASE WHEN
"type_voie" IN ( 'site propre' )
THEN
IF( "largeur" LIKE '1', 2, 3)
WHEN
"type_voie" IN ( 'voie sécurisée' , 'site semi-propre' )
THEN
IF( "largeur" LIKE '1' , 1 , 2 )
ELSE 1
END

```

8.C.e Indicateur confort

Expression QGIS :

```

CASE

WHEN
"revetement" = '1'
THEN 1

WHEN
"revetement" = '2'
THEN IF ("denivele"*100/$length >= 4.0, 1, 2)

WHEN
"revetement" = '3'
THEN IF ("denivele"*100/$length >= 4.0, IF ("denivele"*100/ $length >= 8.0,
1, 2) , 3)

ELSE 1

END

```

8.D Glossaire

3V : Véloroutes et Voies Vertes.

Critères : Ensemble des paramètres qui ont été retenus pour leur influence sur la cyclabilité et qui ont été caractérisés pour son analyse.

Indicateurs de cyclabilité : composés de la Sécurité, du Confort et de l'*Effacité* ; ils constituent une forme de rationalisation de la cyclabilité et sont définis grâce à un critère.

Indice de cyclabilité : Synthèses des *Indicateurs de cyclabilité*.

ON3V : Observatoire National des Véloroutes et Voies Vertes.

OpenStreetMap : Projet de cartographie participative du monde sous licence libre débuté en 2004 et représentant aujourd'hui une référence dans de nombreux domaines tels que la mobilité.

PGD : Pôles Générateurs de Déplacement.

PUV : Potentiel Usager Vélo.

QGIS : Logiciel libre de type Système d'Information Géographique utilisé pour l'ensemble des traitements de données géographiques.

SN3V : Schéma National Véloroutes et Voies Vertes.

Tag : Terme employé pour définir un attribut sous OpenStreetMap. Il consiste en l'association d'un terme *clé* et d'un terme *valeur* ; exemple : *surface=compacted*. À l'exception de certains tags qui viennent apporter des précisions concernant la géométrie, l'ensemble des tags constitue la part attributaire des données OpenStreetMap.

VAE : Véhicule à Assistance Électrique.

8.E Fiches communales automatisées

L'ensemble des fiches communales automatisées sont accessibles en annexe E du document.

8.F Fiches détaillées par secteur

L'ensemble des fiches communales détaillées par secteur sont accessibles en annexe F du document.

Dans un contexte volontaire de développement des infrastructures cyclables aux échelles nationale, régionale et locale, des comptages de trafic ont révélé une tendance à utiliser le réseau de *Véloroutes et Voies Vertes* (3V) pour les **déplacements quotidiens**. La direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) Pays de la Loire a cherché à mieux déchiffrer ce phénomène et a réalisé une étude visant à évaluer le potentiel des 3V pour supporter les déplacements quotidiens. Cette étude s'est déroulée en deux étapes :

- Un **premier filtre** a permis d'identifier les portions ayant le plus de potentiel en considérant leur **capacité à relier les Pôles Générateurs de Déplacement** (PGD).
- Une **étude de la cyclabilité** des 3V filtrées a été menée en considérant plusieurs **critères**.

Pour réaliser le premier filtre, l'étude a considéré 3 types de PGD : les pôles *habitation* regroupant les lieux ayant un nombre d'habitants significatif ; les pôles *activité* regroupant les lieux de travail, scolaires et universitaires ; les pôles *transport* correspondant aux gares routières et ferroviaires. Le positionnement et la quantification d'individus ont été permis par l'utilisation de différents jeux de données tels que l'Insee et les données Open Data issues de la SNCF et des ministères. Par analyse géographique, en considérant la distance de déplacement et le nombre d'individus, environ **800 km de 3V** ont été identifiés comme ayant le plus fort potentiel théorique pour supporter des déplacements quotidiens.

Un travail sur 250 km de **sites pilotes**, représentatifs de l'ensemble du territoire, a permis de définir une méthode reproductible pour relever différentes informations caractérisant les 3V à l'aide de photos aériennes et de photos de terrain. Il a permis d'identifier quels *critères* avaient une influence significative sur la *cyclabilité* : largeur, partage avec les piétons, vitesse de circulation, capacité à rejoindre et à quitter la véloroute, sinuosité du parcours, topographie, type de surface, type d'aménagement, limite de vitesse. Ce travail a également permis de s'assurer que les *critères* principaux (en dehors de la topographie) pouvaient être stockés dans la base de données **OpenStreetMap**.

Un travail approfondi de numérisation des *critères* a ensuite été réalisé sur l'ensemble des 3V filtrées. Le tracé des itinéraires a été mis à jour et les différents *critères* ont été renseignés. Enfin à partir du jeu de données extrait d'OpenStreetMap, un traitement a permis de transformer les données brutes en données exploitables : traitements géomatiques pour la topographie, la directivité et la porosité ; traitements attributaires pour identifier les types d'aménagement, la qualité de revêtement, etc. À partir de ces données traitées, la cyclabilité a été analysée en considérant 3 **indicateurs de cyclabilité** : la **sécurité**, le **confort** et l'**efficacité**. Chacun de ces *indicateurs* a été créé en réalisant une synthèse équilibrée des *critères*. L'**indice de cyclabilité** final a été enfin créé par synthèse de ces *indicateurs*.



<http://www.paysdelaloire.prse.fr/>

Direction régionale
de l'environnement,
de l'aménagement
et du logement

Service intermodalité
aménagement logement

5, rue Françoise Giroud
CS 16326
44263 NANTES cedex 22
Tél : 02 72 74 73 00

Directrice de
publication :
Annick Bonneville

ISSN : 2109-0017