



Rapport de stage
en vue de l'obtention de la Licence Professionnelle
« Cartographie, topographie et système d'information géographique »

Déploiement de la suite logicielle GEOTREK au Parc National de Port-Cros

Rapport présenté par **Guillaume Boitel**
Vendredi 6 juin 2019

Maître de Stage : **David Poncin** – Parc National de Port-Cros
Tuteur pédagogique : **Xavier Rochel** – Université de Lorraine



LORITZ

LYCÉE D'ENSEIGNEMENT GÉNÉRAL ET TECHNOLOGIQUE
CFA - GRETA



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**

« Si tu n'arrives pas à penser, marche ;
si tu penses trop, marche ;
si tu penses mal, marche encore. »
(Jean Giono)

Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble des agents du Parc National de Port-Cros pour leur accueil chaleureux, et tout particulièrement David Poncin, responsable du service Système d'Information du Parc National de Port-Cros, pour non seulement m'avoir permis de réaliser ce stage intéressant mais également pour toutes les soirées jeux qu'il a organisées. Je remercie aussi vivement David Dubourg, géomaticien du Parc National de Port-Cros, tant pour ces conseils durant tout le stage que pour nos escapades alpines.

Mes remerciements vont aussi à Camille Monchicourt pour avoir pris le temps de me présenter Geotrek ainsi que pour son investissement dans ce projet. Je remercie également Hélène Rossignol et Myriam Huant pour leurs retours d'expériences.

Je n'oublie pas non toute l'équipe pédagogique de la licence pro « cartographie, topographie et SIG » qui nous ont transmis bien des connaissances.

Merci également à toute la communauté du logiciel libre sans qui ce stage n'aurait pas pu exister, notamment toutes les personnes qui participent, de près ou de loin, à l'élaboration de PostgreSQL, PostGIS, Qgis, Qfield et surtout Geotrek !

Enfin je remercie ma famille pour son soutien lors de ma reconversion professionnelle, en particulier mes parents pour l'hébergement, ma fille pour sa joie de vivre et ma femme pour son soutien indéfectible.



Table des matières

1. Introduction	1
2. Contexte	2
2.1. Présentation de la structure d'accueil	2
2.1.1. Les Parcs Nationaux.....	2
2.1.2. Présentation du Parc National de Port-Cros.....	4
2.2. Objectifs du stage	6
2.3. Déroulé stage	6
3. Documentation	7
3.1. Présentation de Geotrek	7
3.1.1. Genèse d'un projet.....	7
3.1.2. Principes de fonctionnement.....	8
3.1.2.1. Segmentation dynamique.....	8
3.1.2.2. Présentation des composants de la suite logicielle.....	10
3.2. Évaluation de la donnée existante	12
3.2.1. Sentiers.....	12
3.2.2. Couches de délimitation et de zonage.....	16
3.2.3. Signalétique.....	17
3.3. Correction des erreurs géométriques et topologiques	18
4. Phase technique	19
4.1. Automatisation des corrections des erreurs	19
4.2. Mise en place de Geotrek	19
4.2.1. Installation serveur.....	19
4.2.2. Geotrek.....	20
4.2.2.1. Installation.....	20
4.2.2.2. Configuration.....	20
4.2.2.3. Import des données.....	21
4.2.2.3.1. Données initiales.....	21
4.2.2.3.2. Délimitation, zonage et MNT.....	22
4.2.2.3.3. Tronçons.....	22
4.2.2.3.4. Itinéraires.....	23
4.2.2.3.5. Signalétique.....	24
4.2.2.3.6. « Geotrek Rando ».....	24
5. Acquisition de données	26
5.1. Préparation de l'acquisition	26
5.2. Terrain	27
5.3. Traitement des données	28
6. Conclusion	30
Sitographie.....	
Tables des illustrations.....	
Tables des annexes.....	



1. Introduction

Selon une enquête menée en 2016 par le « Pôle Ressources National Sports de Nature », près de 16 millions de français pratiquent la randonnée pédestre, ce qui en fait l'un des sports les plus pratiqués en France. Tout naturellement, les pratiquants de cette activité de pleine nature recherchent des lieux calmes et agréables pour s'adonner à ce loisir.

Les Parcs Nationaux, avec leurs exceptionnels patrimoines, tant naturels, paysagers que culturels, sont donc un terrain de choix pour les randonneurs. Or si le patrimoine naturel est exceptionnel, il est également souvent très fragile. Et face à une augmentation de la fréquentation des sentiers, l'enjeu pour les Parcs Nationaux est double.

D'une part ils doivent préserver ces remarquables espaces de biodiversité mais d'autre part ils ont aussi pour mission de faire de l'éducation à l'environnement et d'accueillir le public.

Afin de préserver ce patrimoine, il est nécessaire de réfléchir à l'organisation du territoire et de mettre en place des outils permettant de mieux gérer les flux de touristes. L'utilisation de la géomatique dans ce domaine peut être d'une grande aide.

Afin de répondre aux objectifs tant de suivi du patrimoine naturel que de celui d'éducation et de sensibilisation, les Parcs Nationaux gèrent un ensemble de sentiers et de pistes sur leur territoire. Il est nécessaire de maintenir à jour le référentiel géomatique de ces sentiers et de leurs aménagements (et tout particulièrement de la signalétique) mais également d'entretenir physiquement ces sentiers, conserver une trace des interventions et enfin de pouvoir valoriser un certain nombre d'entre eux auprès du grand public.

Dans le cadre du réseau inter-parcs nationaux, une suite logicielle dédiée à la gestion et la mise en valeur de l'activité randonnée, Geotrek (<http://geotrek.fr>), a été construite en 2012 à partir de briques de logiciels libres.

Le PNPC souhaite à son tour déployer cette suite logicielle et notamment son module d'administration. Il a donc décidé de recruter un stagiaire en géomatique afin de lancer ce projet. C'est ainsi que j'ai été amené à travailler au PNPC du 4 mars au 4 juillet 2019.

Après une mise en contexte, je présenterai plus en détails cette suite logicielle ainsi que l'état des lieux concernant les données relatives aux sentiers de randonnée. Je développerai par la suite la méthode que j'ai utilisée pour corriger les données ainsi que l'installation, la configuration et le chargement initial des données dans l'application. Enfin, avant de conclure, je vous exposerai les différentes étapes que j'ai suivies pour acquérir des données sur le terrain.

2. Contexte

2.1. Présentation de la structure d'accueil

2.1.1. Les Parcs Nationaux

Si selon les pays, les définitions réglementaires peuvent être différentes, le concept fondamental des Parcs Nationaux reste le même : protéger des zones naturelles des activités humaines, afin que la vie sauvage puisse être préservée.

L'histoire des Parcs Nationaux commence aux Etats-Unis en 1872 avec la création du premier Parc National : Yellowstone. Après une première tentative en France en 1913 avec le Parc de la Bérarde dans le massif des Ecrins, avortée à cause de la première guerre mondiale, il a fallu attendre la loi n°60-708 du 22 juillet 1960 afin que la France crée un véritable statut officiel de Parc National. C'est ainsi que naissent en juillet 1963 le Parc National de la Vanoise et en décembre 1963 celui de Port-Cros.

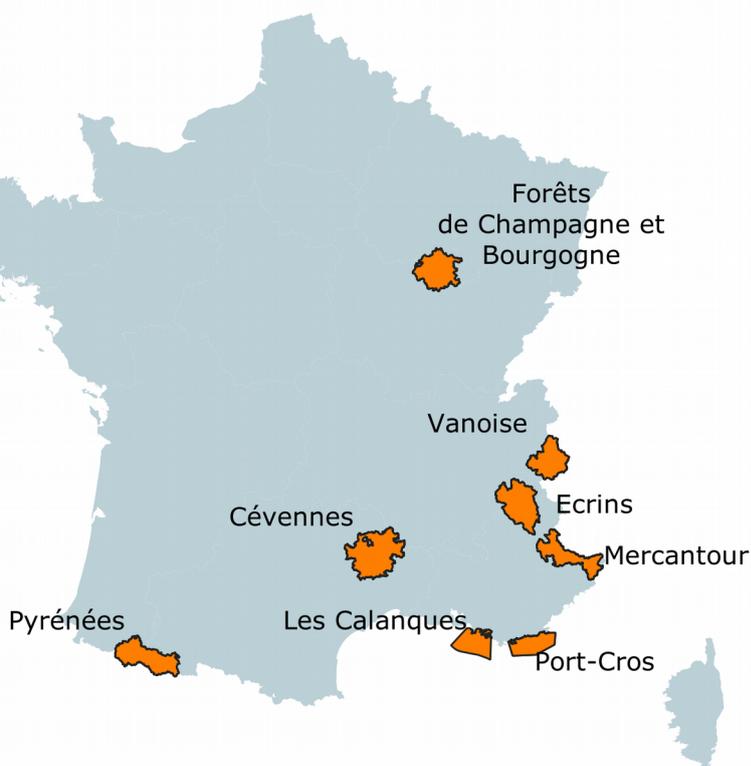
L'article L331-1 du code de l'environnement donne une définition des Parcs Nationaux : « Un Parc National peut être créé à partir d'espaces terrestres ou maritimes, lorsque le milieu naturel, particulièrement la faune, la flore, le sol, le sous-sol, l'atmosphère et les eaux, les paysages et, le cas échéant, le patrimoine culturel qu'ils comportent présentent un intérêt spécial et qu'il importe d'en assurer la protection en les préservant des dégradations et des atteintes susceptibles d'en altérer la diversité, la composition, l'aspect et l'évolution. »

En 2006, le cadre réglementaire et législatif encadrant les Parcs a évolué suite à des décalages progressifs tant d'un point de vue administratif (décentralisation, création d'une administration de l'environnement, etc.), juridique que social (rejet par les populations locales de contraintes souvent mal comprises). Une nouvelle loi est alors adoptée le 14 avril 2006 définissant un Parc National comme un territoire à plusieurs composantes (réserve intégrale, cœur de parc, aire d'adhésion) et proposant une nouvelle gouvernance. Chaque Parc National se dote alors d'un projet de territoire, la charte, qui définit ses objectifs et ses orientations de protection et de mise en valeur. Il est révisé tous les 15 ans et est le fruit d'un travail collectif mené conjointement avec les acteurs du territoire et les communes incluses dans le périmètre optimal du Parc défini par décret lors de la création du Parc.

En France aujourd'hui, environ 3% de la surface du territoire métropolitain et d'outremer sont ainsi protégés du fait de leurs exceptionnelles biodiversités, le tout au sein de dix Parcs Nationaux (dont trois en outremer) et d'un projet de Parc à la frontière de la Champagne et de la Bourgogne (voir illustration 1) :

- Parc National de la Vanoise (juillet 1963) ;
- Parc National de Port-Cros (décembre 1963) ;
- Parc National des Pyrénées (mars 1967) ;
- Parc National des Cévennes (septembre 1970) ;
- Parc National des Ecrins (mars 1973) ;
- Parc National du Mercantour (août 1979) ;
- Parc National de la Guadeloupe (février 1989) ;
- Parc Amazonien de la Guyane (février 2007) ;
- Parc National de la Réunion (mars 2007) ;
- Parc National des Calanques (avril 2012) ;
- Forêt de Champagne et Bourgogne (en projet).

Les Parcs Nationaux de France



Forêt de Champagne et Bourgogne :



Cévennes :



Vanoise :



Ecrins :



Mercantour :



Guyane :



Guadeloupe :



Réunion :



Pyrénées :



Les Calanques :



Port-Cros :



0 75 150 km

Echelle : France et Guyane

0 25 50 km

Echelle : Parcs nationaux (hors Guyane)

Orange: Périmètre d'étude de la charte

Dark Green: Coeur terrestre

Blue: Coeur marin

Light Green: Aire d'adhésion

Light Blue: Aire maritime adjacente

Yellow: Aire optimale d'adhésion

Carte réalisé par Guillaume Boitel (PNPC) - mai 2019

Source : Parcs Nationaux de France - Fond de Carte : IGN Admin Express

Illustration 1: Les Parcs Nationaux de France

D'un point de vue administratif, chaque Parc National est géré par un établissement public à caractère administratif placé sous la tutelle du ministère de la transition écologique et solidaire. Ils

sont coordonnés depuis la loi de 2006 par un établissement public national, Parcs Nationaux de France (PNF), qui a lui-même intégré l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) créée en 2016.

Les objectifs des Parcs sont donc multiples :

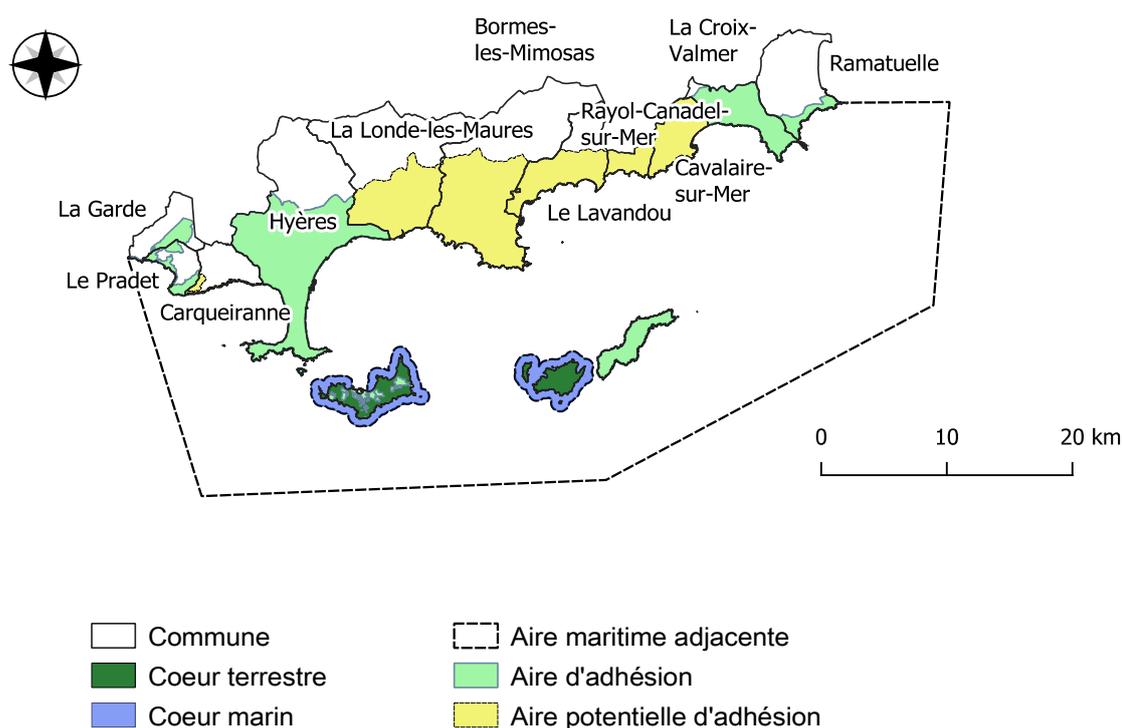
- protection du patrimoine naturel, paysager et culturel ;
- développement des connaissances et suivi de ce patrimoine ;
- éducation et sensibilisation du public à la connaissance et au respect de l'environnement.

2.1.2. Présentation du Parc National de Port-Cros

Le Parc National de Port-Cros a été créé par le décret n° 63-1235 du 14 décembre 1963. Il administre également le Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles.

Il est situé dans le département du Var. Ses deux « cœurs¹ » constitués de l'île de Port-Cros et des espaces naturels propriété de l'état de l'île de Porquerolles, bénéficient d'un haut niveau de protection compte tenu du caractère exceptionnel des sites. Cela représente 1 700 ha de surface terrestre, auquel il faut ajouter les 2 900 ha de cœur marin. Trois îlots (Bagaud, Gabinière et Rascas) sont classés en réserves intégrales.

Délimitation du Parc National de Port-Cros



Carte réalisée par Guillaume Boitel (PNPC) - mai 201
Source : données PNPC

Illustration 2: Délimitation du Parc National de Port-Cros

L'aire d'adhésion est de 11 911 ha répartis sur 5 communes ayant adhéré à la charte : Hyères les Palmiers (7 764 ha), La Croix-Valmer (2 147 ha), Le Pradet (450 ha), Ramatuelle (446 ha) et La Garde (384 ha). Son aire maritime adjacente mesure 123 000 ha. A cela, il faut ajouter que le

¹ Voir l'annexe 1 pour la définition des différents périmètres des Parcs Nationaux : cœur de parc, aire d'adhésion, aire maritime adjacente et aire optimale d'adhésion.

territoire continental du Parc concerne désormais potentiellement six autres communes, présentes sur le littoral varois (illustration 2).

Depuis 1999 le PNPC assure une mission de coordination et de suivi du sanctuaire de protection des mammifères marins, PELAGOS.

Il a été recensé 602 espèces de flore terrestre ainsi que 500 espèces d'algues. On y dénombre également 144 espèces d'oiseaux (dont 40 espèces nicheuses), 180 espèces de poissons et quelques espèces terrestres endémiques comme le discoglosse sarde (petit batracien) et le phyllodactyle d'Europe, petit reptile en voie de régression.

Enfin, le Parc possède un patrimoine historique riche : des vestiges romains, une trentaine d'épaves et une vingtaine de forts militaires.

Il comprend environ 80 agents répartis sur 6 services opérationnels et un secrétariat général, 4 secteurs (Port-Cros, Porquerolles, Giens-Tombolo, Cap Lardier).

Mon stage se déroulait dans le service « Systèmes d'Informations » (SI) qui a pour missions :

- la gestion du socle informatique et communication (téléphonie, radio) tant pour le Parc que pour le conservatoire ;
- la gestion des données (géographique et thématique) ;
- le développement et la maintenance d'outils métiers (relevé sur le terrain avec ou sans support géographique) ;
- le développement et la maintenance d'outils web (serveur, application intranet et site internet) ;
- la formation sur les outils informatiques,

Le service est composé de 4 personnes :

- David Poncin (chef de service),
- David Dubourg (géomaticien),
- Stephan Pavlovic (support informatique),
- Olivier Gavotto (développeur, rattaché au conservatoire botanique national méditerranéen).

Concernant plus précisément la géomatique, un travail important de tri, de restructuration de validation et de classement des données géo-référencées du Parc National, a débuté en 2017 et s'est terminé en 2018. Désormais l'ensemble des données a été mis à disposition des agents par l'intermédiaire d'une base de données Postgis accessible depuis QGIS.

La directive INSPIRE imposant aux administrations publiques de diffuser leurs données auprès des usagers, un travail a également été mené sur le catalogage de la métadonnée. Plus de 80 fiches ont été produites et publiées sur l'interface publique du catalogue inter-parcs. Ce catalogue est voué à être mis à jour dès qu'une couche géographique est produite.

Des outils nomades ont été développés ou sont en phase de développement en utilisant des technologies libres telles que Qfield et ODK Collect afin de faciliter la saisie sur le terrain, et un serveur Lizmap, mutualisé pour les différents Parcs Nationaux vient également d'être mis en service afin de faciliter la publication de cartographie sur internet.

Enfin un cycle de formations QGIS va être prochainement mis en place pour rendre plus autonome les agents ayant des besoins cartographiques.

2.2. Objectifs du stage

Le PNPC souhaite mettre en place cette suite logicielle, notamment l'application « Geotrek Admin », sur son territoire.

Le stage nécessitait donc plusieurs étapes :

- l'analyse des données disponibles et la vérification de leur adéquation avec les données nécessaires pour le bon fonctionnement de l'application ;
- la vérification de la couche sentiers ;
- la mise à jour des données : l'acquisition des données manquantes et la correction éventuelle des données (et en particulier par la structuration de la couche sentiers en tronçons) ;
- l'installation et la configuration de la suite logicielle ;
- la prise en main des applications Geotrek Admin et Geotrek Rando ;
- le chargement des données ;
- la vérification du bon fonctionnement de ces applications ;
- la formation des futurs utilisateurs.

2.3. Déroulé stage

Mon stage s'est déroulé en quatre étapes, chacune d'entre elles ayant été évaluée à environ 4 semaines de travail.

Il y a tout d'abord une phase de documentation et d'état des lieux, celle-ci pouvant elle-même être scindée en plusieurs parties :

- Documentation sur la suite logicielle : comprendre les concepts de Geotrek, principalement le modèle de données et la segmentation dynamique comme expliqué dans le chapitre 3.1.2.1, lire le manuel d'installation et le manuel utilisateur, contacter d'autres utilisateurs pour avoir des retours d'expériences... Une présentation sommaire du logiciel est donnée au chapitre 3.1.2.2.
- Évaluer les données existantes (chapitre 3.2) : la couche sentiers, les couches de délimitation et de zonage du Parc, le modèle numérique de terrain (pour gérer les profils altimétriques des randonnées) et la base « signalétique ».
- Étudier les différentes méthodes de correction topologique (chapitre Erreur : source de la référence non trouvée).
- Rencontrer les différents services qui seront en charge d'alimenter Geotrek.

Dans un second temps j'ai mené en parallèle deux activités. D'une part l'élaboration d'une procédure quasi-automatique de correction des erreurs topologiques et géométriques (chapitre 4.1) et d'autre part l'installation, la configuration et le chargement des données initiales (chapitre 4.2).

Le constat d'un certain nombre d'erreurs géographiques ou de manque de données (sentier ou signalétique) a nécessité une phase d'acquisition sur le terrain (voir chapitre 5).

Enfin, la dernière étape, qui débute avec la rédaction de ce rapport, concerne la phase de transmission des connaissances tant au service « Système d'Information » qu'aux agents des services « Aménagement du Territoire Architecture Urbanisme Paysage » et « Tourisme Durable Accueil Valorisation des Patrimoines » à travers la rédaction de documents (rapport, tutoriaux) et la réalisation de formations. Elle ne sera pas traitée dans ce rapport.

Le planning prévisionnel du stage est présenté en annexe 2. Bien entendu, ce planning est avant tout une aide à l'organisation du travail et un certain nombre de tâches étaient effectuées en parallèle, notamment pour la première partie concernant la documentation. Le stage a pu être mené à terme dans les temps et il a même été possible d'explorer et configurer le logiciel au-delà du cahier des charges initial.

3. Documentation

3.1. Présentation de Geotrek

3.1.1. Genèse d'un projet

En 2009, le Parc National des Ecrins réfléchit à la création d'un outil permettant de répondre à leurs besoins en terme de gestion des sentiers de randonnées : gestion des linéaires de tronçons, répertoire des aménagements, suivi des interventions et valorisation d'itinéraires et de points d'intérêts.

Il s'associe avec le Parc National du Mercantour et le Parco Naturale Alpi Marittime (Parc Naturel Italien) afin de rédiger un cahier des clauses techniques particulières pour lancer un marché public en vue de la réalisation d'une suite logicielle.

Ce CCTP pose les bases de la structuration de Geotrek. D'un point de vue technique, il impose l'utilisation de technologies libres et souhaite baser cette suite logicielle sur une base de données postgresql/postgis.

En effet, il est expressément demandé dans le CCTP « de ne pas développer des fonctions dans les applications web quand des triggers et fonctions au sein de la base de données peuvent faire le travail afin d'assurer plus de robustesse au système ». Ceci permet ainsi d'intervenir directement à partir d'un SIG externe en se connectant à la base de données.

Le cœur de Geotrek se trouve donc être son modèle conceptuel de données (MCD). Le lien vers le MCD et le CCTP sont disponibles dans la sitographie.

Paru en février 2012, ce marché public est remporté par la société toulousaine Makina Corpus, experte en logiciel libre, open data, cartographie et analyse de données dans le domaine de l'environnement.

La suite logicielle est construite autour d'un certain nombre de briques open source :

- la base de donnée PostgreSQL avec son extension spatiale PostGIS ;
- le framework de développement web python Django ;
- différentes bibliothèques javascript pour l'interface client (jquery, angularJs...), l'affichage cartographique (leaflet) et même l'application de consultation des itinéraires de randonnées (nodejs)...

Bien que développé principalement par une société commerciale, Geotrek n'en reste pas moins un logiciel libre (sous licence BSD) disposant d'une forte communauté. A ce jour 72 structures utilisent officiellement ce logiciel, dont bien entendu la plupart des Parcs Nationaux, des Parcs Naturels Régionaux, mais également des communes ou des établissements publics de coopération intercommunale, des conseils départementaux ou encore des offices du tourisme.

L'un des principaux avantages du fait d'être un logiciel libre réside justement dans cette communauté qui permet d'apporter des réponses et des solutions aux problèmes rencontrés mais également de bénéficier des apports de fonctionnalités développées par ou pour les autres membres.

La communauté est structurée d'une part sur le dépôt GitHub (<https://github.com/GeotrekCE>), d'autre part via une liste de diffusion sur googlegroups (<https://groups.google.com/forum/#!forum/geotrek-fr>) mais également par des rencontres physiques qui permettent de discuter de l'avenir du logiciel.

3.1.2. Principes de fonctionnement

3.1.2.1. Segmentation dynamique

Avant de présenter un peu plus en détails les différents composants de la suite logicielle, il est important de présenter une autre notion au cœur du fonctionnement de Geotrek : la segmentation dynamique². (voir sitographie).

La segmentation dynamique, appelée parfois système de référencement linéaire, est une technique permettant de localiser des objets, et des informations associées à ces objets, à partir d'un réseau de lignes. Cela est particulièrement bien adapté à toute application basée sur une couche de référence de type linéaire telle qu'un réseau routier, fluvial ou de canalisation.

Le principal avantage de cette méthode est d'éviter la redondance d'informations de géométrie. Ainsi si plusieurs itinéraires de randonnées passent par un même tronçon et si celui-ci venait à être modifié, grâce à cette méthode la modification du tronçon sera directement prise en compte dans les différents itinéraires de randonnées qui suivraient ce tronçon, sans nécessité d'intervenir au niveau de chaque itinéraire (voir illustration 3).

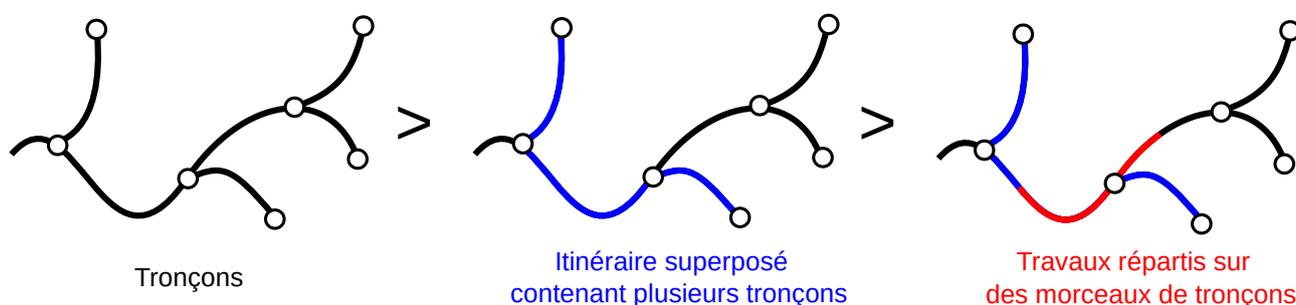


Illustration 3: Schéma de principe de la segmentation dynamique

La couche de référence, dans notre cas notre couche de sentiers et de pistes³, est composée de tronçons orientés. Chaque tronçon est défini comme une ligne qui ne possède pas d'intersection avec d'autres tronçons, hormis à ses extrémités qui elles doivent soit n'être communes à aucun autre tronçon soit être communes à au moins 3 tronçons, comme illustré sur l'illustration 4.

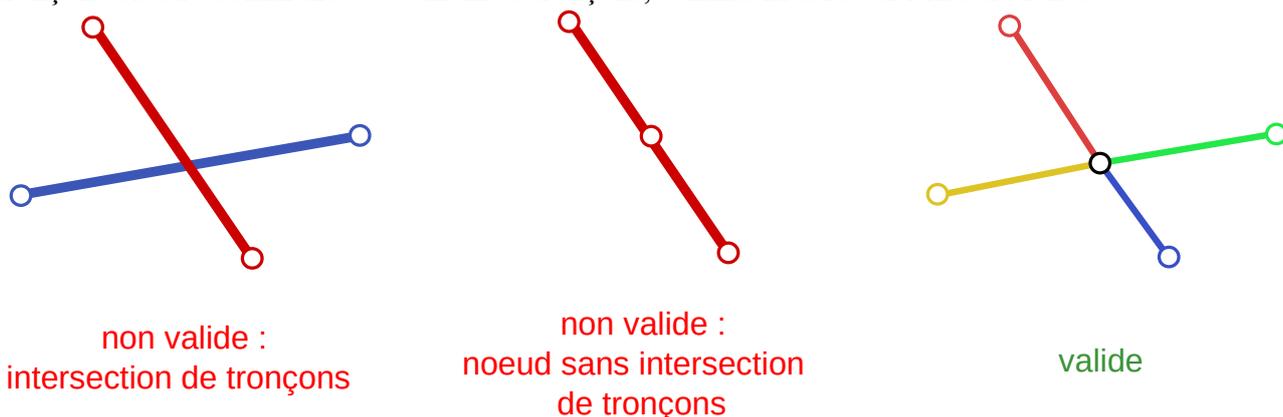


Illustration 4: Validité des tronçons

Les informations thématiques (par exemple le type de revêtement, l'itinéraire de randonnée, etc) concernant les sentiers ne sont alors plus stockées dans la couche sentiers mais dans une table thématique (table événement).

² <https://makina-corpus.com/blog/metier/2014/la-segmentation-dynamique> (voir la sitographie pour les références complètes)

³ Pour plus de fluidité dans le texte, nous l'appellerons dans la suite du rapport « couche sentiers ».

Le lien entre les tronçons et l'événement se réalise par une table relationnelle de position qui contient l'identifiant du tronçon et de l'événement comme clé étrangère, ainsi que la position de début et de fin caractérisant l'événement sur le tronçon considéré (voir illustration 5). Les positions de début et fin sont exprimées en pourcentage de longueur du tronçon. Lorsque la valeur de « début » est supérieure à celle de « fin », on parcourt alors le tronçon dans le sens inverse.

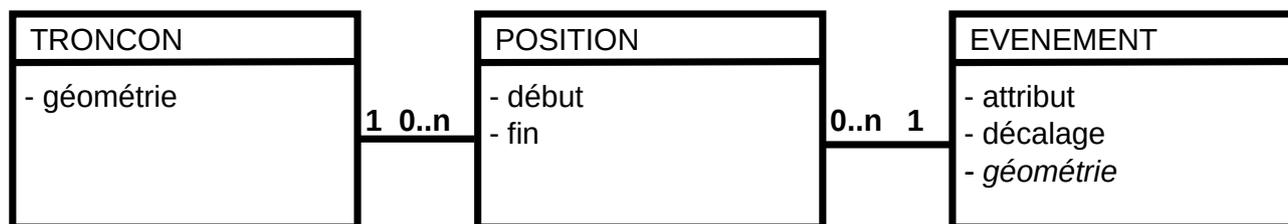


Illustration 5: Relation entre la table TRONCON et EVENEMENT

On remarque dans ce schéma que la table événement possède un attribut géométrique. Ce dernier est automatiquement calculé à la création de l'événement et mis à jour automatiquement, par l'intermédiaire des déclencheurs (triggers) de PostgreSQL, à chaque modification des tronçons qui sont reliés à l'événement. Cette façon de procéder permet de maintenir une cohérence géométrique et topologique des données tout en optimisant l'usage de la base de données.

Afin de permettre de référencer des objets (forcément ponctuels) qui ne sont pas sur le réseau linéaire, la table d'événements contient un attribut décalage, exprimé en mètres, qui représente la distance la plus courte entre un objet et le tronçon. Un décalage positif situe l'objet à droite du tronçon et une valeur négative le situe à gauche.

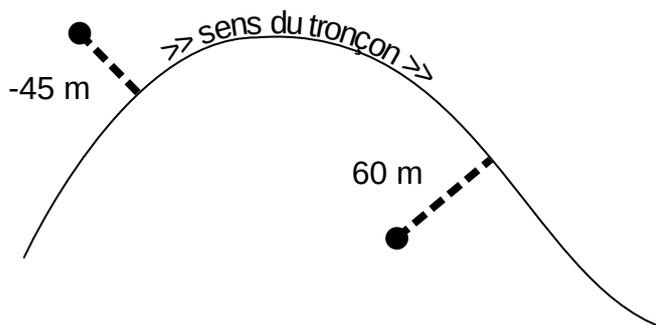


Illustration 6: Localisation d'un point hors tronçon avec le décalage

La segmentation dynamique présente d'autres avantages. La cohérence géométrique entre événements et tronçons permet une association automatique entre les différents objets se superposant. On peut ainsi relier très facilement des événements de différentes natures entre eux. L'analyse spatiale s'en retrouve ainsi facilitée.

Il est également possible d'associer une même information à une partie de tronçon, ou à des tronçons contigus sans devoir dupliquer l'information. L'illustration 7 montre ces deux cas. Par exemple on a rajouté une information (trait jaune) qui ne concerne que la partie située entre 20% et 60% du premier tronçon, et une seconde information (trait rouge) qui concerne les dix derniers pourcents du premier tronçon ainsi que les soixante premiers pourcents du tronçon qui part vers la droite (on a donc deux positions : l'un allant de 90 % à 100 % du premier tronçon, et une seconde position allant de 0 % à 60 % du second tronçon qui compose l'événement).

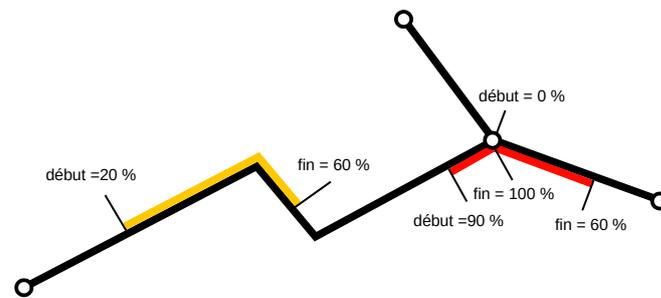


Illustration 7: Association d'informations aux tronçons

Afin de pouvoir utiliser la segmentation dynamique, il est indispensable que la couche sentiers soit cohérente d'un point de vue typologique.

3.1.2.2. Présentation des composants de la suite logicielle

La suite logicielle Geotrek est composée de trois applications (Illustration 8).

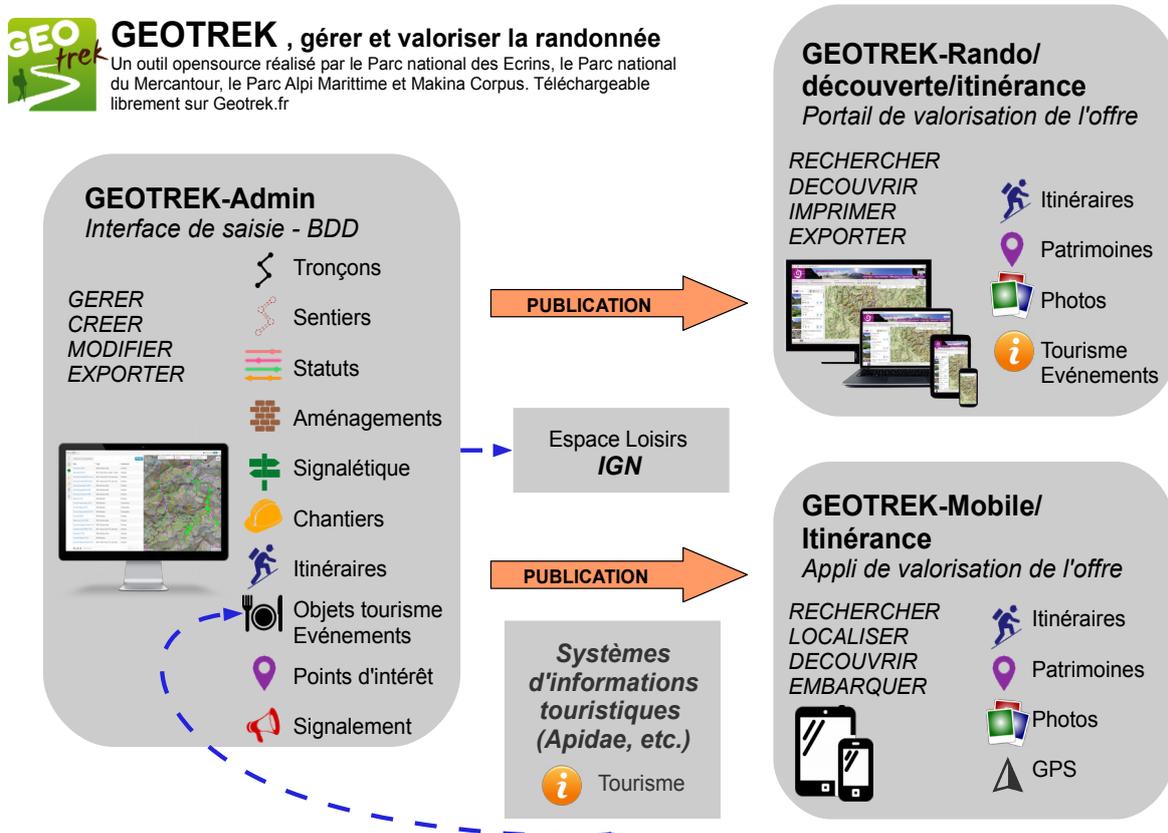


Illustration 8: Les différents composants de la suite logicielle Geotrek (Source : geotrek.fr)

La première, « Geotrek Admin », a pour objectif d'assurer la gestion courante des sentiers (travaux, administration, signalétique...) et la gestion des itinéraires de randonnées (choix et description des itinéraires). Elle prend la forme d'une base de données PostGIS et d'une application web.

La seconde application, « Geotrek Rando », est un site internet. Elle a pour mission de valoriser les sentiers et de proposer une offre de randonnées au grand public (itinéraires et points d'intérêt).

Contrairement aux deux premières applications qui sont des applications web la troisième application, « Geotrek Mobile », est une application pour téléphone portable dont le but est de

faciliter l'accès à l'offre de randonnées sur terminal plus petit et également de gérer l'accès aux données (mise en cache d'itinéraires pour les garder disponibles dans le téléphone en cas de déconnexion au réseau). Cette dernière, en cours de refonte, n'a pas été étudiée durant ce stage.

Les applications « Geotrek Rando » et « Geotrek Mobile » sont alimentées par la base de données de « Geotrek Admin » par l'intermédiaire d'une synchronisation des données.

L'intérêt de ce découpage logiciel est d'optimiser les performances réseau en minimisant les accès à la base de données et aux transferts de données. Il est également possible à partir d'une instance de « Geotrek Admin » de créer plusieurs sites « Geotrek Rando ».

La possibilité de fournir à une application « Geotrek Rando » des données provenant de différentes applications « Geotrek Admin » est également à l'étude.

Plusieurs modules ont été développés et, pour la plupart, peuvent être activés ou désactivés indépendamment les uns des autres. Seul le module tronçons est obligatoire.

La liste des modules opérationnels à ce jour est la suivante :

- gestion des tronçons et des sentiers (groupe de tronçons) ;
- gestion des chantiers et des interventions ;
- gestion de l'aménagement ;
- gestion de la signalétique ;
- gestion des itinéraires de randonnée ;
- gestion des points d'intérêt ;
- gestion du contenu touristique et des événements touristiques, avec la possibilité de lier Geotrek à des systèmes d'information touristique (SIT) ;
- gestion des zones de sensibilité de la faune sauvage.

L'interface de l'application « Geotrek Admin » est ergonomique et intuitive. Sur chaque page de l'application, la fenêtre est séparée en deux : à gauche les informations et à droite un affichage cartographique. On dispose de trois types d'écran par module : la liste des objets, la description d'un objet et le formulaire d'ajout ou de modification d'un objet.

En sélectionnant le module sur lequel on souhaite travailler, on obtient une liste des objets liés à ce module (par exemple la liste des tronçons pour le module tronçons). Seuls sont affichés dans la liste, les objets visibles sur la carte. En sélectionnant un objet soit sur la carte soit dans la liste, on obtient sa fiche descriptive qui contient toutes les informations le décrivant ainsi que des liens vers les objets auxquels il est lié : par exemple pour un tronçon, on pourra savoir quels sont les itinéraires qui l'empruntent, les signalétiques qui sont implantées sur le tronçon, les interventions prévues, etc.

Un bouton est présent sur la page de description pour permettre la modification de ces informations par un simple formulaire. Il est possible de modifier la géométrie des objets directement sur la carte présente à l'écran. Cependant pour une meilleure précision il est également possible d'utiliser Qgis (ou tout autre logiciel SIG permettant de se connecter à une base PostGIS).

Lors de la modification ou de la saisie de nouveaux tronçons et itinéraires, un profil altimétrique est automatiquement créé à partir d'un modèle numérique de terrain que l'on aura auparavant chargé dans l'application.

Enfin il est à noter que « Geotrek Admin » est générique et adaptable, grâce à une interface d'administration qui permet un paramétrage avancé. Il est ainsi possible de personnaliser toutes les listes de valeurs (type de sentier, type de signalétique, etc.) ainsi que la gestion des langues supportées.

Les captures d'écran de l'annexe 3 présentent l'interface graphique de « Geotrek Admin » pour les trois écrans liste, fiche et modification des tronçons ainsi que pour l'écran d'administration.

« Geotrek Rando » n'étant qu'un site vitrine, son interface est beaucoup plus simple. Elle se compose surtout de deux écrans :

- un premier écran qui liste les randonnées présentes sur l'étendue que l'on a affiché sur la carte ;
- un second écran qui affiche la randonnée sur une carte, de l'information complémentaire (durée, profil altimétrique, texte descriptif, etc) ainsi que des liens vers les points d'intérêt et le contenu touristique à proximité de la randonnée.

Dans le premier écran, le visiteur peut également accéder à un formulaire de recherche avancée.

Ces différents éléments sont illustrés par les captures d'écran présentées à l'annexe 4.

Cette interface est en grande partie configurable à travers des template html et des fichiers de style « css » et « sass ». Il est également possible de rajouter des pages statiques pour présenter des informations complémentaires (présentation du Parc par exemple).

3.2. Évaluation de la donnée existante

Pour fonctionner Geotrek a besoin d'un certain nombre de données. Tout d'abord il est nécessaire d'avoir une couche de linéaire de sentiers qui servira de référentiel pour toute l'application. L'ajout de couches surfaciques permet d'enrichir les données d'informations supplémentaires. De même la présence d'un modèle numérique de terrain permet de calculer automatiquement les profils altimétriques des itinéraires de randonnées.

Enfin, il est également nécessaire de disposer d'informations sur les aménagements et la signalétique si on souhaite pouvoir les gérer directement dans Geotrek.

Il a été décidé de ne travailler dans un premier temps que sur les secteurs de deux cœurs terrestres afin de pouvoir s'assurer de la qualité des données sur une zone réduite.

Initialement la prise en compte de la signalétique et des aménagements n'était pas prévue. Cependant suite à des discussions avec l'agent responsable des sentiers, il m'a paru important de prendre en compte dans cette étude au moins la signalétique afin de montrer les potentialités de Geotrek, d'autant plus qu'un marché public venait d'être lancé pour le remplacement de certaines lames des panneaux indicateurs.

3.2.1. Sentiers

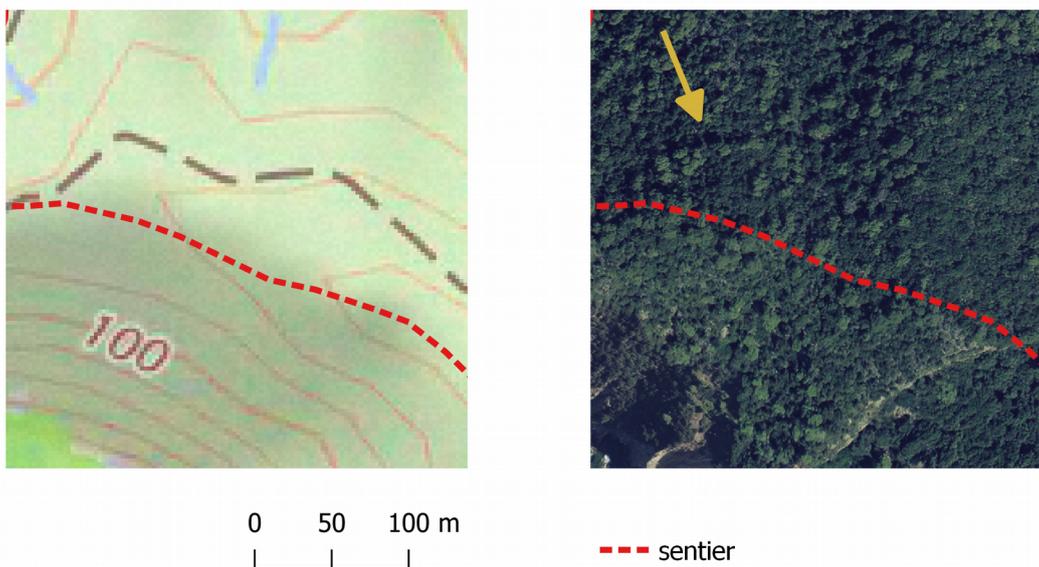
Comme nous l'avons vu dans le chapitre 3.1.2.1, Geotrek utilise la segmentation dynamique pour gérer toutes les informations. Cette couche a donc pour vocation d'être le référentiel de toute l'information qui sera ajoutée par la suite. Il est donc important que cette couche soit la plus exacte possible d'un point de vue géographique. De plus de nombreux traitements vont également être faits par Geotrek à partir de ces données. Il est donc également nécessaire de vérifier la validité géométrique et topologique de cette couche.

Le PNPC disposait d'une couche sentiers dans sa base de données. Celle-ci datait cependant de 2010 et aucune information ni métadonnée n'était disponible concernant son élaboration. Il apparaissait que celle-ci avait été modifiée au cours du temps mais personne ne savait ni par qui, ni quand, ni comment, ni même pourquoi !

Cependant une première comparaison entre cette couche et le scan 25 et les orthophotographies de 2014 de l'IGN montrait des différences notables. De plus, on observant de plus près cette couche, on pouvait remarquer également un certain nombre d'erreurs de topologie, telles que des sentiers qui n'étaient pas jointifs.

On remarque sur l'illustration 9, sur l'image de gauche, que le sentier tel que représenté dans notre base s'écarte d'une cinquantaine de mètres de la représentation de ce même sentier sur le Scan 25 de l'IGN. De même sur l'image de droite, on distingue sur l'orthophotographie le sentier légèrement décalé vers le nord (flèche jaune).

Comparaison de la couche sentiers avec le SCAN 25 et les orthophotographies 2014



Source : Données PNPC et IGN

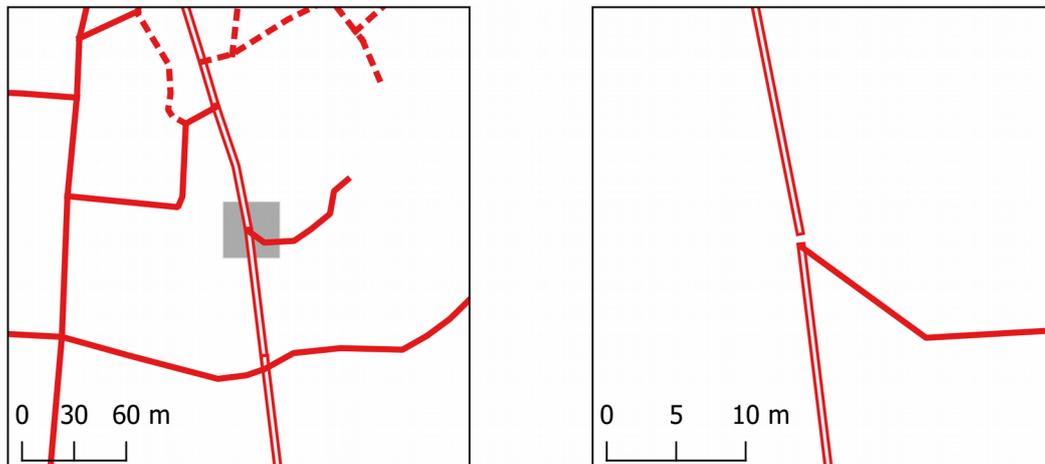
Illustration 9: Comparaison de la couche sentiers avec le SCAN 25 et les orthophotographies

Sur l'illustration 10, l'image à droite est un zoom d'un facteur 6 de l'image de gauche. On remarque sur ce zoom une discontinuité lors d'une intersection.

J'ai ainsi décelé un certain nombre d'erreurs sur cette couche qui peuvent être classées en quatre catégories :

- des erreurs géographiques ;
- des erreurs géométriques ;
- des erreurs topologiques ;
- des erreurs attributaires.

Zoom sur une intersection de tronçons



Type de voie

- Voie goudronnée
- piste
- - - sentier

Illustration 10: Zoom sur une intersection de tronçons

Les erreurs géographiques sont des erreurs de localisation, comme le met en évidence l'illustration 9. J'ai pensé un temps rectifier ces erreurs par l'intermédiaire des orthophotographies de 2014 (présentant une précision de 50cm) pour les terrains découverts et à l'aide du scan 25 (précision de 5m) pour les sentiers sous couvert végétal.

Mes échanges avec le géomaticien et l'agent en charge de la gestion des sentiers m'ont toutefois amené à considérer que le scan 25 ne répertoriait pas forcément tous les petits sentiers et qu'il n'était pas forcément à jour, idem pour l'orthophotographie vieille de 4 ans et le risque d'avoir sur ce laps de temps des milieux, et donc des sentiers, s'être partiellement ou totalement fermés. A la lueur de ces éléments, la vérification sur le terrain est apparue inévitable. Cette partie est développée plus en détails dans le chapitre 5.

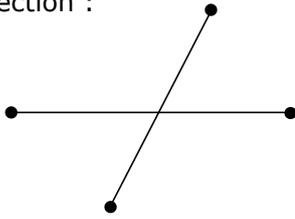
Les erreurs géométriques les plus observées peuvent être regroupées en 5 grandes typologies : les géométries nulles, les géométries de longueur nulle, les points doubles ainsi que les points inutiles. Il est important de souligner que celles-ci n'entravent pas les traitements effectués par Geotrek et qu'elles demeurent invisibles lors de simples représentations cartographiques. Cependant, il semble intéressant de les traiter pour éviter qu'elles n'occupent inutilement de l'espace disque et qu'elles n'engendrent une augmentation des temps de traitement.

Les erreurs topologiques mettent pour leur part en jeu des relations entre plusieurs objets. Elles sont importantes à corriger car elles peuvent entraîner des erreurs de résultat sans pour autant bloquer les traitements, là où les erreurs géométriques les bloqueraient (par exemple une géométrie nulle) ou les ralentiraient (cas des points en double).

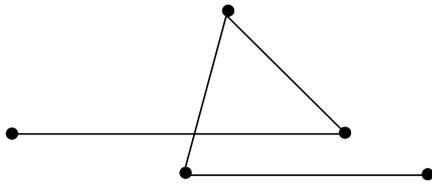
Nous ne nous intéresserons dans ce qui suit qu'aux erreurs de topologie associées aux lignes. L'illustration 11 représente les principaux cas d'erreurs topologiques rencontrés ainsi que l'action corrective pour en rétablir la validité.

Tronçons erronés

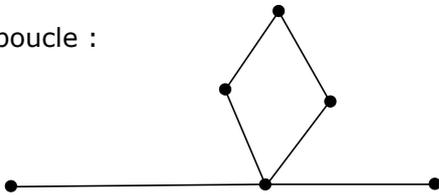
intersection :



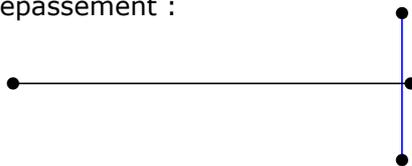
enchevêtrement :



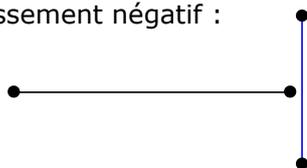
boucle :



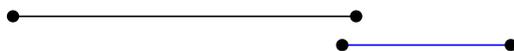
dépassement :



dépassement négatif :



noeud pendant :



tronçons contigus :



Tronçons corrigés

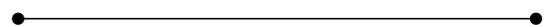
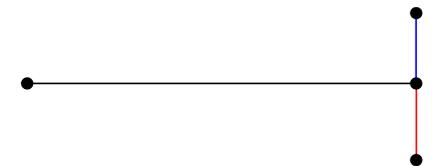
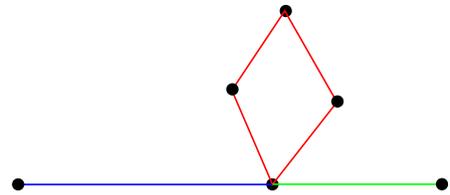
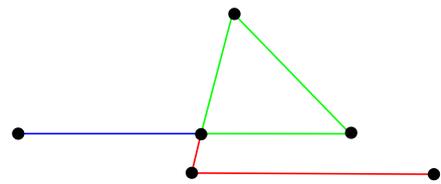
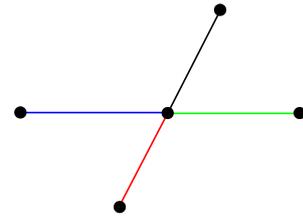


Illustration 11: Les principales erreurs de topologie des lignes

Il s'agit principalement de problèmes dans la gestion des intersections : tous les tronçons doivent s'arrêter à l'intersection d'autres tronçons. Cela inclut donc aussi la correction de boucles (loop) et d'enchevêtrements (knot). Un cas particulier lié à ces erreurs est le dépassement (overshoot) : un tronçon dépasse de quelques centimètres, voire de quelques mètres, d'un autre tronçon. Il s'agit le plus souvent d'une erreur de numérisation. La portion résiduelle doit donc être supprimée.

Il existe également le dépassement négatif (undershoot) et les nœuds pendants (dangle), c'est le cas de figure où un tronçon se termine à quelques centimètres voire quelques mètres d'un autre tronçon. Là encore, l'erreur résulte le plus souvent d'une mauvaise numérisation. Dans la plupart des cas, l'action corrective consiste à prolonger le tronçon pour qu'il se connecte à l'intersection. Il convient toutefois de rester vigilant puisque la présence d'un ruisseau ou d'un mur peuvent pour leur part justifier l'interruption d'un tronçon. Les corrections automatiques exigent par conséquent quelques précautions d'usage.

Les superpositions, partielles ou totales, sont également considérées comme des erreurs topologiques. Enfin, un tronçon lié par une intersection à un seul tronçon est un cas limite qu'il est préférable de corriger en fusionnant les deux tronçons.

Le site GéoInformations (espace interministériel de l'information géographique) offre quant à lui une documentation précieuse sur l'identification et la gestion des erreurs géométriques et topologiques couramment observées (voir [sitographie](#)).

Enfin, les erreurs attributaires correspondent bien souvent à de mauvaises saisies, qui recourent à l'absence de renseignement ou la saisie d'une information inadaptée. Cela peut aussi provenir d'une mauvaise conception (ou modification) de la table. On a ainsi la présence dans notre table d'un champ « type » qui indique parfois le type « physique » du tronçon (sentier, piste, voie goudronnée) ou qui peut aussi renseigner plutôt sur le caractère privé ou public du tronçon. Tout comme les erreurs géographiques, ce type d'erreur se corrige principalement sur le terrain.

Ces différentes erreurs peuvent provenir soit d'erreurs humaines (erreur de saisie, mauvaise compréhension du modèle conceptuel de données), de numérisations automatiques, d'opérations de traitements ou encore de conversions de format entre logiciel.

3.2.2. Couches de délimitation et de zonage

Bien qu'étant une suite logicielle destinée à la gestion des sentiers, Geotrek a la particularité d'avoir été développé à la demande et à l'initiative des Parcs Nationaux. La vocation première des Parcs Nationaux étant la préservation de la nature, il était important à la création des différents itinéraires de randonnée sous l'application de bien identifier les différents zonages réglementaires en présence (périmètre de cœur de Parc, réserves intégrales, réserves naturelles, zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique...).

En intégrant des couches de zonages (qu'elles soient administratives ou environnementales) dans Geotrek qui s'appuie sur la technologie Postgis, il est ensuite facile de faire des analyses spatiales et de joindre automatiquement à des tronçons ou des itinéraires de randonnée des informations telles que les communes, les zones naturelles traversées etc.

Encore une fois, il convient de s'assurer de la qualité des données (géométriquement valides et topologiquement justes) pour s'assurer de la véracité des résultats obtenus.

Pour ce faire, j'ai utilisé dans un premier temps des fonctions de QGIS (« vérifier la validité », « vérifier les géométries », « vérificateur de topologie ») afin de lister les différentes erreurs que pouvaient contenir les couches. Ensuite, il a fallu corriger chacune de ces erreurs, soit de manière automatique, soit de manière manuelle. S'agissant de travailler sur des couches de zonages réglementaires, la correction de certaines erreurs peut entraîner parfois des altérations de délimitation. Or travaillant avec certaines couches réglementaires, il m'était interdit de changer leur géométrie.

Les principales couches étaient la couche des communes (provenant de la BD Topo), la couche de délimitation du Parc, et des couches environnementales provenant de l'inventaire du patrimoine naturel. C'est principalement la couche de délimitation qui a demandé le plus de travail car plus de 15 000 erreurs de géométrie et de topologie avaient été relevées par les fonctions de QGIS. Beaucoup d'erreurs provenaient de la numérisation (points en double pour près de 80 % des erreurs, intersections de segment), mais d'autres résultaient simplement d'incohérences spatiales entre les référentiels utilisés. Ainsi, la zone maritime d'adjacence avait été numérisée en suivant le trait de côte historique alors que l'aire d'adhésion avait été numérisée en suivant la BD Topo. Il en découle des chevauchements ou des recouvrements qui ont exigé bon nombre de corrections à partir des outils d'édition de vecteurs.

3.2.3. Signalétique

La signalétique est un élément central dans une démarche de valorisation des sentiers de randonnées. En effet, c'est souvent cette dernière qui permet sur le terrain aux randonneurs de se repérer et de se diriger. Cela est d'autant plus important dans un Parc National que c'est également une des façons de communiquer aux visiteurs la réglementation en vigueur.

Afin d'harmoniser la signalétique, les Parcs Nationaux ont réalisé une charte graphique commune (disponible dans la sitographie). L'illustration 12 présente les principaux types de signalétique implantés au sein du Parc National de Port-Cros.

Un travail sur l'inventaire de la signalétique avait débuté en 2018. Je disposais donc d'un projet Qgis et d'un ensemble de fichiers au format shapefile et dbf. Si globalement cette base était bien structurée, les données attributaires étaient parfois lacunaires ou comportaient des erreurs de saisie. De plus les différentes signalétiques présentes sur le Parc (pancartes, lames et balises) n'étaient pas gérées de façon harmonisée dans cette base.



Illustration 12: Les principaux types de signalétique présents au Parc : les pancartes (à gauche), les lames (au milieu) et les balises (à droite).

Une première visite sur le terrain a révélé qu'un certain nombre de poteaux étaient mal situés ou manquants dans l'inventaire ou au contraire qu'ils étaient inventoriés mais n'étaient pas présents sur le terrain. Enfin certaines signalétiques avaient été dégradées.

J'ai donc profité de l'acquisition des données concernant les sentiers (voir chapitre 5) pour vérifier intégralement le contenu de la base existante.

3.3. Correction des erreurs géométriques et topologiques

La question des erreurs géométriques et topologiques a été traitée au chapitre 3.2.1. Nous détaillerons donc dans celui-ci les différentes méthodes à notre disposition pour corriger les erreurs propres aux couches de type linéaire. La première étape de la correction des erreurs consiste à les identifier. Pour cela plusieurs outils sont à disposition : les algorithmes de traitement de Qgis et les fonctions ou requêtes de PostGIS.

Sous Qgis, trois algorithmes sont disponibles pour effectuer cette vérification :

- « **vérifier la validité** » permet principalement de vérifier des erreurs de géométrie. Deux méthodes (GEOS et Qgis) sont disponibles mais ne donnent pas exactement les mêmes résultats. Ces deux méthodes sont insuffisamment documentées et n'identifient de surcroît pas tous les types d'erreurs géométriques rencontrés. L'avantage de cet algorithme demeure qu'il indique à la fois les entités comportant des erreurs et le type d'erreur, ainsi que la localisation exacte de celle-ci.
- « **vérificateur de topologie** » est un très bon outil pour vérifier les erreurs topologiques ainsi que l'invalidité de la géométrie. Il est possible de configurer les erreurs que l'on souhaite rechercher. Par contre, il n'informe que sur l'entité comportant une erreur sans apporter de précision sur la localisation exacte de cette dernière dans l'entité.
- « **vérifier les géométries** » permet de détecter des erreurs de géométrie et de certaines erreurs topologiques. Il est configurable et permet la localisation et la correction des erreurs, y compris par lot.

Il est également possible d'effectuer ces vérifications par l'intermédiaire de PostGIS. Les fonctions `ST_IsSimple` et `ST_IsValid` permettent respectivement de vérifier si les géométries n'ont pas d'anomalies (telles que des auto-intersections ou des auto-tangences) et de s'assurer de leur conformité avec les spécifications édictées par l'Open Geospatial Consortium. Il est possible de compléter son utilisation par les fonctions `ST_IsValidReason` et `ST_IsValidDetail` qui permettent de déterminer le type et la localisation des erreurs.

En parallèle, il est souvent utile d'avoir recours aux requêtes spatiales (soit avec les outils de Qgis soit avec les opérateurs spatiaux de PostGIS). Ces dernières permettent notamment de détecter la présence de nœuds isolés et de pseudo-nœuds (nœud commun à deux tronçons uniquement, ce qui représente donc une fausse intersection)... Cela présente aussi l'avantage de détecter les cas de dépassement négatif qui ne sont pas toujours des erreurs de topologie. L'annexe 5 présente différentes requêtes SQL que j'ai écrites afin de détecter les erreurs de géométrie et de topologie.

Concernant la correction des erreurs, Qgis dispose d'une large gamme d'algorithmes tels que « simplifier la géométrie », « supprimer les géométries nulles », « supprimer les sommets en double », « supprimer les géométries dupliquées », etc. De plus les outils d'édition et les options d'accrochage permettent également des modifications manuelles aisées lorsque le nombre d'erreurs reste limité. Enfin l'outil « vérifier les géométries » permet également une correction par lot des erreurs détectées.

Il est également possible d'appeler dans Qgis des fonctions de GRASS tel que `v.clean` afin de corriger les géométries.

Si les outils présents dans Qgis s'avèrent suffisants pour détecter et corriger ponctuellement les erreurs, l'utilisation de fonctions et requêtes sous PostGIS offre la possibilité d'automatiser la recherche et la correction. En effet, PostGIS dispose de de fonctions pour corriger les erreurs (`ST_MakeValid` par exemple) et il est relativement aisé de faire des requêtes permettant de modifier les segments présentant des erreurs. De plus son extension « topology » à PostGIS facilite la correction des erreurs topologiques⁴.

4 Utiliser les topologies PostGIS pour nettoyer un filaire de voirie (voir la sitographie pour les références complètes)

4. Phase technique

4.1. Automatisation des corrections des erreurs

Les fonctionnalités offertes par PostGIS permettant de traiter les erreurs de géométrie et de topologie, j'en ai profité pour automatiser autant que possible l'étape de correction. En agissant ainsi j'ai réduit significativement les temps de traitement et les risques d'erreurs inhérents au mode de correction manuel. Ce fut également un bon moyen d'apporter ma contribution à la communauté de Geotrek dans une étape de la mise en place de cette application jugée sensible mais non moins importante, puisque indispensable au bon déroulement de la démarche toute entière.

Dans une approche de test unitaire, j'ai tout d'abord travaillé à partir d'une couche de tronçons de travail enrichie des erreurs susceptibles d'être rencontrées. Ensuite, j'ai testé mon script correctif pour m'assurer qu'il corrigeait automatiquement la majorité d'entre elles.

Le détail du script de correction est figure en annexe 6.

Si le gain de temps a été indéniable, l'automatisation n'a pas pour autant permis la correction de toutes les erreurs présentes, en particulier dans le cas des dépassements. En effet, l'opération génère dans cette situation des résidus de tronçons de très faibles longueurs qu'il est nécessaire de supprimer ensuite. Cette longueur étant toutefois assez variable - de 5 centimètres à 5 mètres - il a donc fallu agir au cas par cas pour éviter d'évincer des tronçons à conserver et valoriser.

Enfin, il a également fallu aborder manuellement tous les cas de dépassement négatifs pour éviter d'engendrer de nouvelles incohérences en reliant automatiquement des segments proches mais non jointifs.

Pour faciliter cette dernière étape de correction, j'ai utilisé les requêtes construites pour identifier et sélectionner toutes les entités « suspectes ». Là aussi, mon choix a porté sur des corrections manuelles à partir des outils d'édition de Qgis.

Dans un dernier temps, j'ai relancé l'ensemble des requêtes associées à la recherche d'erreurs pour m'assurer que toutes les erreurs avaient bien été corrigées et que les traitements associés (automatique et semi-manuel) n'en avaient pas induit de nouvelles.

4.2. Mise en place de Geotrek

4.2.1. Installation serveur

L'installation de la suite logicielle Geotrek requiert certains prérequis dont l'installation d'un serveur. Les étapes de la mise en place de ce dernier sont détaillées ci-dessous :

- établir la liste des prérequis au niveau de la puissance du serveur,
- créer une instance de serveur dédiée chez OVH,
- installer le système d'exploitation (Ubuntu 16.04) et le mettre à jour,
- configurer et surtout sécuriser le serveur : mise en place du firewall, sécurisation des accès (mise en place de sudo et désactivation de l'accès root), configuration d'un tunnel ssh installation de fail2ban (application qui scanne les logs de tentative de connexion ou d'intrusion pour limiter tout accès frauduleux au serveur).

Etant prévus dans le script d'installation de Geotrek, l'installation d'un serveur web et d'un serveur de bases de données n'a pas été nécessaire.

4.2.2. Geotrek

4.2.2.1. Installation

L'installation de l'application « Geotrek Admin » est facilitée par la présence d'un script d'installation livré avec le logiciel ainsi que d'une documentation bien fournie, dont un tutoriel détaillé. Les liens vers ces documents sont référencés dans la sitographie.

L'application récupérée (téléchargement et décompression), une simple ligne de commande a permis son lancement.

Les logiciels tiers nécessaires sont ainsi installés, entre autre Nginx, un serveur web, et PostgreSQL avec son extension PostGIS, mais également un certain nombre de bibliothèques nécessaires au bon fonctionnement de l'application.

Des informations complémentaires ont été demandées interactivement durant l'installation afin de nous permettre de bien configurer tant « Geotrek Admin » que les logiciels tiers. Il est tout de même recommandé de modifier manuellement la configuration de PostgreSQL afin d'en améliorer la sécurité.

Seule l'installation d'un serveur d'envoi d'email a du être réalisée, en complément, afin que l'application puisse envoyer des emails (rapports d'erreurs).

Concernant « Geotrek Rando », l'installation est presque aussi simple (téléchargement et décompression de l'archive, puis installation en une ligne de commande), à ceci près qu'il est nécessaire d'installer une version spécifique de NodeJs. Pour autant, la documentation de « Geotrek Rando » nous guide quasi pas à pas dans cette étape.

4.2.2.2. Configuration

La configuration de « Geotrek Admin » est assurée par deux fichiers dédiés. Le premier « etc/setting.ini » permet de gérer les paramètres principaux nécessaires au fonctionnement de l'application tels que l'adresse IP du serveur web, les informations pour la connexion à la base de données, les informations concernant le système de projection (code EPSG, emprise spatiale), les langages disponibles dans l'application, dont celui par défaut, ainsi que le paramétrage des emails. Ce fichier contient un ensemble de paramètres sous la forme « clé = valeur » qui doit être déclaré à l'application par l'intermédiaire d'une ligne de commande afin que les modifications soient effectivement prises en compte.

Le second fichier « geotrek/settings/custom.py » est utilisé pour paramétrer plus finement les différents comportements de l'application. Entre autre, ce fichier permet les tâches suivantes :

- activer ou désactiver des modules ;
- configurer l'éditeur WYSIWYG ;
- gérer les authentifications externes ;
- paramétrer la cartographie : fonds de cartes disponibles, symbologie...

Ce fichier est un fichier python où chaque paramètre est une variable (ou un élément d'un tableau de variable). Il est important de faire attention à la syntaxe et plus particulièrement aux espacements, Python étant sensible à l'indentation. Tout comme pour le fichier « setting.ini », il est nécessaire de prévenir l'application de ces changements.

Enfin il est également possible de personnaliser les traductions des messages qui s'affichent dans l'application en ajoutant des fichiers « .po ».

Sur l'instance que j'ai mise en place, j'ai principalement utilisé le fichier de configuration « custom.py » afin de paramétrer la symbologie (pour la rendre cohérente avec celle utilisée par

ailleurs par le Parc National) et de rajouter des fonds de cartes provenant de l'IGN.

Pour sa part, l'application « Geotrek rando » contient un fichier de configuration au format « json ». Près d'une centaine de paramètres peuvent ainsi être ainsi configurés. 3 paramètres globaux sont obligatoires au bon fonctionnement, à savoir : l'identifiant du site, la localisation des données importées et l'adresse IP de « Geotrek Admin ».

Les autres paramètres permettent de configurer l'apparence de l'interface, les langages disponibles et par défaut, les répertoires de l'application, les types de contenus à afficher (randonnées, types d'activités, contenus touristiques, événements touristiques), les réseaux sociaux, les options de cartographie, l'affichage des zones sensibles, des infrastructures et de la signalétique.

Au delà, il est également possible de personnaliser l'apparence par l'intermédiaire de modèles (templates html), de feuilles de style et de fonctions javascript.

Les modèles permettent de modifier la structure des différentes parties de l'interface. Il est par exemple possible de personnaliser le bandeau, le pied de page, la page d'accueil, le menu, la zone de recherche, l'affichage des randonnées, etc.

Des feuilles de style viennent compléter cette personnalisation en proposant si besoin de modifier l'apparence (couleur, taille de police, etc.). Les feuilles de style sont gérées grâce à un préprocesseur CSS qui permet de générer dynamiquement les feuilles de style. Il est ainsi possible de définir des variables qui seront utilisées dans différentes règles, ce qui facilite grandement la maintenance des feuilles de style. La personnalisation est dans ce cas dictée par le contenu de deux fichiers : « `_configuration.scss` » qui regroupe les différentes variables et « `_customisation.scss` » qui regroupe les règles de style.

Trois fichiers javascript vont quant à eux permettre de contrôler le comportement de l'application.

Enfin, tout comme dans l'application « Geotrek Admin », il est également possible de personnaliser les traductions des messages qui s'affichent sur le site internet en ajoutant des fichiers « .po ».

La configuration de l'apparence sortant du cadre de ce stage (il sera fait par ailleurs par une personne du service « Tourisme Durable Accueil Valorisation des Patrimoines ») je me suis limité à modifier quelques paramètres de ces différents fichiers (mis à part les fichiers javascript) pour vérifier son fonctionnement et guider la personne qui personnalisera l'application.

4.2.2.3. Import des données

Une fois le logiciel installé et configuré, un certain nombre de données sont à importer.

4.2.2.3.1. Données initiales

Tout d'abord, il convient de charger dans la base de données de Geotrek les utilisateurs et les groupes utilisateurs, ainsi que les listes de valeurs qui seront utilisées dans l'application. Un script permet de charger automatiquement des listes de valeurs par défaut.

Bien que la plupart des valeurs par défaut soient adaptées aux usages que l'on aura de cet outil, j'ai tout de suite modifié certaines de celles-ci à partir de l'interface d'administration de « Geotrek Admin » afin de les adapter à celles utilisées par les agents du PNPC, tout particulièrement en ce qui concerne les zonages (uniquement le type de zones réglementaires, les autres informations – nom des communes, noms des secteurs et des zones réglementaires – seront alimentées directement lors du chargement des différents couches de zonage et de délimitation à l'étape suivante), le type physique (sentier, piste, voie goudronnée et plage) et la signalétique (type de signalétique, scellement, type de lame, couleur de lame et direction).

4.2.2.3.2. Délimitation, zonage et MNT

J'ai ensuite chargé les différentes couches de délimitation et de zonage. Cette étape peut se réaliser sous Qgis. Dans ce cas, il faut au préalable configurer Qgis afin qu'il puisse communiquer avec la base de données de Geotrek, en ajoutant une connexion PostGIS sur la base des paramètres de connexion de la base Geotrek.

L'étape d'après a consisté à charger dans Qgis les tables de la base Geotrek qui stockeront à termes les informations concernant les différentes délimitations et zonages : « zonage.l_communes », « zonage.l_secteurs » et « zonage.l_zonage_reglementaire ». J'ai également ouvert les données sources, sélectionné et copié les différentes entités que je souhaitais transférer sur Geotrek. Puis, j'ai collé ces entités dans la couche correspondante : les limites de communes dans la couche « l_communes », les délimitations de secteurs dans la couche « l_secteurs » et enfin les zones réglementaires dans la couche « l_zonage_reglementaire ».

Pour les communes, j'ai copié les entités depuis une couche (« PNPc_aoa_bdtopo_charte ») présente dans la base de données du PNPc qui contenait justement les onze communes de l'aire optimale d'adhésion du Parc.

Pour les secteurs, ne disposant pas de couche secteur, j'ai dû en créer une. Mon étude se limitant aux zones de Port-Cros et de Porquerolles, je n'ai créé que deux entités à partir de la couche réglementaire (« PNPc_delimitation_decret2012_charte ») présente dans la base de données du PNPc.

Pour les zonages réglementaires, j'ai évidemment chargé les données provenant de la couche réglementaire que j'ai volontairement enrichies d'informations provenant du site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel : les zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (de type 1 et 2, en terre comme en mer), les réserves intégrales, les zones ressources et les terrains du Conservatoire du Littoral, pour un total de 102 zones réglementaires (avec les zones de délimitation du Parc : cœur marin, cœur terrestre, aire d'adhésion, etc.).

Une fois ces entités copiées dans la base Geotrek, les données attributaires ont été renseignées puis enregistrées.

J'ai également chargé un modèle numérique de terrain (MNT). La manipulation est assez simple : transférer le MNT sur le serveur et le charger dans l'application grâce à une ligne de commande. Toutefois les profils altimétriques obtenus étaient aberrants. Après diverses investigations et tests, j'ai remarqué que cela provenait du fait que nous possédions un MNT très précis (échelle décimétrique) et que Geotrek ne gérait que des MNT à l'échelle métrique. J'ai donc converti notre MNT en utilisant la « calculatrice raster » afin d'arrondir les élévations au mètre le plus proche. J'en ai également profité pour faire remonter ce bug à la communauté.

4.2.2.3.3. Tronçons

La procédure d'ajout de tronçons dans « Geotrek Admin » est très proche de l'ajout des délimitations et des zonages. En effet, comme pour ces dernières, j'ai utilisé Qgis pour copier les données présentes dans la base du PNPc vers la couche « geotrek.l_t_troncon » de la base de Geotrek.

Bien entendu, il faut avoir pris soin en amont d'avoir corrigé ces données (tant d'un point de vue géographique que géométrique et topologique).

Une fois les tronçons de la couche source copiés dans la base Geotrek, il est nécessaire d'intervenir légèrement sur les données attributaires : mettre à « vrai » le champ « valide », mettre à « faux » le champ « brouillon » et à « 1 » le champ « structure ». Il est alors possible d'enregistrer les données dans la base Geotrek.

J'ai alors réalisé un premier import avec les données issues de la base du Parc. Dans un premier temps, j'ai chargé cette information de Qgis vers une base PostGIS créée pour l'occasion. J'ai ainsi

pu la corriger grâce au script d'automatisation des corrections que j'ai présenté précédemment (chapitre 4.1). Ce travail a été réalisé à partir du logiciel PgAdmin. Une fois la couche corrigée de ses erreurs géométriques et topologiques, j'ai lancé des requêtes pour vérifier, et éventuellement corriger, les résidus de dépassement ainsi que les dépassements négatifs qui pouvaient subsister. J'ai alors exporter le résultat dans Qgis avant de le copier dans la couche tronçon de Geotrek.

Ces données bien que correctes au niveau de leur géométrie et de leur topologie contenaient encore des erreurs géographiques. Cependant cela m'a permis de prendre en main l'outil et de tester ses fonctionnalités en parallèle à mon acquisition terrain (chapitre 5). Un second import a été réalisé après la correction des données acquises sur le terrain.

Il est à noter qu'il reste possible de numériser les tronçons directement depuis l'interface de « Geotrek Admin ». Cependant, cela n'est pas recommandé lors de l'ajout initial car cela peut représenter énormément de tronçons (695 dans mon cas) mais surtout la précision est moins bonne car on est limité au niveau du zoom disponible. De plus, les options d'accrochage sont moins efficaces que sur Qgis.

4.2.2.3.4. Itinéraires

Une fois le chargement des tronçons dans la base effectué, il devenait alors possible d'ajouter des itinéraires de randonnée à partir de l'application « Geotrek Admin ».

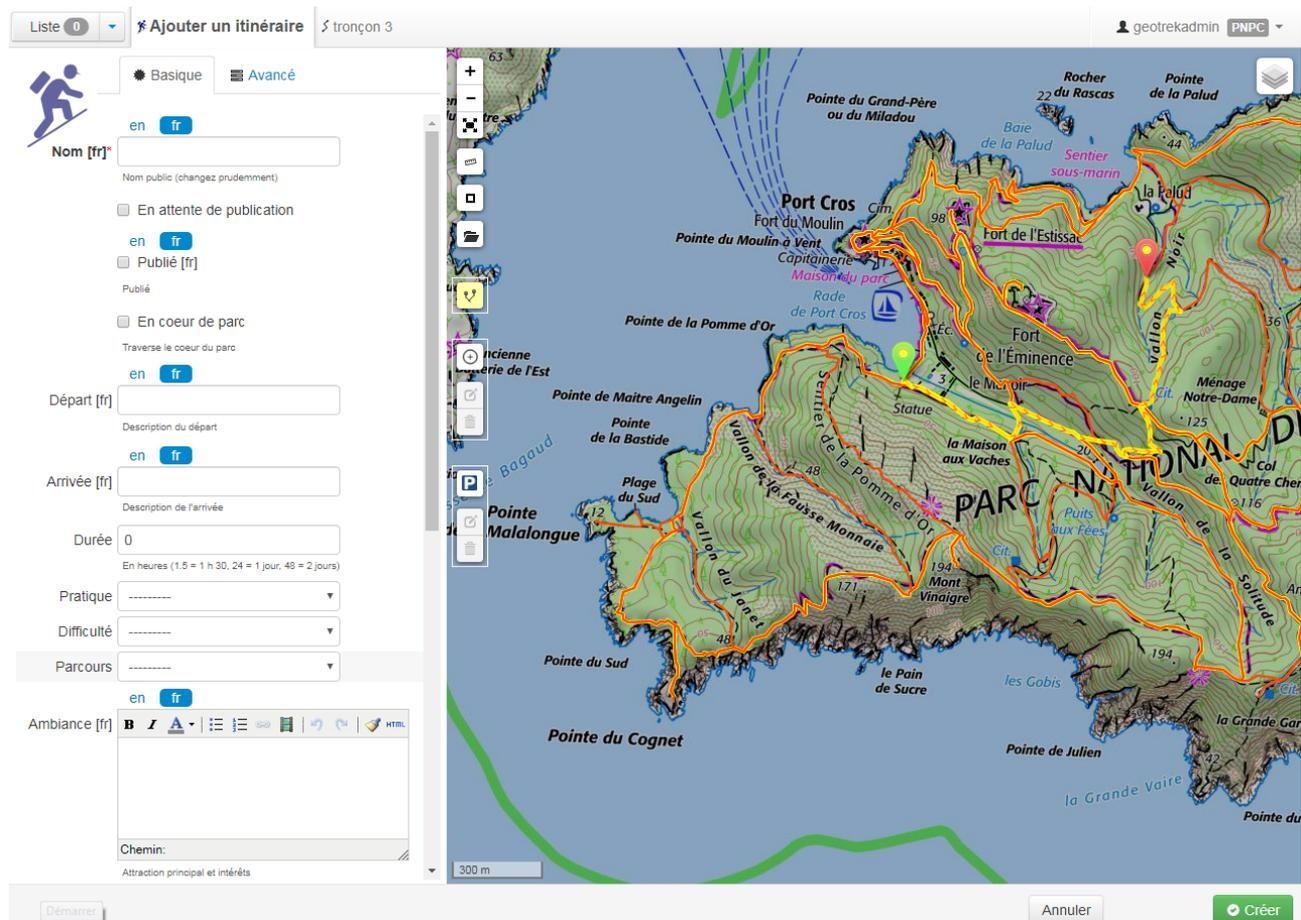


Illustration 13: Création d'un nouvel itinéraire de randonnée

La capture d'écran (illustration 13) montre le formulaire d'ajout d'itinéraires de randonnée (à gauche) et la carte sur laquelle il est possible de tracer le parcours.

Seul le nom du parcours est obligatoire mais il est vivement conseillé de renseigner également un texte d'ambiance, un chapeau (une sorte de résumé) et un descriptif. On peut également préciser les

lieux de départ et d'arrivée, la durée (la longueur et le profil altimétrique seront automatiquement calculés), la difficulté, le type de pratique (randonnée pédestre, VTT...) et le type de parcours. Il est aussi possible de rajouter des informations sur l'accès routier, les parkings, les transports en commun, les aménagements handicapés, des liens internet, etc.

Sur la carte il faut obligatoirement indiquer les points de départ et d'arrivée. Le logiciel va alors sélectionner automatiquement le parcours le plus rapide entre ces deux points. Il est ensuite possible d'insérer des points intermédiaires afin de forcer l'application à prendre les sentiers souhaités. On peut si besoin pour la description rajouter des points de référence numérotés (pour faire par exemple le lien entre le descriptif et la carte) ou encore des parkings.

Une fois les informations saisies, le bouton « Créer » permet de sauvegarder l'itinéraire.

J'ai ainsi saisi 17 itinéraires sur les deux îles à partir des descriptifs des sentiers déjà existants.

4.2.2.3.5. Signalétique

L'import de la signalétique a représenté une grande part du volume de données importées : 588 poteaux, 934 lames et 1540 lignes ont du être saisis, en grande partie manuellement. En effet, afin de faciliter la saisie terrain, j'avais décidé de ne prendre que des photos géolocalisées lors de l'acquisition. Ainsi seules les localisations des poteaux ont pu être importées automatiquement. Il a donc fallu en chacun de ces points renseigner les données attributaires concernant les poteaux, les lames et les lignes, de manière manuelle en se basant sur la photographie de la phase terrain.

Tout comme pour les itinéraires, la saisie des informations concernant la signalétique a été effectuée directement depuis le logiciel « Geotrek Admin ». Il a été possible de configurer cette importation afin de renseigner des données par défaut en fonction de la signalétique ce qui ma permis d'intégrer plus de 2 000 enregistrements en moins d'une semaine.

Cette saisie se déroulait en plusieurs étapes :

- Je sélectionnais une signalétique qui n'était pas encore validée dans le logiciel. En parallèle je sélectionnais cette même signalétique dans le projet Qgis/Qfield provenant de l'acquisition (voir chapitre 5). Cela me permettait de visualiser la photographie de la signalétique ainsi que de connaître le nom de fichier de cette photographie. Je pouvais alors rattacher cette photographie à l'enregistrement de la signalétique dans « Geotrek Admin ».
- Je modifiais si nécessaire les informations concernant la signalétique, en particulier son type, son état et le type de scellement au sol. Ces données avaient été pré-remplies lors de l'import. Dans les cas où la signalétique que j'avais relevé n'était pas présente dans l'ancienne base prévue à cet effet, il fut aussi nécessaire de modifier son nom. Enfin, il ne fallait pas oublier de cocher la case « Publié » qui me permettait de savoir si la signalétique importée avait déjà été traitée.
- Pour chaque signalétique, il fallait alors ajouter les lames et les caractéristiques, en particulier leur orientation sur le poteau, leur type, leur état et leur couleur.
- Pour chaque lame, je devais enfin ajouter le numéro, le texte, les éventuels distance et temps indiqués ainsi que les pictogrammes présents sur chaque ligne.

En annexe 7 sont présentées deux captures d'écran illustrant l'ajout de signalétique.

4.2.2.3.6. « Geotrek Rando »

L'application « Geotrek Rando » n'est pas directement reliée à la base de données de « Geotrek Admin ». Il s'avère donc indispensable de synchroniser les données de « Geotrek Rando » avec celles de « Geotrek Admin ».

Cette synchronisation peut être faite manuellement en ligne de commande depuis le serveur ou bien

par l'interface d'administration de « Geotrek Admin ». Il est également possible d'automatiser cette synchronisation par l'intermédiaire d'une tâche « cron » que l'on planifie sur le serveur.

Pour être fonctionnelle, la synchronisation doit être configurée tant du côté de « Geotrek Admin » que du côté de « Geotrek Rando ».

Du côté de « Geotrek Admin » une ligne de commande permet de faire l'export des données. Puisqu'une même application d'administration peut fournir des données à plusieurs portails internet, il est possible d'indiquer dans la ligne de commande des options afin de filtrer les informations à exporter (par exemple pour exclure certaines randonnées ou certains contenus touristiques).

Si l'application « Geotrek Rando » n'est pas située sur le même serveur que « Geotrek Admin », il faut alors copier les données exportées sur le serveur distant par l'intermédiaire de la commande rsync.

Du côté de « Geotrek Rando », la configuration se résume à indiquer le répertoire où se trouve les données importées dans le fichier de configuration de Nginx.

5. Acquisition de données

Dès ma phase d'évaluation et d'état des lieux des données disponibles dans la base du PNPC, j'avais remarqué que les couches sentiers et signalétiques comportaient bon nombre d'erreurs que seul l'acquisition de données sur le terrain permettrait de corriger.

5.1. Préparation de l'acquisition

Avant toute acquisition, il est nécessaire de bien caractériser ses besoins, notamment en terme de précision, de faire le point sur les outils (matériels et logiciels) disponibles et de soigneusement préparer sa méthodologie d'acquisition.

Concernant les besoins, il est surtout nécessaire de vérifier si les pistes et sentiers sont bien cartographiés, et donc de rectifier en conséquence leur localisation et éventuellement leur typologie. Il est tout aussi nécessaire d'enregistrer les signalétiques sous forme de points géolocalisés en lien à une photographie et un champ de commentaire.

En terme de précision, puisque notre application est principalement destinée à la randonnée, nos données doivent être cohérentes avec des cartes au format 1/50 000 ou au 1/25 000. Sachant que sur une carte l'œil humain ne peut distinguer des traits inférieurs à 0,1 mm, il est impossible d'atteindre une précision pour les sentiers qui excède 2,5m au 1/25 000 et 5m au 1/50 000. Une précision de 3 à 5m est donc acceptable pour l'usage que l'on souhaite avoir. Chercher à être très précis ne serait pas beaucoup plus utile et nécessiterait plus de temps d'acquisition et un matériel plus onéreux.

Au niveau matériel, nous disposons soit d'une tablette samsung Galaxy Tab Active (SM-T360) équipé d'un récepteur GNSS (GPS et GLONASS) soit d'un vieux GPS Garmin GPSmap76 (produit en 2003). Les spécifications des constructeurs donnaient dans des conditions normales d'utilisation une précision de 3 à 10m pour le récepteur GNSS de la tablette et de 3 à 15m pour le GPS Garmin. Des tests sur le terrain, dont un relevé d'une borne géodésique de l'IGN a montré que le récepteur GNSS de la tablette semblait plus précis et plus rapide que le GPS Garmin (voir annexe 8) : le point relevé par la tablette était situé à 1,4 m des coordonnées du repère géodésique contre 9,3m pour le relevé avec le GPS Garmin (les deux relevés ayant été effectué au même moment). Peut-être que cela est dû au fait que le récepteur GNSS de la tablette était compatible avec les réseaux GPS et GLONASS. De plus l'accéléromètre présent dans la tablette permet de compenser d'éventuelles pertes de signal lors de passage sous couvert.

Enfin, le récepteur de la tablette présentait également l'avantage de pouvoir s'interfacer avec Qfield pour le relevé de point GPS depuis un projet Qgis embarqué.

D'un point de vue logiciel, travaillant sous Qgis, le choix de Qfield (<https://qfield.org/>) me semblait le plus pertinent. Ce logiciel permet la consultation et la numérisation sur le terrain. Il est facilement configurable à partir de l'interface de Qgis : il suffit de créer un projet Qgis, de charger les couches données sur lesquelles on souhaite travailler, de paramétrer leur symbologie ainsi que leur formulaire de saisie (ce qui permet un certain contrôle sur les données saisies). Grâce au GPS de la tablette, il est possible de se géolocaliser. Il peut également accéder à l'appareil photographique de la tablette pour lier une photographie à une entité saisie.

Une fois le projet configuré, Qfield le transforme en base de données SQLite qu'il suffit de transférer sur la tablette. Il est très important de bien réfléchir à la structure de son projet avant d'aller sur le terrain, car sur la tablette il est impossible d'ajouter de nouvelles couches ni même de modifier la structure des couches existantes.

Qfield ne supporte pas encore la réalisation de trace GPX permettant de pouvoir faire un relevé automatique de tronçon en suivant notre déplacement. Pour cela j'ai utilisé le logiciel Orux maps (<https://www.oruxmaps.com>), logiciel gratuit mais malheureusement pas libre.

Pour vérifier le bon fonctionnement d'Oruxmaps en cours d'acquisition, j'ai exporté le SCAN 25 sous format geopackage afin de l'afficher en fond de carte. J'ai utilisé ce même fond pour le projet Qfield.

Outre ce fond de carte, le projet Qfield était composé de trois couches vectorielles : une première couche de type linéaire pour les tronçons et deux couches de type point, l'une pour la signalétique et une autre « fourre-tout » (couche PK pour point kilométrique) pour les diverses observations faites sur le terrain, principalement pour stocker les informations concernant les changements de typologies en milieu de tronçons.

La couche tronçon disposait des champs « id », « nom » et « type » contenant respectivement un identifiant, l'éventuel nom du tronçon et son type. J'ai limité le type aux catégories suivantes : plage, sentier, piste et voie goudronnée. Enfin j'ai rajouté un champ « observation » de type texte pour des annotations diverses et un champ « validation » de type entier compris entre 0 et 6, dont la signification est la suivante :

- 0 : à vérifier,
- 1 : validé,
- 2 : modification de géométrie,
- 3 : modification d'attribut,
- 4 : modification de géométrie et d'attribut,
- 5 : nouveau,
- 6 : supprimé.

J'ai importé dans cette couche toutes les géométries présentes de la couche sentiers du PNPC en fixant le champ « validation » à 0. J'ai également configuré la symbologie afin de voir l'état de la validation sur la tablette.

La couche signalétique était composée des champs « identifiant », « nom original », « observations », « photo » et « état » (pouvant prendre les valeurs : originale, validée, déplacée, nouvelle, supprimée, manquante et à revoir). J'ai importé dans cette couche les signalétiques présentes dans la base « signalétique ».

La couche PK contenait les champs « identifiant », « observation » et « photo ».

5.2. Terrain

La procédure sur le terrain était la suivante :

- Mise en route du GPS et vérification de l'état du signal : nombre de satellites acquis, facteur DOP – Dilution of Precision – et précision estimée. Tout au long des mesures je vérifiais régulièrement que ces indicateurs étaient corrects : une quinzaine de satellites en acquisition, un facteur DOP proche de 1, rarement au dessus de 1,2, et une précision estimée de 3 à 4m.
- Mise en route d'Oruxmaps qui enregistre la totalité de mes déplacements. Il était nécessaire de vérifier régulièrement l'enregistrement de ce logiciel car il lui arrivait souvent de décrocher. Il était alors nécessaire de revenir en arrière pour reprendre l'enregistrement.
- Ouverture du projet Qfield et saisie des informations. Pour les tronçons je me contentais de modifier le champ validation et éventuellement le type de sentier si nécessaire. Je ne modifiais que rarement la géométrie sur le terrain, car je trouvais cela plus pratique de le faire sur ordinateur lors de la phase de traitement à partir des traces GPX d'Oruxmaps. Pour les signalétiques, j'ai pris le parti de ne pas modifier les données originales mais plutôt de saisir toutes les signalétiques rencontrées sur le parcours. Au vu des nombreuses erreurs de localisation des données originales, je perdais en effet trop de temps à retrouver à quelles

entités sur Qfield correspondait le panneau de signalétique sur le terrain. Ainsi je rajoutais juste un point sur la carte avec la photo de la signalétique correspondante. Pour la dernière couche je saisisais uniquement la localisation du point ainsi que l'observation dans le champ prévu à cet effet.

- Enregistrement de la trace en GPX en fin de journée.

J'ai ainsi parcourus plus de 180 km pour une saisie de 135 km de tronçons et près de 600 signalétiques sur 8 jours.

5.3. Traitement des données

Cette phase concernait principalement la couche sentiers. En effet pour la couche signalétique, j'ai dû concevoir une couche contenant uniquement les nouveaux points avant de les importer dans « Geotrek Admin », et de saisir manuellement les informations dans l'application à partir des photographies (voir chapitre 4.2.2.3.5). De même les données contenues dans la couche PK n'avaient pas besoin d'être modifiées, j'ai juste saisi manuellement ces informations complémentaires.

Pour la couche sentiers, j'ai chargé les traces GPX relevées par Oruxmaps et ma couche sentiers provenant de Qfield dans Qgis. J'ai également ajouté le SCAN25 ainsi que les ortho-photographies de 2014. Je disposais ainsi de trois informations concernant les tronçons. Si les traces issues du GPS étaient les plus récentes, mais elles étaient celles qui avaient la moins bonne précision (3 à 4m). Les ortho-photographies possédaient une meilleure précision (50cm) mais les informations dataient de 5 ans et le couvert végétal rendait parfois l'interprétation difficile. Le scan25 avait une précision intermédiaire (2,5m) mais je n'avais pas d'information par rapport à la mise à jour des informations concernant les sentiers.

Afin de corriger au mieux la géométrie des tronçons, j'ai réalisé une zone tampon de 5 mètres autour des traces GPX. En fonction de la localisation de la trace originale des sentiers, de l'ortho-photographie, du SCAN 25 et de la trace GPX, les modifications ont été réalisées suivant la chaîne décisionnelle suivante :

- on arrive à détecter le sentier sur l'ortho-photographie :
 - la zone tampon recouvre le sentier détecté sur l'ortho-photographie :
 - le tracé original passe sur le sentier :
=> pas de modification
 - le tracé original ne passe pas sur ce sentier :
=> modification du tracé pour suivre le sentier sur l'ortho-photographie
 - la zone tampon ne recouvre pas le sentier détecté sur l'ortho-photographie :
 - le tracé original passe dans le tampon :
=> pas de modification
 - le tracé original ne passe pas dans le tampon :
=> modification du tracé original pour suivre le tracé GPX
- on n'arrive pas à détecter le sentier sur l'ortho-photographie :
 - on détecte le sentier sur le SCAN 25 :
 - la zone tampon recouvre le sentier détecté sur le SCAN 25 :
 - le tracé original passe sur le sentier :

=> pas de modification

- le tracé original ne passe pas sur le sentier :

=> modification du tracé pour suivre le sentier sur le SCAN 25

- la zone tampon ne recouvre pas le sentier détecté sur le SCAN 25 :

- le tracé original passe dans le tampon :

=> pas de modification

- le tracé original ne passe pas dans le tampon :

=> modification du tracé original pour suivre le tracé GPX

- on ne détecte pas le sentier sur le SCAN 25 :

- la zone tampon recouvre le tracé original :

=> pas de modification

- la zone tampon ne recouvre pas le tracé original :

=> modification du tracé original pour suivre le tracé GPX

D'une couche originale comportant 545 tronçons pour 131,52 km, nous obtenons suite à l'acquisition sur le terrain (et après correction topologique) une couche de 694 tronçons et de 135,13 km. Plus de 95% de la couche initiale a été modifiée. Le tableau suivant résume les modifications effectuées.

	Modification des attributs		Attributs non modifiés		Total	
	nb.	km.	nb.	km.	nb.	km.
Modification géométrique	69	14,47	436	94,78	505	109,26
<i>Forte</i> ⁵	28	7,67	211	63,45	239	71,12
<i>Faible</i>	41	6,80	225	31,33	266	38,13
Aucune	3	0,16	24	1,90	27	2,06
Nouveau			81	7,57	81	7,57
Suppression			81	16,25	81	16,25
Total					694	135,13

5 J'ai considéré que la modification géométrique était forte si une partie du tronçon final dépassait de plus de 5 mètres du tracé original.

6. Conclusion

Ce stage en sein du Parc National de Port-Cros a été l'occasion de mettre en application, avec succès les différents enseignements reçus lors de ma formation. Il m'a également permis de mobiliser mes compétences informatiques et organisationnelles pour répondre dans les temps aux différentes missions qui m'avaient été confiées.

Ce stage a aussi été l'occasion d'entériner définitivement mon choix de reconversion professionnelle dans ce domaine passionnant qu'est la géomatique, d'autant plus passionnant pour moi qu'il est mis au service de la protection de l'environnement et qu'il s'appuie sur des suites logicielles libres.

J'ai également approfondi mes connaissances dans différents domaines, dont la topologie, les requêtes avancées dans PostGIS ainsi que l'acquisition de données sur le terrain. En effet, si l'installation et l'utilisation de la suite logicielle a été assez aisée, ce stage a exigé énormément de travail sur les données : évaluation, recherche et correction des erreurs, acquisition de nouvelles données.

Le Parc National de Port-Cros dispose désormais d'un outil fonctionnel pour la gestion des sentiers et la valorisation des itinéraires de randonnée. Pour autant, il lui reste la lourde tâche consistant à animer et faire vivre ce portail. C'est pourquoi la fin de mon stage sera consacrée à la formation des utilisateurs et aux transferts des connaissances et compétences aux agents du service SI.

D'autres perspectives peuvent également être envisagées, comme la personnalisation de l'interface ou encore l'ajout de données complémentaires sur les itinéraires et le contenu touristique. L'installation de la nouvelle version de l'application mobile, lorsqu'elle sera stable, sera également importante à mettre en place. Il serait également intéressant d'élargir les itinéraires aux territoires des communes adhérentes, et en particulier sur le secteur du Cap Lardier, qui ont déjà un ensemble de données à valoriser. L'ajout de randonnées d'itinérance sur l'ensemble du territoire du Parc pourraient aussi permettre de mettre en valeur l'ensemble du territoire sur lequel intervient le Parc national.

La participation au développement d'un module pour la gestion des autres activités outdoor (escalade, vol libre, canyoning, etc) est une autre piste d'évolution en discussion au sein de la communauté Geotrek. Le PNPC a certainement un rôle important à y jouer de part son expérience et son expertise sur les activités outdoor marines (plongée sous-marine, kayak de mer, paddle). Cela lui permettrait de surcroît de valoriser une partie de son territoire marin.

Toutefois, n'oublions pas que la mission première des Parcs Nationaux demeure la préservation de la nature. Il faut donc rester prudent sur l'utilisation de ces outils de valorisation en s'assurant qu'ils permettent de découvrir la richesse du patrimoine naturel en respect avec les objectifs de conservation assignés à ces établissements

Sitographie

Randonnée pédestre : Pratiquant [en ligne]. Pôle Ressources Nationales Sports de Nature, 2019 [consulté le 16 mai 2019]. Disponible sur : <http://www.sportsdenature.gouv.fr/randonnee-pedestre/observation/pratiquants>

Un territoire reconnu [en ligne]. Parc National de Port-Cros [consulté le 16 mai 2019]. Disponible sur : <http://www.portcros-parcnational.fr/fr/le-parc-national-de-port-cros/un-territoire-reconnu>

L'organisation du territoire d'un Parc National français [en ligne]. Parcs Nationaux de France [consulté le 16 mai 2019]. Disponible sur : <http://www.parcsnationaux.fr/fr/des-decouvertes/les-parcs-nationaux-de-france/lorganisation-du-territoire-dun-parc-national-francais>

Cahier des clauses techniques particulières [en ligne]. Parc National des Ecrins, 2012 [consulté le 05 mars 2019]. Disponible sur : http://geotrek.ecrins-parcnational.fr/ressources/cctp/2012-02-CCTP-carto_sentiers-PNE-PNM.pdf

Modèle conceptuel des données [en ligne]. Parc National des Ecrins, 2019 [consulté le 22 avril 2019]. Disponible sur : <https://geotrek.ecrins-parcnational.fr/ressources/technique/2019-04-geotrekdb-2.24.8.png>

GitHub Geotrek [en ligne]. Makina Corpus, 2013, 2019 [consulté le 05 mars 2019]. Disponible sur : <https://github.com/GeotrekCE>

LEPLATRE, Mathieu. La segmentation dynamique [en ligne]. Makina Corpus, 2014 [consulté le 06 mars 2019]. Disponible sur : <https://makina-corpus.com/blog/metier/2014/la-segmentation-dynamique>

Geotrek [en ligne]. Makina Corpus, 2012, 2018 [consulté le 04 mars 2019]. Disponible sur : <http://geotrek.fr>

Pour tout savoir sur Geotrek [en ligne]. Makina Corpus, 2012, 2018 [consulté le 04 mars 2019]. Disponible sur : <http://geotrek.fr/ressources.html>

Ressources [en ligne] Parc Naturel des Ecrins, 2019 [consulté le 06 mars 2019]. Disponible sur : <https://geotrek.ecrins-parcnational.fr/ressources/>

FERRATON, Alain. ZEVORT, Michel. Vérification et corrections des géométries [en ligne]. Géoinformations. Espace interministériel de l'information géographique, 2017 [consulté le 06 mars 2019]. Disponible sur : <http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/verification-et-corrections-des-geometries-a3522.html>

Charte graphique des Parcs Nationaux de France [en ligne]. Parc National des Ecrins, 2011 [consulté le 25 mars 2019]. Disponible sur : <http://www.ecrins-parcnational.fr/sites/ecrins-parcnational.com/files/page/9241/chartegraphiquepnx.pdf>

PostGIS Manual [en ligne]. Postgis, 2019 [consulté le 07 mars 2019]. Disponible sur : <https://postgis.net/docs/>

LEPLATRE, Mathieu. Utiliser les topologies PostGIS pour nettoyer un filaire de voirie. [en ligne]. Makina Corpus, 2013 [consulté le 06 mars 2019]. Disponible sur : <https://makina-corpus.com/blog/metier/2013/utiliser-les-topologies-postgis-pour-nettoyer-un-filaire-de-voirie>

Welcome to Geotrek's documentation ! [en ligne]. Makine Corpus, 2013, 2019 [consulté le 04 mars 2019]. Disponible sur : <https://geotrek.readthedocs.io/en/master/>

MONCHICOURT, Camille. Geotrek in Jamaica : How I installed a web plateforme to manage and



promote Jamaican treks with open source tools (Qgis, OpenStreetMap, PostgreSQL, Ubuntu, Geotrek) [en ligne]. Parc National des Ecrins, 2018 [consulté le 06 mars 2019]. Disponible sur : <https://geotrek.ecrins-parcnational.fr/articles/en/2018-02-geotrek-jamaica.html>

Inventaire National du Patrimoine Naturel [en ligne]. Inventaire National du Patrimoine Naturel, 2003, 2019 [consulté le 19 mars 2019]. Disponible sur : <https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>



Tables des illustrations

Illustration 1: Les Parcs Nationaux de France.....	3
Illustration 2: Délimitation du Parc National de Port-Cros.....	4
Illustration 3: Schéma de principe de la segmentation dynamique.....	8
Illustration 4: Validité des tronçons.....	8
Illustration 5: Relation entre la table TRONCON et EVENEMENT.....	9
Illustration 6: Localisation d'un point hors tronçon avec le décalage.....	9
Illustration 7: Association d'informations aux tronçons.....	10
Illustration 8: Les différents composants de la suite logicielle Geotrek (Source : geotrek.fr).....	10
Illustration 9: Comparaison de la couche sentiers avec le SCAN 25 et les orthophotographies.....	13
Illustration 10: Zoom sur une intersection de tronçons.....	14
Illustration 11: Les principales erreurs de topologie des lignes.....	15
Illustration 12: Les principaux types de signalétique présents au Parc : les pancartes (à gauche), les lames (au milieu) et les balises (à droite).....	17
Illustration 13: Création d'un nouvel itinéraire de randonnée.....	23

Tables des annexes

Annexe 1 : Les différents périmètres des parcs nationaux	
Annexe 2 : Planning prévisionnel	
Annexe 3 : Captures d'écran de Geotrek Admin	
Annexe 4 : Captures d'écran de Geotrek Rando	
Annexe 5 : Requêtes SQL de sélection de géométrie ou topologie invalide.	
Annexe 6 : Script de correction automatique de la couche sentiers	
Annexe 7 : Captures d'écran d'ajouts de signalétiques	
Annexe 8 : Comparatif des relevés GNSS	



Annexes



Annexe 1: Les différents périmètres des Parcs Nationaux

Le périmètre des Parcs Nationaux est constitué de deux secteurs distincts :

- Une zone de cœur dont l'objectif est d'assurer la préservation du patrimoine naturel, paysager et culturel. Il est doté d'une réglementation très stricte qui encadre certaines activités. En particulier, les documents d'urbanisme des territoires situés en cœur de parc doivent se conformer à la charte. Des zones encore plus protégées peuvent être délimitées : il s'agit des « réserves intégrales ». En leur sein, la présence humaine est très limitée pour éviter toutes perturbations d'origine anthropique. Seuls des scientifiques peuvent s'y rendre pour suivre l'évolution de la flore et de la faune.
- Une aire d'adhésion composée des communes, en continuité géographique ou en solidarité écologique (interdépendance des êtres vivants, entre eux et avec leurs milieux, dans le cœur et sur le territoire de la commune), qui adhèrent volontairement à la charte du Parc National. Ces communes s'engagent donc à préserver leur environnement afin de faciliter l'atteinte des objectifs fixés pour la protection de la zone cœur.

Les communes du périmètre optimal du Parc qui décident de ne pas d'adhérer sont classés en « aire potentielle d'adhésion ».

Pour les Parcs Nationaux comportant un cœur marin, une aire maritime adjacente entourant le cœur est également définie, qui est l'équivalent en mer de l'aire d'adhésion.

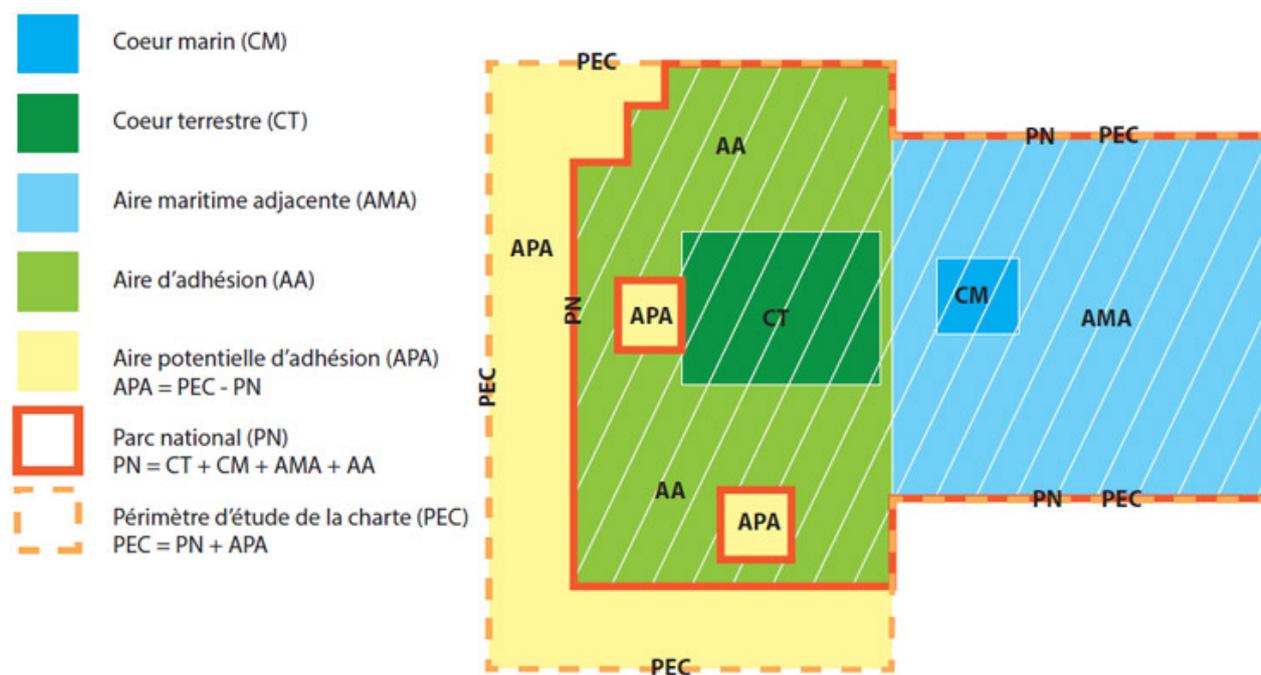


Illustration 14: Schéma des périmètres des Parcs Nationaux (Source : Parcs Nationaux de France)



Annexe 2 : Planning prévisionnel

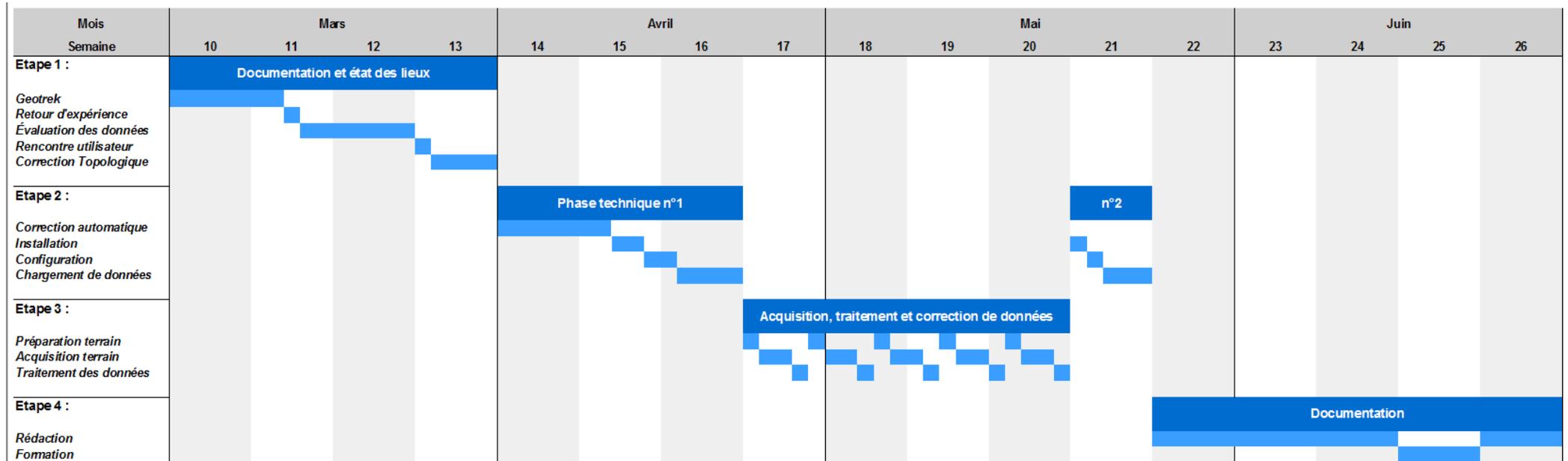


Illustration 15: Planning prévisionnel du stage

Annexe 3 : Captures d'écran de Geotrek Admin

The screenshot displays the Geotrek Admin interface. On the left, a table lists 30 trail segments (tronçon) with their names, 3D lengths, and 2D lengths. On the right, a map shows these segments highlighted in yellow on a satellite-style terrain view.

Action	Nom	Longueur 3D	Longueur 2D
<input type="checkbox"/>	tronçon 1	487.3	484.8
<input type="checkbox"/>	tronçon 2	42.7	42.6
<input type="checkbox"/>	tronçon 13	105.5	104.9
<input type="checkbox"/>	tronçon 14	284.6	283.2
<input type="checkbox"/>	tronçon 15	334.3	332.4
<input type="checkbox"/>	tronçon 16	244.1	242.8
<input type="checkbox"/>	tronçon 17	80.5	80
<input type="checkbox"/>	tronçon 18	267.3	266.9
<input type="checkbox"/>	tronçon 19	204.7	204.6
<input type="checkbox"/>	tronçon 20	69.9	69.4
<input type="checkbox"/>	tronçon 21	485.1	480.6
<input type="checkbox"/>	tronçon 22	279.1	279
<input type="checkbox"/>	tronçon 23	599.9	597.9
<input type="checkbox"/>	tronçon 24	565	561.7
<input type="checkbox"/>	tronçon 25	1150.8	1146.5
<input type="checkbox"/>	tronçon 26	1047.5	1042.1
<input type="checkbox"/>	tronçon 27	508.9	507.4
<input type="checkbox"/>	tronçon 28	760.3	757.9
<input type="checkbox"/>	tronçon 29	115.4	115
<input type="checkbox"/>	tronçon 30	586.7	584.7

Illustration 16: Capture d'écran de Geotrek Admin : liste des objets

The screenshot shows the detailed view of a trail segment in Geotrek Admin. The left panel contains a metadata table, and the right panel shows a map with a profile view.

Propriétés	Valeur
Longueur	~ 39,3m (→ 39,2m)
Dénivelé	-1m +0m (0,0)
Altitude	Min: 1m, Max: 2m
Source	Aucun(e)
Enjeu d'entretien	Aucun(e)
Usages	Aucun(e)
Réseaux	Aucun(e)
Structure liée	PNPC
Date d'insertion	24 avril 2019 10:53 (2 semaines)
Date de modification	24 avril 2019 10:53 (2 semaines)
Dernier auteur	
Créateur	
Auteurs	

Gestion

Sentiers	Aucun(e)
----------	----------

Aménagement

Aménagements	Aucun(e)
--------------	----------

Signalétique

Signalétiques	n804 141
---------------	-------------

Travaux

The map on the right shows the trail segment highlighted in yellow. A 'Profil altimétrique' (altimetric profile) is overlaid on the map, showing the elevation (Altitude (m)) on the y-axis and distance (Distance (m)) on the x-axis. The profile shows a relatively flat terrain with a slight dip.

Illustration 17: Capture d'écran de Geotrek Admin : fiche d'un objet



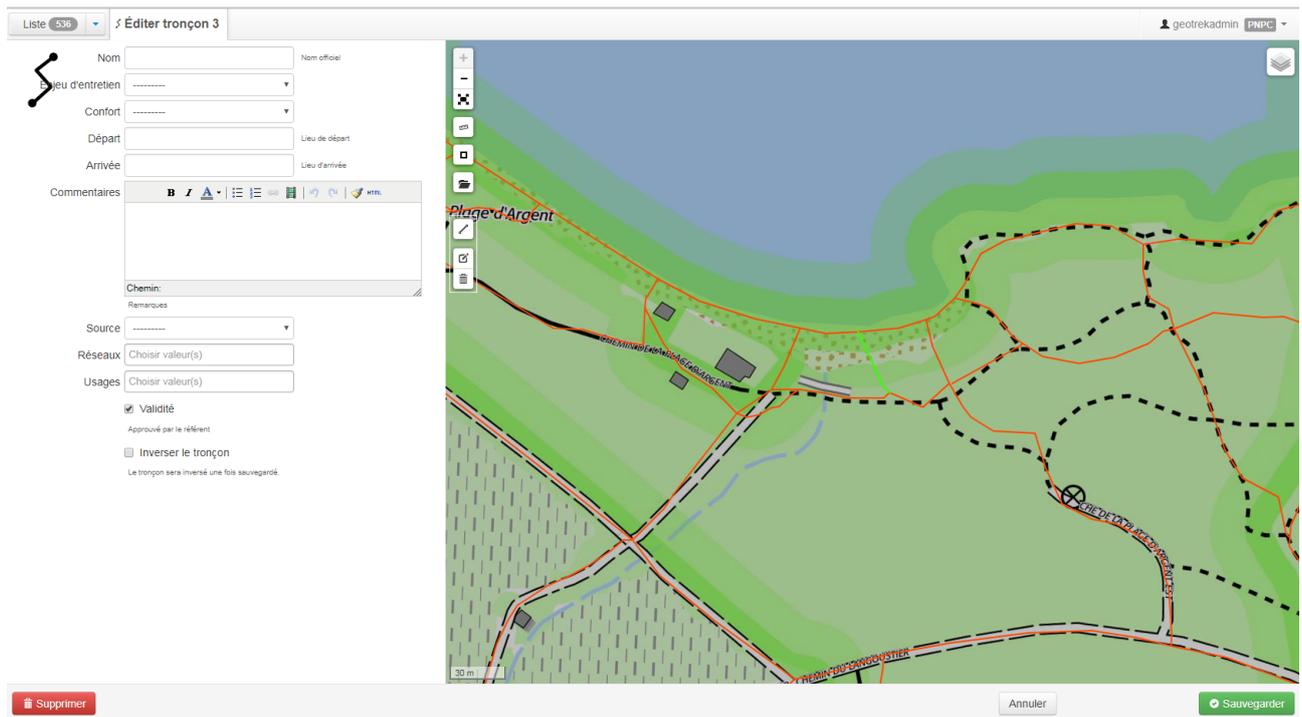


Illustration 18: Capture d'écran de Geotrek Admin : modification d'un objet

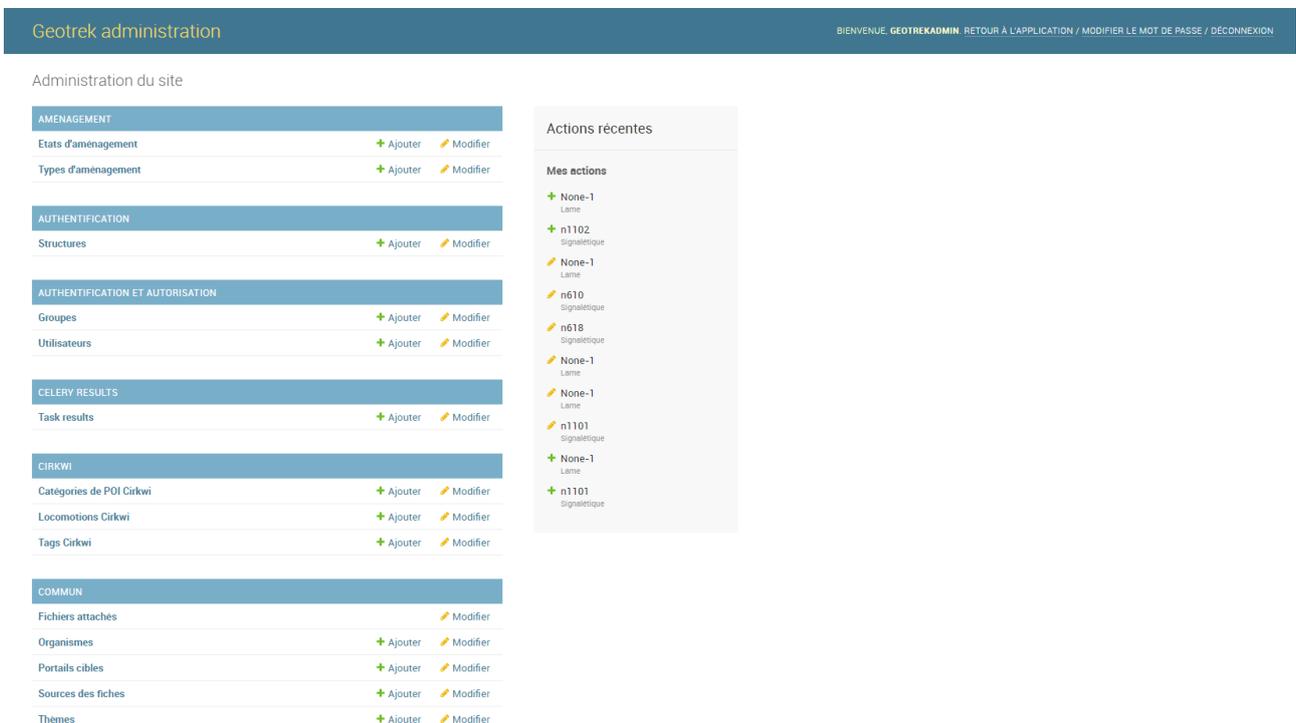


Illustration 19: Capture d'écran de Geotrek Admin : interface d'administration



Annexe 4 : Captures d'écran de Geotrek Rando

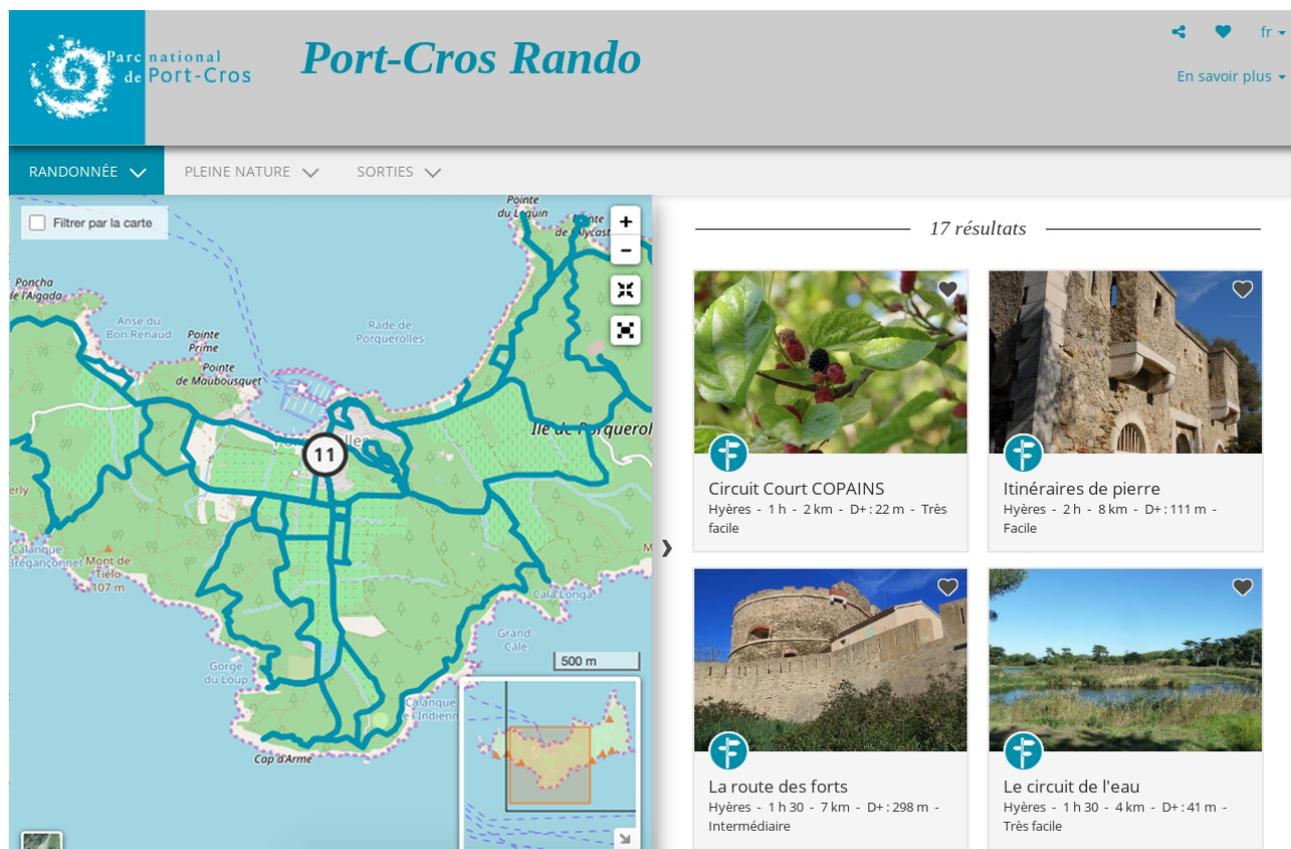


Illustration 20: Capture d'écran de Geotrek Rando : liste des itinéraires

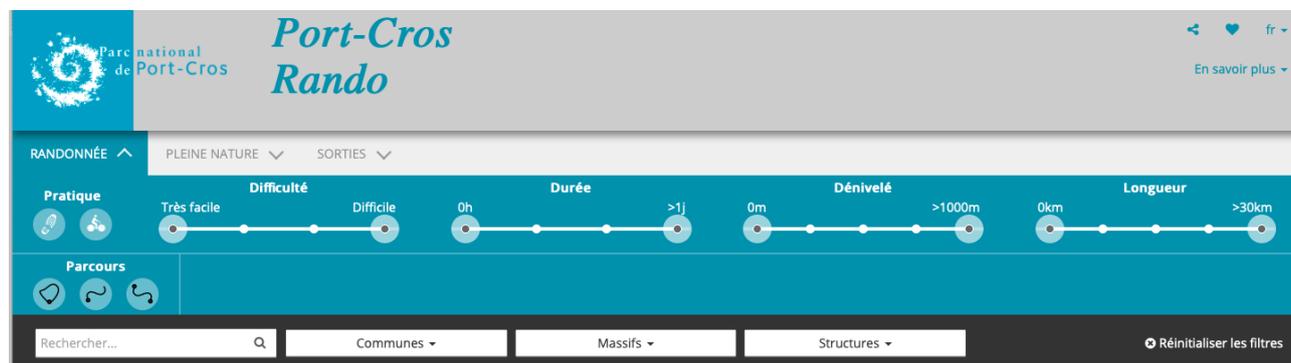


Illustration 21: Capture d'écran de Geotrek Rando : zone de recherche avancée

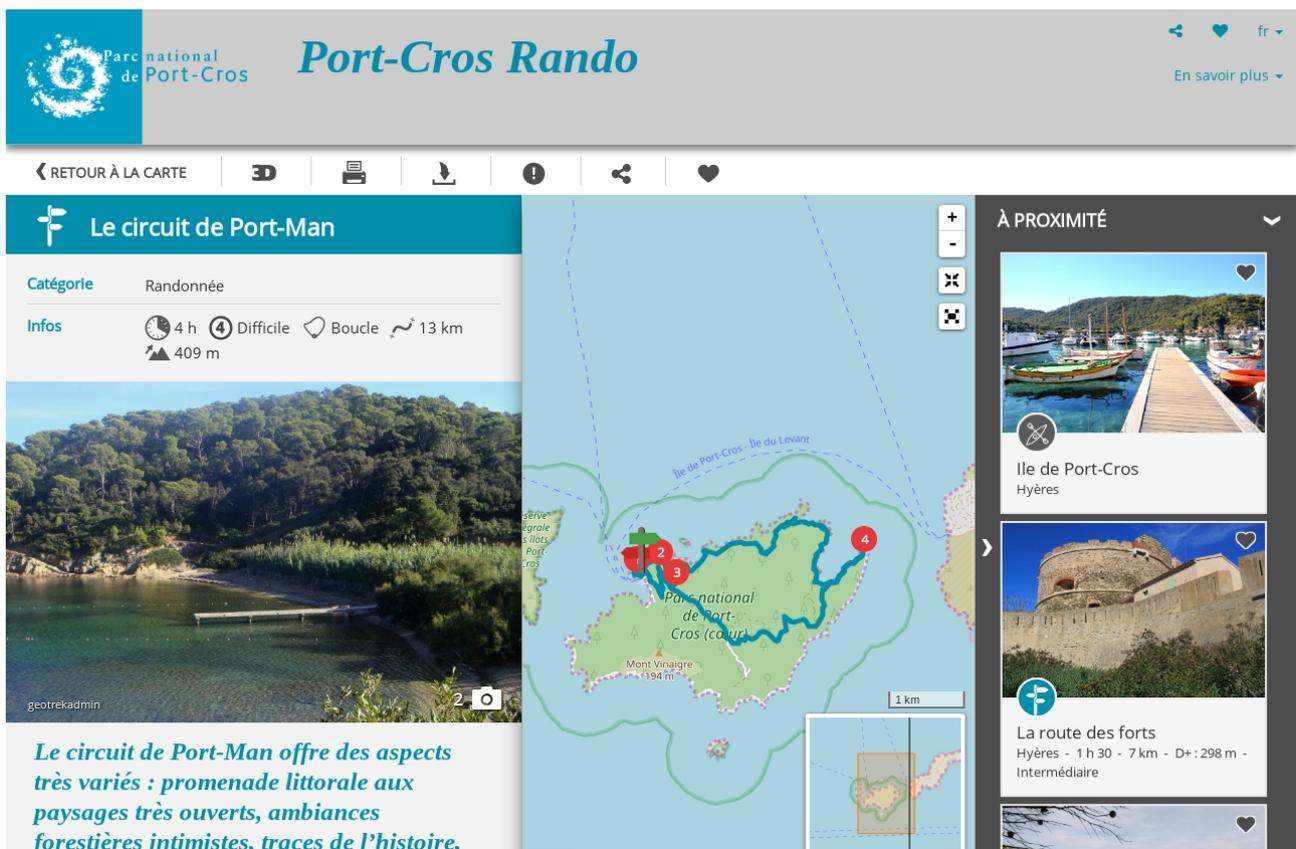


Illustration 22: Capture d'écran de Geotrek Rando : affichage d'une randonnée



Le circuit de Port-Man

Catégorie Randonnée

Infos

 4 h  Difficile  Boucle  13 km
 409 m



Le circuit de Port-Man offre des aspects très variés : promenade littorale aux paysages très ouverts, ambiances forestières intimistes, traces de l'histoire, baie de Port-Man. La deuxième partie de ce circuit emprunte une piste carrossable.

Départ / Arrivée : Le quai du port de Port-Cros

Longer le bureau de poste puis prendre à gauche vers le fort du Moulin (ne se visite pas). Passer au pied de la tour et du rempart. En face du pont-levis, prendre le sentier à droite qui débute par deux petites marches. Possibilité de contourner le fort par la gauche. Superbes points de vue sur la rade de Port-Cros et l'îlot de Bagaud. Quelques dizaines de mètres plus loin se présente le petit cimetière marin. Emprunter le sentier le plus à gauche. Quelques petites grimpettes permettent de se chauffer les mollets, mais fort heureusement, la majeure partie du sentier est ombragée. De petites plaques numérotées présentent les principales plantes caractéristiques de la végétation de l'île (voir brochure « sentier des Plantes »). Environ 15 minutes plus tard, au détour d'une boucle, on découvre soudain en contrebas l'îlot du Rascas et la plage de la Palud, où se situe le sentier sous-marin. Au loin, se profilent la pointe de la Galère et derrière, l'île du Levant. Descendre vers la plage et emprunter l'escalier creusé dans la roche à l'autre extrémité. La balade continue par un sentier très ombragé typique de l'île, en direction de la pointe de la Galère puis de la Calanque longue avant d'arriver dans la baie de Port-Man, grande baie abritée du mistral. Traverser la plage. Possibilité de poursuivre jusqu'au **fort de Port-Man** (ne se visite pas) pour découvrir une belle vue sur la baie. Prendre la piste à droite, direction « la Sardinière ». Cette ancienne ferme vient d'être entièrement restaurée. Poursuivre sur la piste en direction du village jusqu'à la route goudronnée qui vous mènera au **fort de l'Eminence**, puis au **fort de l'Estissac** (ouvert en saison), et enfin au port (voir brochure « Sentinelles de pierre »).

 Cet itinéraire est dans le cœur du Parc national, veuillez consulter la réglementation.

Profil altimétrique

Altitude (m) Min : 1 m - Max : 128 m



Illustration 23: Descriptif d'itinéraire



Annexe 5 : Requête SQL de sélection de géométrie ou topologie invalide.

-- Erreur de geometrie (entre autre boucle, enchevertement...)

```
SELECT t.id  
FROM troncon t  
WHERE NOT st_issimple(t.geom) ;
```

-- Géometries nulles

```
SELECT t.id  
FROM troncon t  
WHERE st_isempty(geom) ;
```

--Geometrie de longueur égale à 0

```
SELECT t.id  
FROM troncon t  
WHERE st_length(geom) > 0 ;
```

-- Noeuds en double

```
SELECT geom, sid, count(*)  
FROM (SELECT id AS sid, (ST_DumpPoints(geom).* FROM segment) s  
GROUP BY geom, sid  
HAVING count(*) > 1
```

-- Intersection

```
SELECT t1.id as t1id, t2.id as t2id  
FROM troncon as t1  
JOIN troncon t2  
    ON St_intersects(t1.geom, t2.geom)  
    AND NOT ST_OVERLAPS(t1.geom, t2.geom)  
    AND NOT ST_WITHIN(t1.geom, t2.geom)  
    AND NOT ST_WITHIN(t2.geom, t1.geom)  
WHERE t1.id <> t2.id ;
```

-- Superposition

```
SELECT a.id as aid, b.id as bid  
FROM troncons a, troncons b  
WHERE a.id <> b.id AND ST_OVERLAPS(a.geom, b.geom)
```

-- Pseudo noeuds

```
SELECT pt  
FROM (SELECT ST_startpoint(geom) AS pt  
    FROM troncon  
    UNION ALL  
    SELECT ST_endpoint(geom) AS pt  
    FROM troncon) point  
GROUP BY pt HAVING count(*) = 2 ;
```

-- Depassement negatif inferieur à une distance lmax (en metre)

```
WITH lmax AS (SELECT 10)  
SELECT s1.id, s1.geometry  
FROM (  
    SELECT * FROM segment  
    EXCEPT  
    SELECT DISTINCT s1.id, s1.geometry  
    FROM segment s1, segment s2  
    WHERE NOT st_equals(s1.geometry, s2.geometry)  
        AND st_startpoint(s1.geometry)  
            IN (st_startpoint(s2.geometry), st_endpoint(s2.geometry))  
    ) s1, segment s2  
WHERE NOT st_equals(s1.geometry, s2.geometry)  
        AND ST_distance(st_startpoint(s1.geometry), s2.geometry) < (SELECT * FROM  
lmax)
```



```

GROUP BY s1.id, s1.geometry
UNION
SELECT s1.id, s1.geometry
FROM (
    SELECT * FROM segment
    EXCEPT
    SELECT DISTINCT s1.id, s1.geometry
    FROM segment s1, segment s2
    WHERE NOT st_equals(s1.geometry, s2.geometry)
        AND st_endpoint(s1.geometry)
            IN (st_startpoint(s2.geometry), st_endpoint(s2.geometry))
    ) s1, segment s2
WHERE NOT st_equals(s1.geometry, s2.geometry)
    AND ST_distance(st_endpoint(s1.geometry), s2.geometry) < (SELECT * FROM
lmax)
GROUP BY s1.id, s1.geometry

-- residu de depassement, apres coupure a l'intersection, inferieure a lmax
WITH lmax AS (SELECT 50)
SELECT * FROM (
    SELECT * FROM segment
    EXCEPT
    SELECT DISTINCT s1.id, s1.geometry
    FROM segment s1, segment s2
    WHERE NOT st_equals(s1.geometry, s2.geometry)
    AND st_startpoint(s1.geometry) IN (st_startpoint(s2.geometry), st_endpoint(s2.geometry))
    ) a WHERE st_length(geometry) < (SELECT * FROM lmax)
UNION
SELECT * FROM (
    SELECT * FROM segment
    EXCEPT
    SELECT DISTINCT s1.id, s1.geometry
    FROM segment s1, segment s2
    WHERE NOT st_equals(s1.geometry, s2.geometry)
    AND st_endpoint(s1.geometry) IN (st_startpoint(s2.geometry), st_endpoint(s2.geometry))
    ) b WHERE st_length(geometry) < (SELECT * FROM lmax)

```



Annexe 6 : Script de correction automatique de la couche sentiers

```
/*
-- Fonction permettant de vérifier et corriger les erreurs de géométries et de
topologies
-- inspiré entre autres par :
-   o https://makina-corpus.com/blog/metier/2013/utiliser-les-topologies-
postgis-pour-nettoyer-un-filaire-de-voirie
--   o http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/verification-
et-corrections-des-geometries-a3522.html
-- Auteur: Guillaume Boitel <guillaume.boitel@portcros-parcnational.fr>
--   Parc National de Port Cros
-- Mise à jour le: 18/03/2019
-- Descripton :
-- Les erreurs corrigées sont :
--   o géométries nulles
--   o géométries de longueurs nulles
--   o boucles (loop) et enchevêtrements (knots)
--   o points en double
--   o point "inutile" (points alignés par exemple)
--   o intersection
--   o dépassement négatif (undershoot) avec tolérance de 1m
--   o dépassement positif (overshoot) avec tolérance de 1m
--   o superposition de tronçons
--   o suppression des pseudo-noeuds
-- En entrée :
--   o tableSrc : la table contenant les tronçons d'origine
--   o tronconsTopo : le schéma qui contiendra la topologie
--   o tableDest : la table qui contiendra les tronçons corrigés
-- Attention, cette fonction supprime :
--   o la topologie donnée dans le paramètre tronconsTopo
--   o la table donnée dans le paramètre tableDest
-- En sortie :
--   o on récupère la table des pseudo points (pas très utile)
--   => il faut faire une autre requête pour avoir les tronçons corrigés :
--   par ex. : SELECT * FROM troncons_finaux;
-- A faire : arriver à supprimer la topologie (la fonction DropTopology
--   ne fonctionne pas en fin de script)
*/
```

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION verif_topo(tableSrc varchar, tronconsTopo varchar,
tableDest varchar) RETURNS SETOF RECORD AS
```

```
$BODY$
```

```
DECLARE
```

```
  r RECORD;
  tmpschema varchar;
```

```
BEGIN
```

```
  -- Gestion des noeuds en doublons ou inutiles,
  -- des géométrie nulle ou de longueur nulle
```

```
  EXECUTE '
```

```
    CREATE TEMP TABLE troncons AS (
      -- suppression des noeuds en doublons ou inutiles : ST_Simplify
      SELECT id, validation, nom, type,
              observ, ST_Simplify(geom,0) AS geom
      FROM ' || tableSrc || '
      -- suppression des géometries nulles ou de longueur égale à 0
      WHERE NOT st_isempty(geom) AND st_length(geom) > 0
    )';
```

```
  tmpschema := (SELECT nspname FROM pg_catalog.pg_namespace
                WHERE oid = pg_my_temp_schema());
```



```

-- Creation de la topologie
CREATE EXTENSION IF NOT EXISTS postgis_topology;
PERFORM topology.DropTopology(tronconsTopo)
WHERE EXISTS (
SELECT *
FROM topology.topology
WHERE name = tronconsTopo
);
PERFORM topology.CreateTopology(tronconsTopo, 2154);
PERFORM topology.AddTopoGeometryColumn(tronconsTopo, tmpschema,
'troncons', 'topo_geom', 'LINESTRING');

-- Gestion des boucles et des dépassements
EXECUTE 'UPDATE troncons SET topo_geom = topology.toTopoGeom(geom, '||
quote_literal(tronconsTopo)||', 1, 1.0)'; -- Tolérance de 1.0 mètre

-- Gestion des intersections
EXECUTE '
UPDATE troncons
SET geom = e.geom
FROM '||tronconsTopo||'.edge e, '||tronconsTopo||'.relation rel
WHERE e.edge_id = rel.element_id
AND rel.topogeo_id = (troncons.topo_geom).id';

-- Suppression des morceaux en double :
EXECUTE 'DROP TABLE IF EXISTS '||tableDest||' CASCADE';
EXECUTE '
CREATE TABLE '||tableDest||' AS (
WITH doublons AS
(SELECT a.id, a.geom
FROM troncons a, troncons b
WHERE a.id <> b.id
AND st_equals(a.geom, b.geom)
AND a.id < b.id)
SELECT DISTINCT id, validation, nom, type, observ, geom
FROM troncons
WHERE id NOT IN (SELECT id FROM doublons)
)';

-- Suppression des pseudo noeuds
FOR r IN EXECUTE '
SELECT pt
FROM (SELECT ST_startpoint(geom) AS pt
FROM '|| quote_ident(tableDest) ||'
UNION ALL
SELECT ST_endpoint(geom) AS pt
FROM '|| quote_ident(tableDest) ||') pt
GROUP BY pt HAVING count(*) = 2'
LOOP
-- pour chaque pseudo noeuds faire le lien entre les deux segments
EXECUTE '
INSERT INTO '|| quote_ident(tableDest) ||' VALUES (0, 0, NULL, NULL,
NULL,
(SELECT ST_LineMerge(ST_Union(t.geom)) AS geom
FROM '|| quote_ident(tableDest) ||' t
WHERE ST_Equals(ST_StartPoint(t.geom), $1)
OR ST_Equals(ST_EndPoint(t.geom), $1))'
USING r.pt;
-- supprimer les deux segments
EXECUTE '
DELETE FROM '|| quote_ident(tableDest) ||'
WHERE ST_Equals(ST_StartPoint(geom), $1)
OR ST_Equals(ST_EndPoint(geom), $1)'

```



```
        USING r.pt;
    RETURN NEXT r;
END LOOP;

-- Ménage
-- PERFORM topology.DropTopology(tronconsTopo)
    DROP TABLE troncons;

RETURN;
END
$body$
LANGUAGE plpgsql;

-- Exemple d'execution
SELECT * FROM verif_topo('gt_pistes', 'troncons_topo', 'troncons_finaux') AS
pt(geom geometry);
SELECT * FROM troncons_finaux;
```



Annexe 7 : Captures d'écran d'ajouts de signalétiques

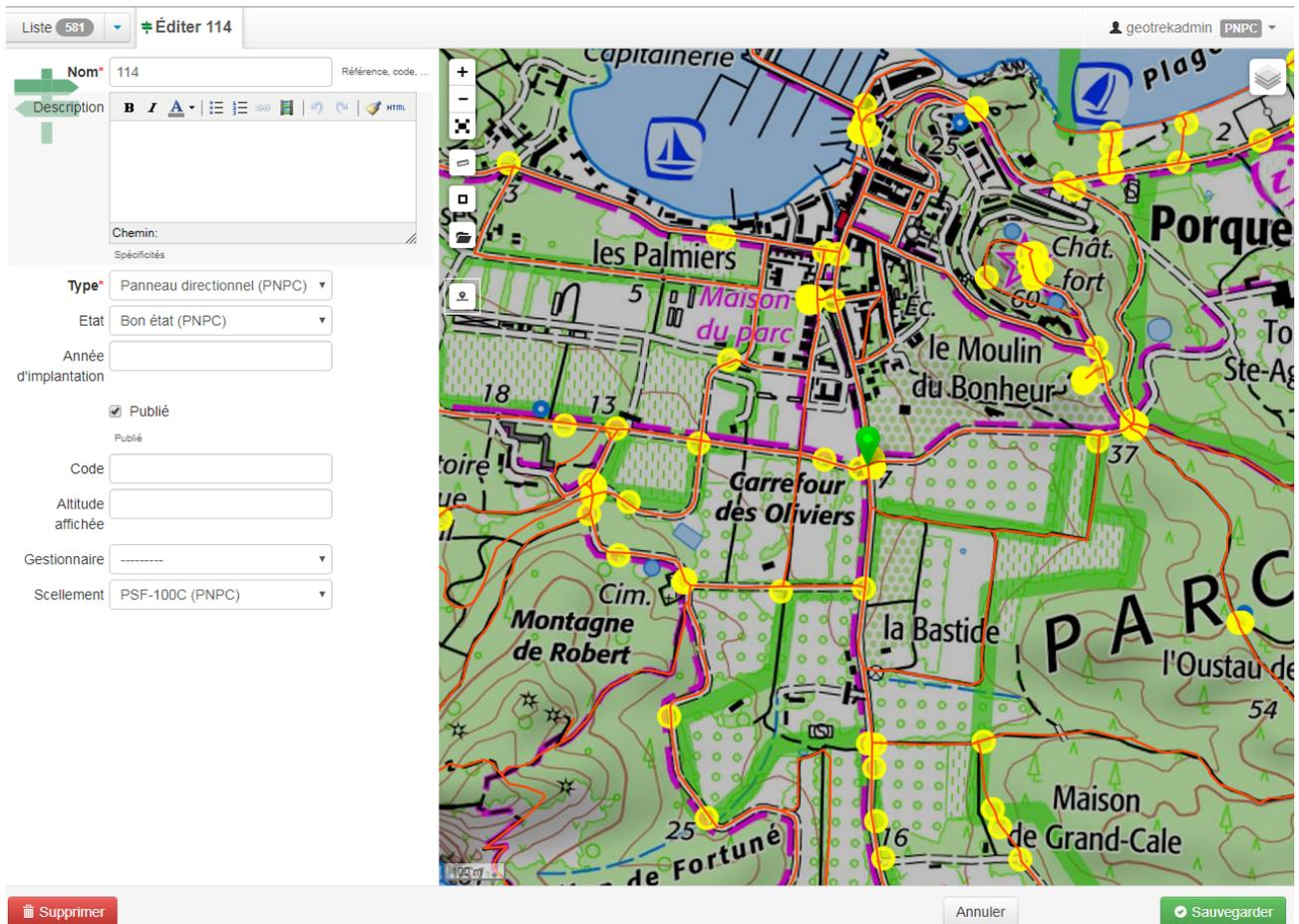


Illustration 24: Ajout d'une signalétique



Liste 581 — Éditer None-1 114 geotrekadmin PNPC

Numéro* 1
 Direction* Nord
 Type* B-40.2 (PNPC)
 Etat Cassé (PNPC)
 Couleur Jaune

Lignes

Numéro* 1
 Texte* Plage d'Argent [E]
 Distance
 Nom du pictogramme
 Temps
 Heures:Minutes:Secondes
 Supprimer

Numéro* 2
 Texte* Forts et Plages du Langoustier [E]
 Distance
 Nom du pictogramme
 Temps
 Heures:Minutes:Secondes
 Supprimer

Numéro*

Supprimer Annuler Sauvegarder

Illustration 25: Ajout d'une lame et de lignes



Annexe 8 : Comparatif des relevés GNSS

Comparatif des relevés de position
du récepteur GNSS de la tablette Samsung Tab Active
et du GPSMap76 de Garmin (Giens - 07/04/2019)

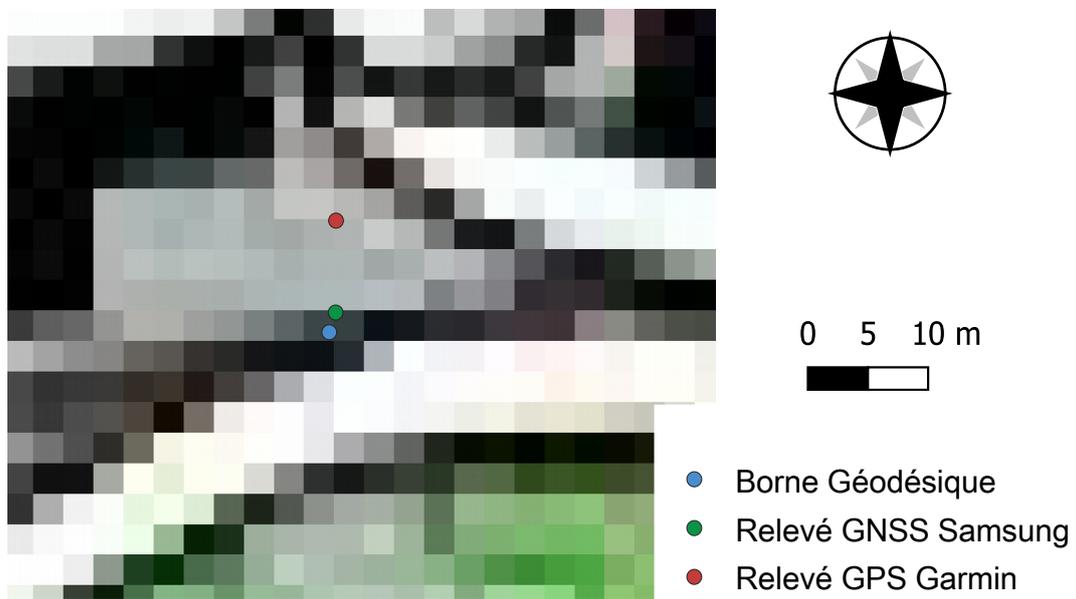


Illustration 26: Comparatif des relevés de position des récepteurs GNSS

