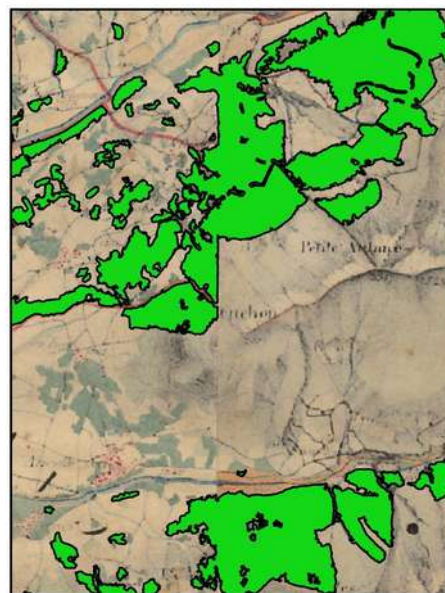




DIGITALISATION DES CARTES ANCIENNES

MANUEL POUR LA VECTORISATION DE L'USAGE DES SOLS ET LE GEOREFERENCEMENT DES MINUTES 1:40 000 DE LA CARTE D'ETAT-MAJOR



Avant propos

- Ce manuel vient en complément du [manuel de l'INRA](#), qu'il convient de consulter pour avoir une vision complète du contenu des cartes d'état-major. Nous adressons nos remerciements particuliers à Jean-Luc Dupouey de l'INRA Nancy et à Alain Gervaise, en charge du produit BD Carto® Historique état-major à l'IGN.



- Ce manuel s'intéresse aux aspects techniques de la numérisation des cartes d'état-major avec QGIS. La version 2.18 (« Las Palmas ») de QGIS a été utilisée. Comparé au manuel INRA, proposé pour ArcGis, nous ajoutons le volet numérisation semi-automatique en utilisant le plugin Historical Map. Que les réalisateurs de ce plugin soient grandement remerciés : sans l'aide précieuse et les conseils de Nicolas Karasiak, ce travail n'aurait certainement pas été possible.

- La méthode présentée dans ce manuel se limite à la vectorisation de la classe d'occupation du sol « forêt ». En effet, ce manuel a été construit durant les phases de numérisation des forêts anciennes du parc national des Ecrins. Par extension, la cartographie des autres classes d'occupation du sol (agriculture, prairies, etc.) se fera selon la même méthode.

- Nous encourageons les utilisateurs de ce manuel à prendre contact avec les auteurs afin de contribuer à l'homogénéisation de la digitalisation de la carte d'état-major dans diverses régions de France. Nous serions aussi intéressés par des retours des utilisateurs sur les difficultés rencontrées avec cette méthode QGIS. De même, les avancées de QGIS (nouvelles versions, amélioration des fonctions etc.) pourraient rendre certains traitements encore plus faciles.

- Contacts :

Etienne Pfister, etienne.pfister68@gmail.com

Julien Guilloux, julien.guilloux@ecrins-parcnational.fr

- Lien vers la page GitHub "[Forêts anciennes et QGIS](#)" du Parc national des Ecrins pour télécharger ce manuel et ses mises à jour. Un forum est également disponible.

Table des matières

Avant propos.....	2
1.Préparation des cartes d'état-major.....	4
1.1.Intégration de la projection de Bonne dans QGIS.....	4
1.2.Téléchargement des cartes d'état-major sur le Géoportail IGN.....	5
1.3.Découpage de la carte d'état-major dans QGIS.....	7
1.4.Difficultés de découpage des cartes d'état-major, utilisation de GIMP.....	9
1.5.Géoréférencement simple de l'image .tif découpée.....	14
2.Vectorisation des forêts sur les cartes d'état-major.....	18
2.1.Le plugin Historical Map.....	18
2.2.Historical Map en trois étapes.....	19
a)Filtrage de l'image.....	19
b)Création des ROIs (Regions Of Interest).....	20
c)Classification automatique de l'image filtrée.....	22
3.Optimisation de la classification automatique et des traitements SIG.....	25
3.1.Les erreurs de classification.....	25
3.2.Les contraintes topologiques.....	25
4.Un exemple de croisement entre la couche des forêts anciennes et la BD Forêt.....	27
4.1.Préparation de la BD forêt de l'IGN.....	27
4.2.Croisement des couches vecteur.....	27
5.Compléments à Historical Map.....	29
5.1.Complément au filtrage.....	29
5.2.Complément à la classification automatique.....	30
5.3.Installation et aides complémentaires au plugin Historical Map.....	30

Aide à la lecture du manuel :

- En bleu, le chemin d'accès à certaines fonctions est donné depuis le menu puis avec les sous-menus.

Menu : Raster → Extraction → Découper

- En vert, des explications complémentaires sont fournies mais restent facultatives

Complément aux SCR

1. Préparation des cartes d'état-major

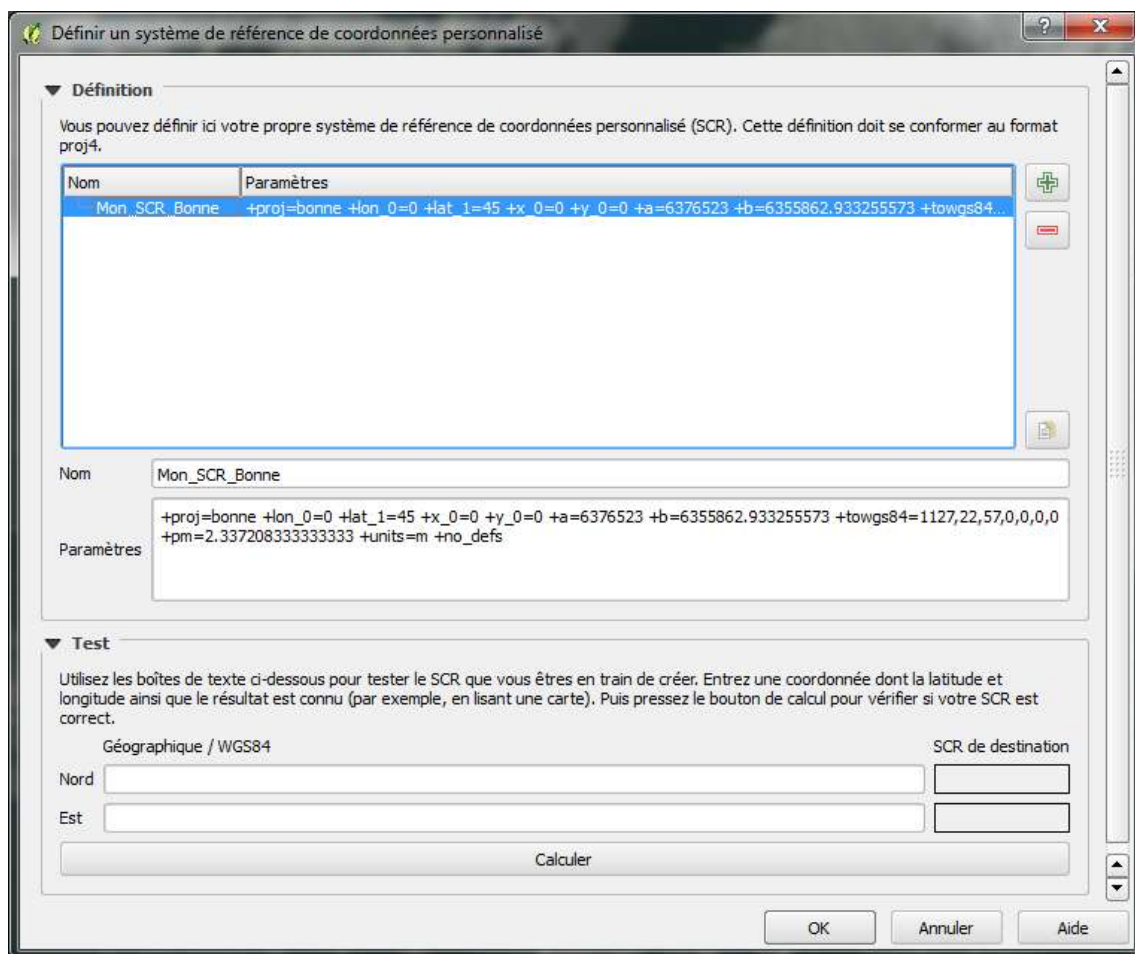
1.1. Intégration de la projection de Bonne dans QGIS

Les cartes d'état-major ont été réalisées dans les années 1850 en utilisant la projection de Bonne. Ce système de coordonnées ne figure pas dans la liste des SCR (Systèmes de Coordonnées de Référence) proposée par défaut dans QGIS. Il convient simplement de l'ajouter :

Menu : Préférences → Projection personnalisée

- Cliquez sur l'icône **+** pour créer un nouveau système de coordonnées,
- Donnez lui un nom : « Mon_SCR_Bonne » par exemple,
- Copiez le texte ci-dessous et collez-le dans la case Paramètres,

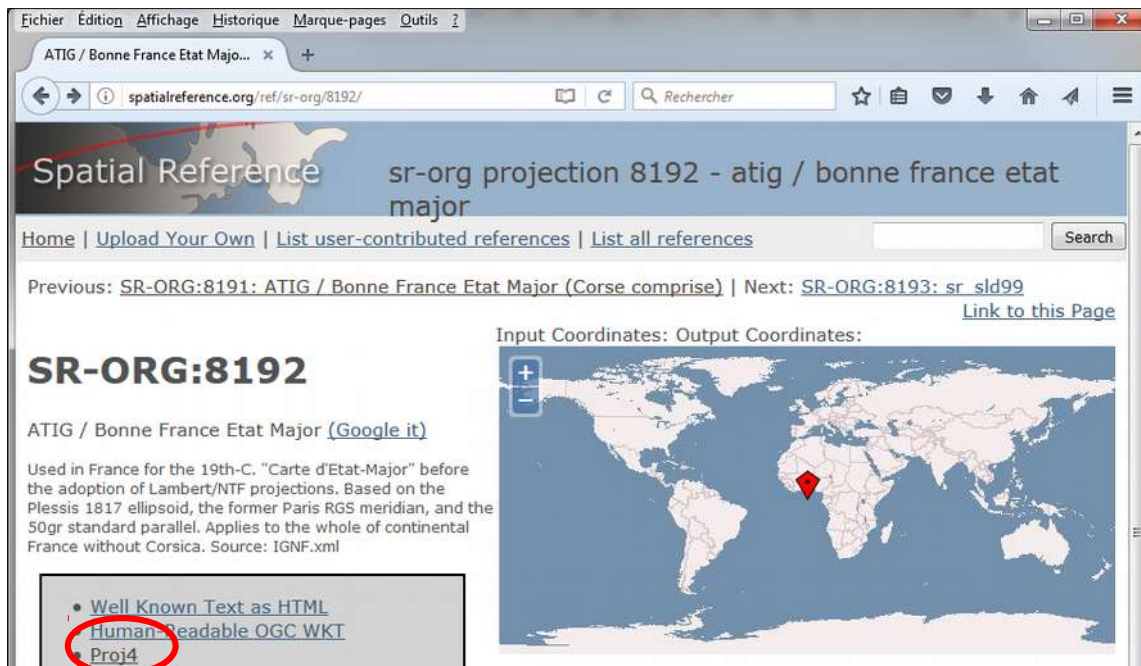
```
+proj=bonne +lon_0=0 +lat_1=45 +x_0=0 +y_0=0 +a=6376523 +b=6355862.933255573  
+towgs84=1127,22,57,0,0,0,0 +pm=2.337208333333333 +units=m +no_defs
```



- Cliquez sur OK, vous disposez désormais du SCR de Bonne dans QGIS.

Complément aux SCR

- Nous avons récupéré les paramètres de la projection de Bonne sur le site spatialreference.org. Ce site recense l'ensemble des systèmes de projection. Il suffit de chercher « Bonne » dans la barre de recherche du site, puis de sélectionner le SCR Bonne France Etat Major, également numéroté SR-ORG:8192.
- QGIS utilise la nomenclature de la librairie [Proj4](http://proj4.org) pour stocker les systèmes de coordonnées, nous affichons donc les paramètres au format Proj4 afin de les copier :



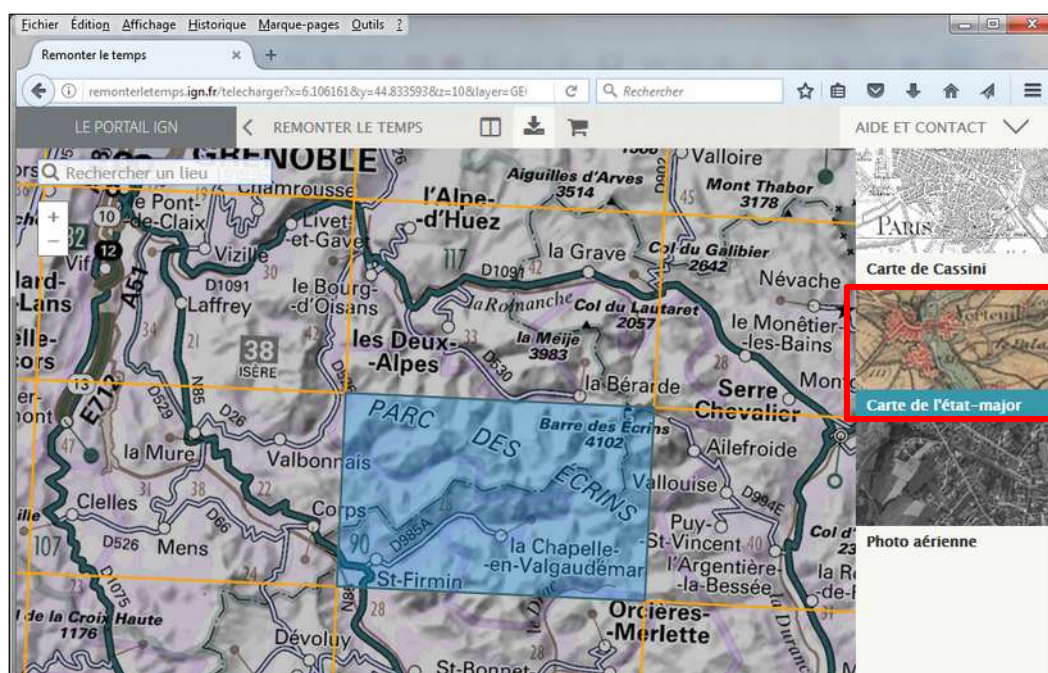
```
+proj=bonne +lon_0=0 +lat_1=0 +x_0=0 +y_0=0 +a=6376523 +b=6355862.933255573
+towgs84=1127,22,57,0,0,0,0 +pm=2.337208333333333 +units=m +no_defs
```

Attention : les coordonnées fournies par *spatialreference.org* prennent l'équateur comme parallèle de référence (lat_1=0). Il convient de changer la latitude afin de prendre comme référence le **45ème parallèle** qui est utilisé pour les cartes d'état-major françaises :

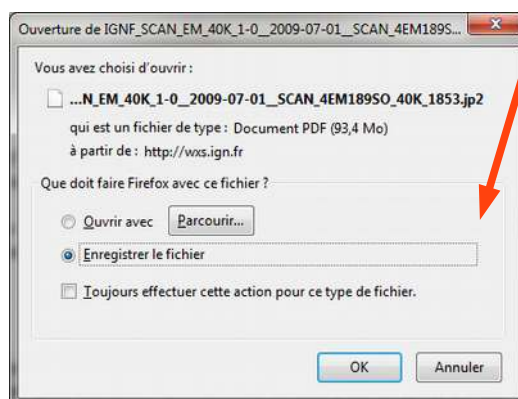
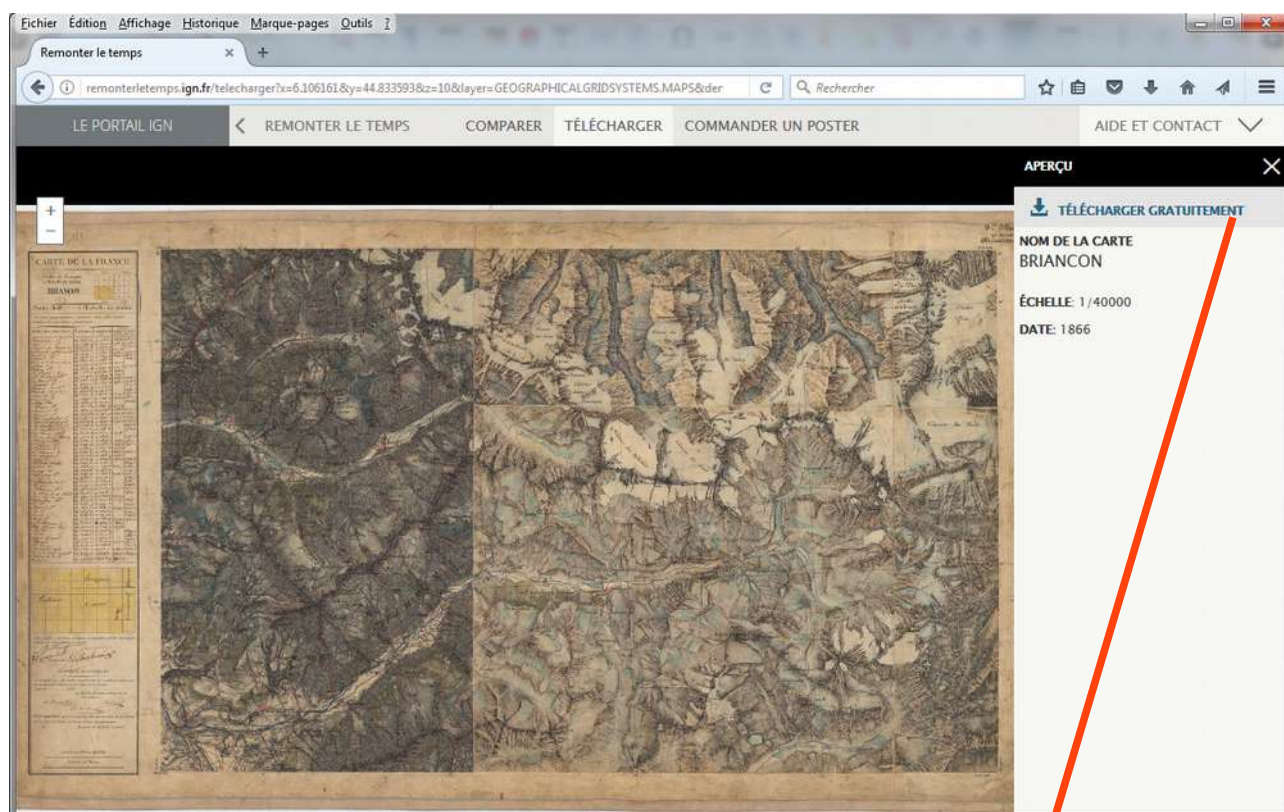
```
+proj=bonne +lon_0=0 +lat_1=45 +x_0=0 +y_0=0 +a=6376523 +b=6355862.933255573
+towgs84=1127,22,57,0,0,0,0 +pm=2.337208333333333 +units=m +no_defs
```

1.2. Téléchargement des cartes d'état-major sur le Géoportail IGN

IGN propose le Géoportail générique ou, ci-dessous, le portail des données anciennes [Remonter le temps](#) :



Sur l'image précédente, la grille orange présente toutes les cartes d'état-major de France. Cliquez sur la carte d'état-major désirée. La carte s'ouvre avec son menu de téléchargement :



La carte est téléchargée : le fichier image est proposé au format jpeg 2000, abrégé en .jp2

Complément au téléchargement des cartes d'état-major (Dupouey, 2012)

La France a été cartographiée sur 272 feuilles de 64 km x 40 km. Chaque feuille est découpée en 4 quarts, nommés NO, NE, SO et SE selon son orientation. Chaque quart de feuille téléchargée couvre une zone de 32 km en longitude et 20 km en latitude et a une taille de 80 cm x 50 cm. Il y a au total 976 quarts de feuille couvrant le territoire français de l'époque.

L'intitulé de la carte d'état-major est contenu dans le nom du fichier. Pour le fichier

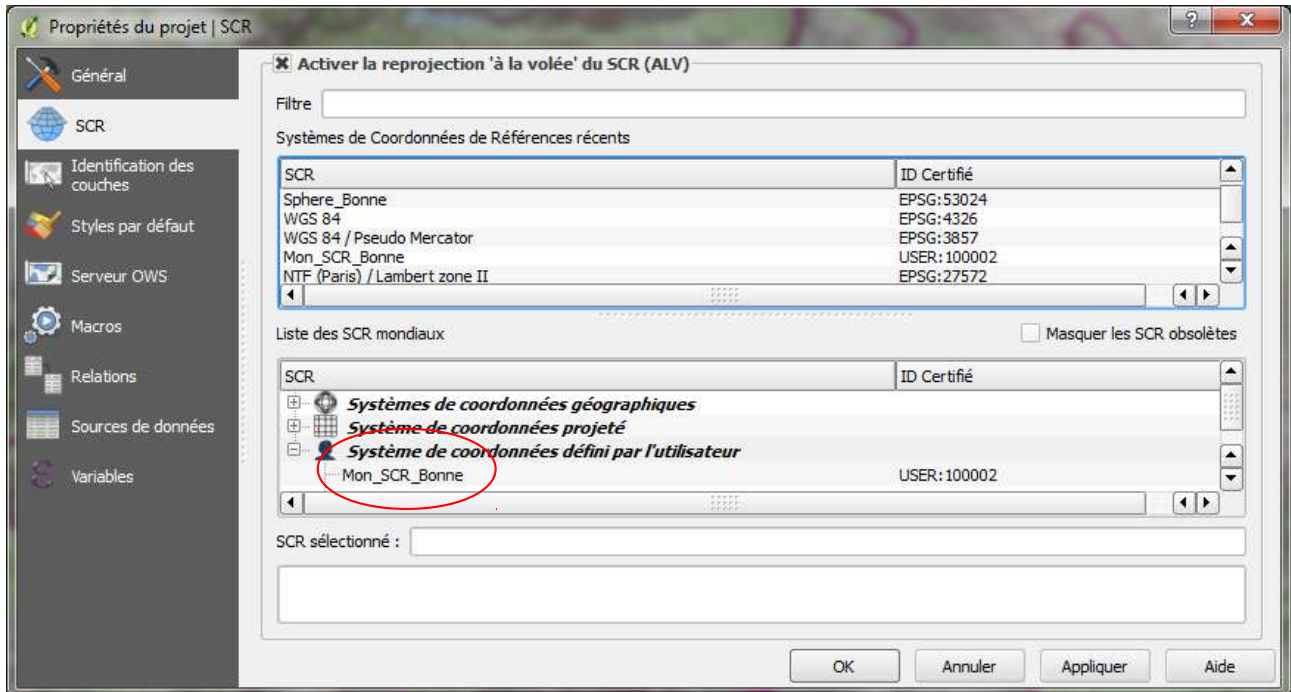
« ...Scan_4EM189SO_40K... » :

- l'intitulé de la carte est 189SO,
- 189 est le numéro de la feuille,
- SO est le quart de feuille.

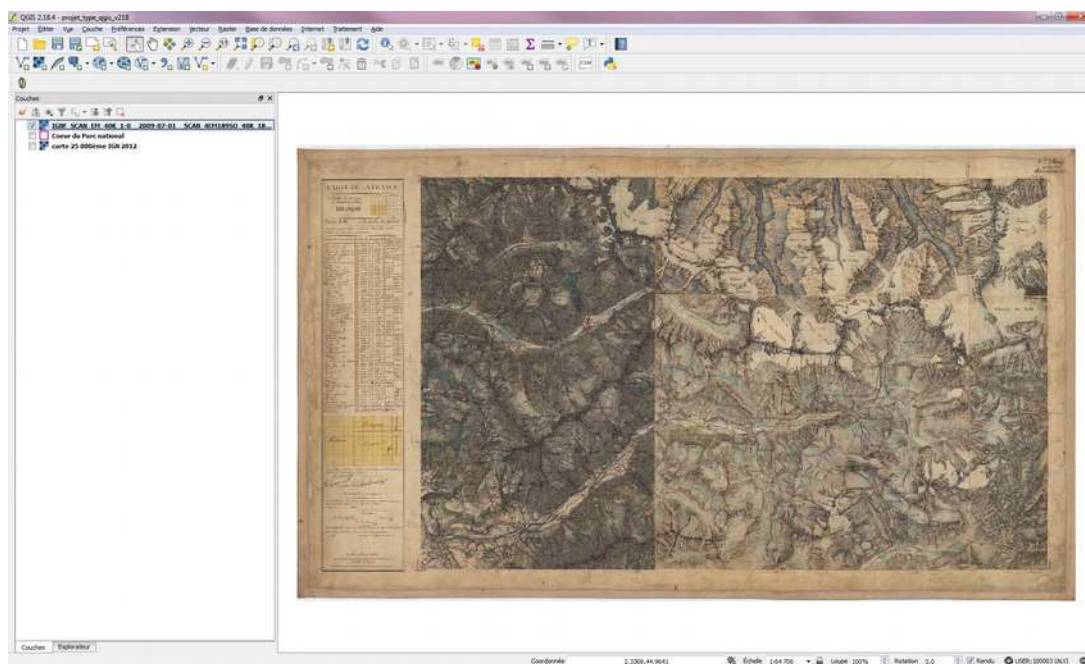
1.3. Découpage de la carte d'état-major dans QGIS

Nous vous conseillons de démarrer un nouveau projet QGIS et d'utiliser la projection de Bonne que vous avez ajoutée dans QGIS :

Menu : **Projet** → **Propriétés du projet** → **SCR**



Ouvrez la carte d'état-major (image au format .jp2) que vous avez téléchargé sur le portail IGN. QGIS demande de spécifier le SCR de cette image. Choisissez votre SCR de Bonne, même si l'image .jp2 n'est pas géoréférencée pour le moment.



Ouverture de la carte d'état-major téléchargée sur le Géoportail IGN

Notez les coordonnées de Bonne inscrites sur les 4 coins de la carte :

20 000



Zoom sur un coin d'une carte d'état-major
X = 320000 et Y = 0

40 000

288 000

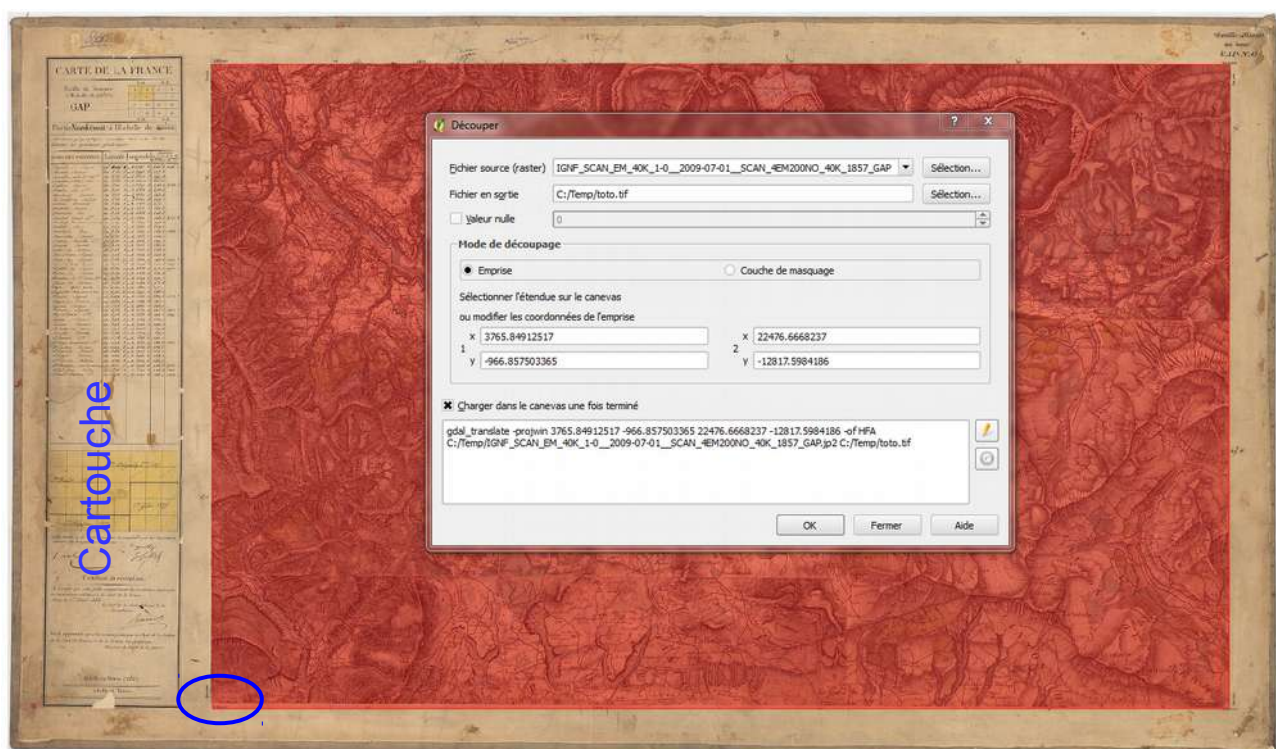
320 000

Vous constatez que les cartes d'état-major ont une emprise de 32 000 m (32 km) de large et 20 000 m (20 km) de haut. Le système de Bonne est en effet un système de coordonnées exprimé en mètre.

Le découpage de l'image va permettre de ne garder que la carte, en supprimant les bordures du papier et en supprimant le cartouche. Seule la carte est utile, que ce soit pour alimenter votre bibliothèque de fonds de carte ou que ce soit pour vectoriser l'occupation du sol à partir de la carte.

Menu : Raster → Extraction → Découper...

La souris prend l'apparence d'un pointeur **+** afin de tracer un cadre d'emprise (en rouge).

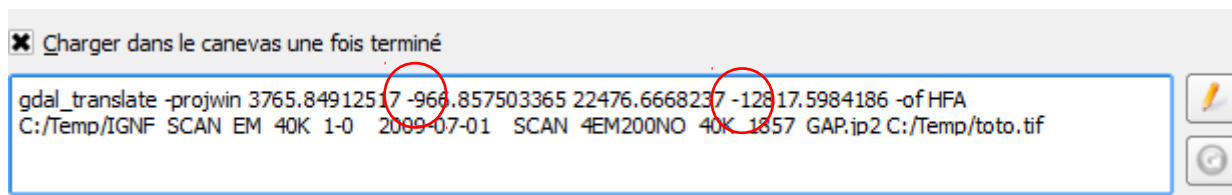



Découpage de l'emprise souhaitée (cadre en rouge).

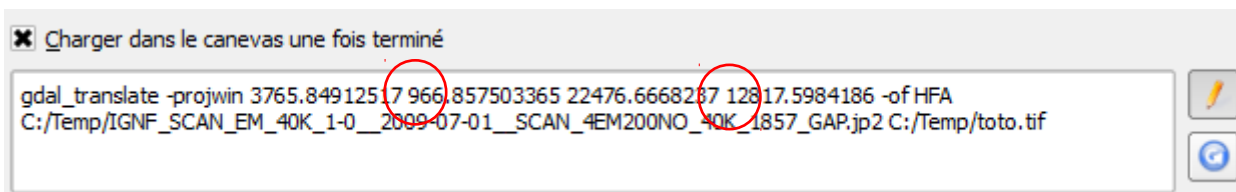
Après avoir tracé le cadre rouge à la souris, affinez l'emprise en changeant les valeurs X et Y des coins :

- zoomez sur un coin de la carte (la molette de la souris est très pratique !),
- augmentez ou diminuez les valeurs X et Y (pour le coin en bas à gauche il s'agira des valeurs X1 et Y2). Vous voyez alors le cadre d'emprise rouge s'adapter aux valeurs saisies.
- vérifiez les conséquences de vos changements en zoomant sur les autres coins.

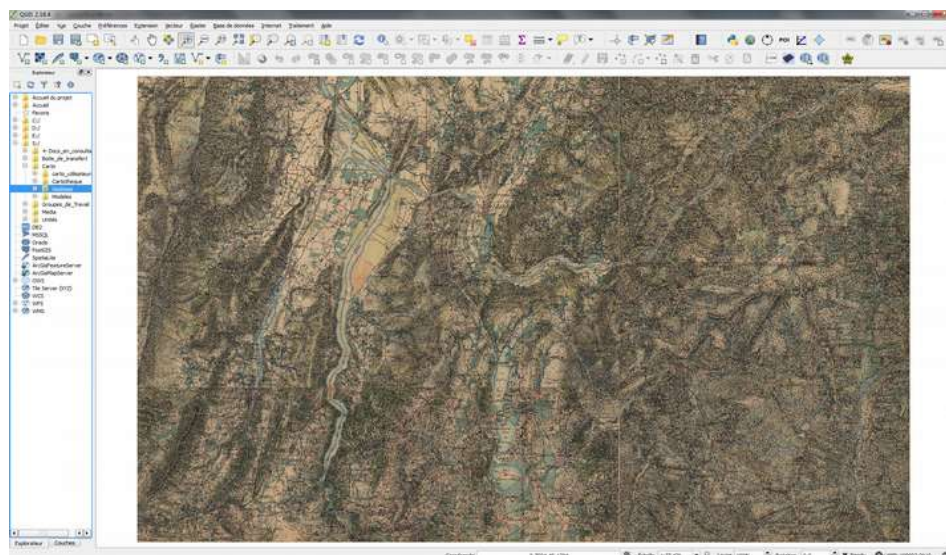
Attention : la fonction de découpage (il s'agit d'une fonction de la librairie GDAL) demande des chiffres en valeur absolue. Or, l'interface QGIS renvoie les valeurs négatives de l'image .jp2 (entourées en rouge ci-dessous) :



Il convient de modifier manuellement ces valeurs négatives. Cliquez sur  afin de modifier le texte :
Supprimez simplement les –
Veillez à conserver l'espace entre la valeur X et la valeur Y, on obtient alors :



Lancez le découpage, une nouvelle image est générée au format .tif :



Une image découpée au format .tif. Les bordures et le cartouche ont été supprimés

1.4. Difficultés de découpage des cartes d'état-major, utilisation de GIMP

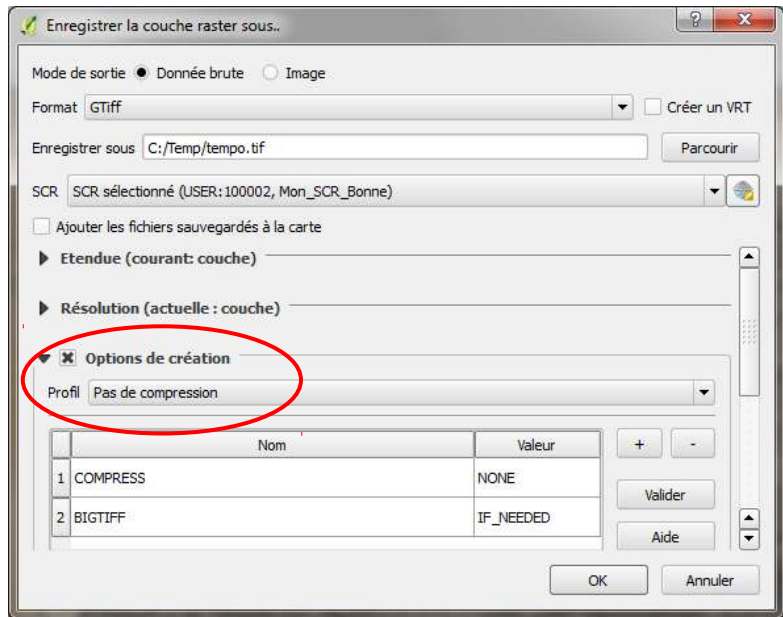
Dans le cas d'une feuille d'état-major qui comprend une carte de travers (exagération énorme et fictive ici...), nous vous conseillons de préparer la carte avec un logiciel de traitement d'image, tel que [GIMP](#).

Les logiciels de traitement d'image ne travaillent pas au format .jp2 livré par l'IGN. Commencez donc par exporter votre fichier .jp2 au format .tif :



Clic droit sur la couche raster .jp2 puis « Enregistrez sous »

Attention : Ne pas compresser l'image !



Ouvrez votre image .tif dans le logiciel GIMP :

La boîte à outils de GIMP :

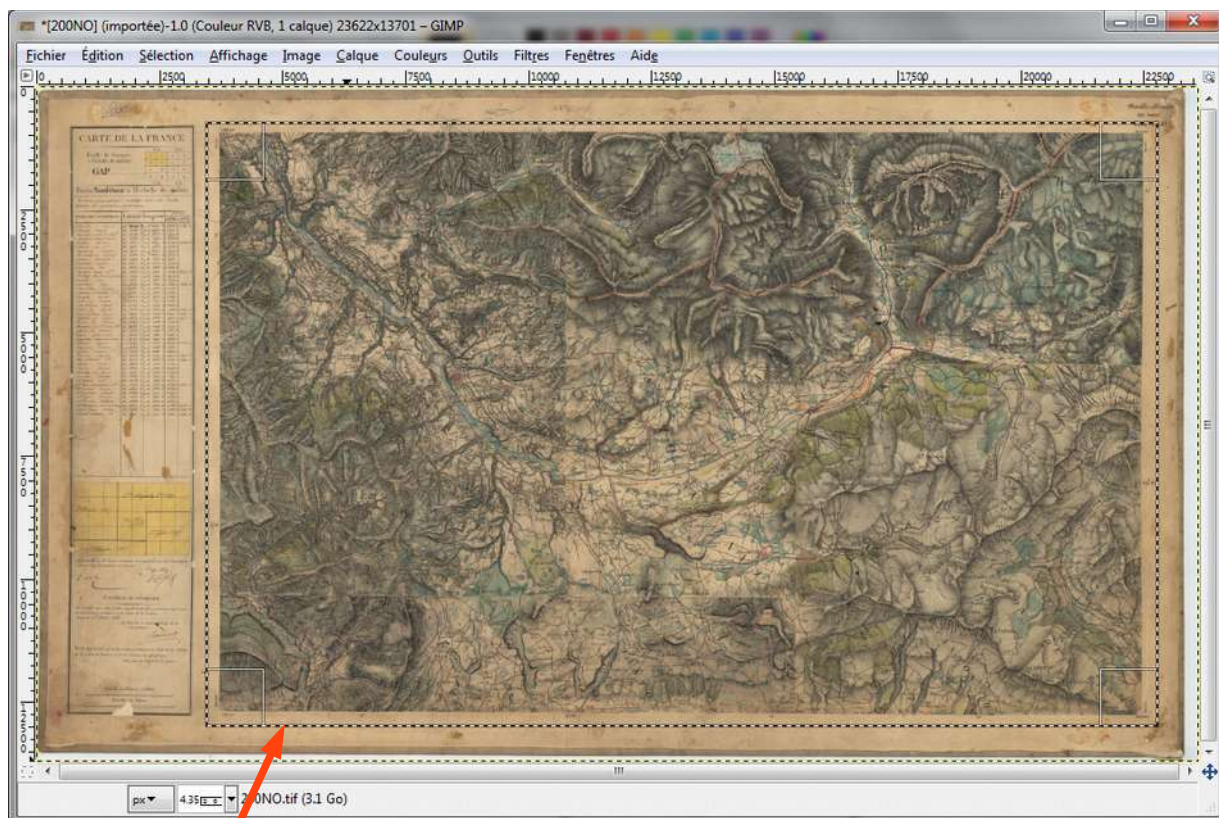
Outil de **Sélection / découpe**

Outil de **Rotation**



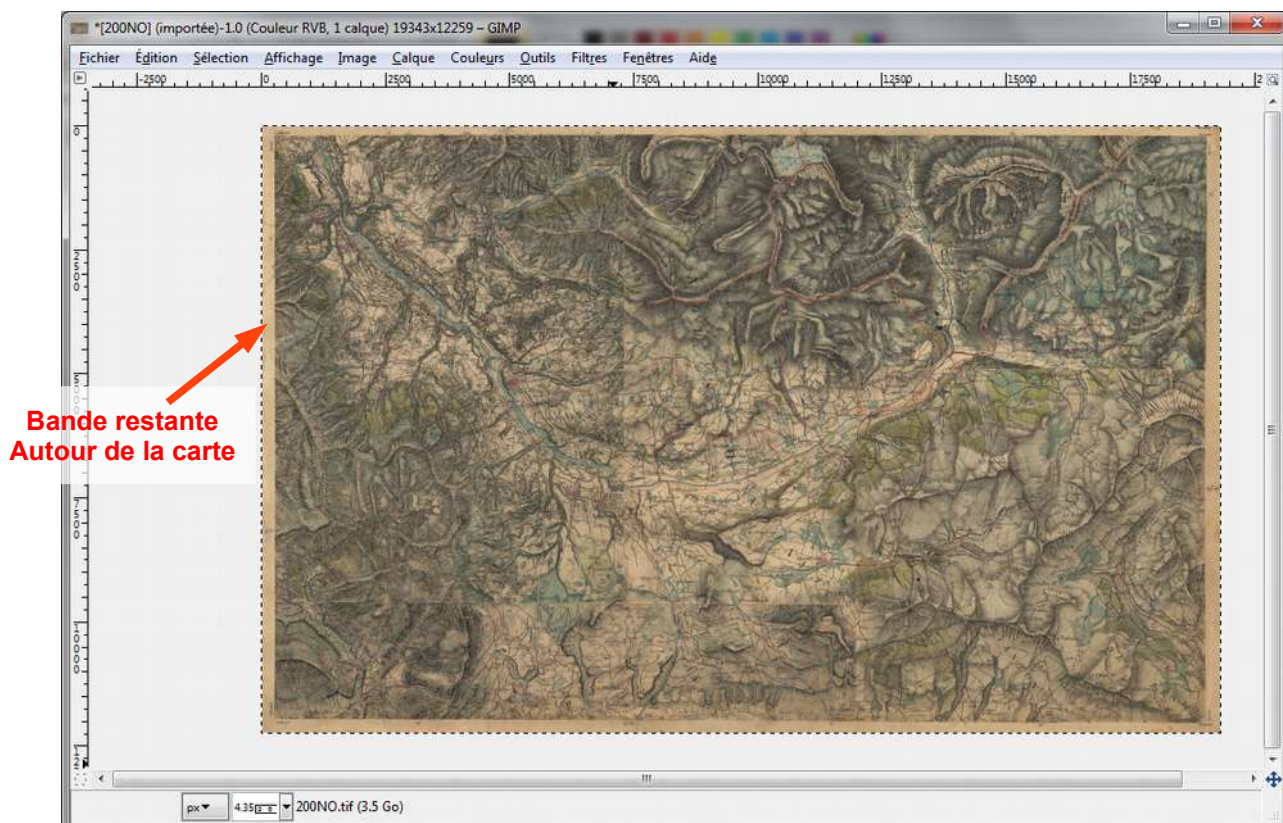
Pour vous déplacer avec l'outil **Zoom** (loupe), le zoom est positif par défaut. Appuyez simplement sur la touche **Ctrl** de votre clavier pour passer en zoom négatif.

Avec l'outil de sélection, effectuez un premier découpage afin de conserver la carte et de supprimer le cartouche :



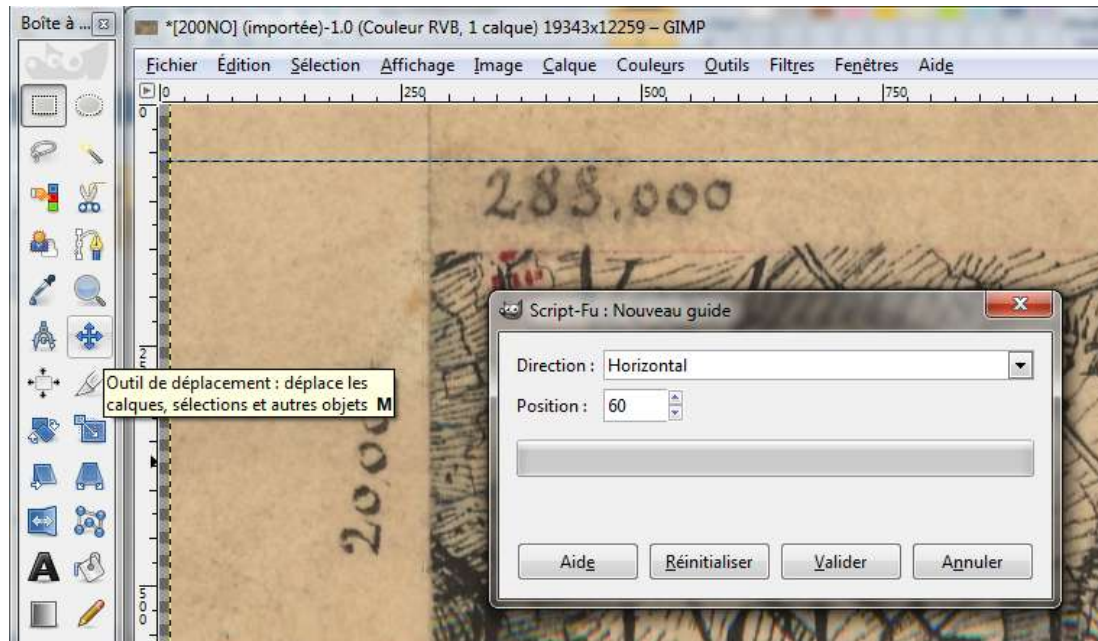
Avec l'outil de sélection entourez la carte. Veillez à ce que la bande de « papier » restante autour de la carte soit de même largeur sur les quatre côtés. En effet, la rotation qui sera réalisée par la suite utilisera (par défaut) le centre de la sélection.

Menu : Image → Rogner selon la sélection



Avec l'outil de rotation, donnez un angle précis afin que la carte soit la plus droite possible.
Le choix de l'angle sera facilité en positionnant des guides verticaux et/ou horizontaux :

Menu : Image → Guides → Nouveau guide...

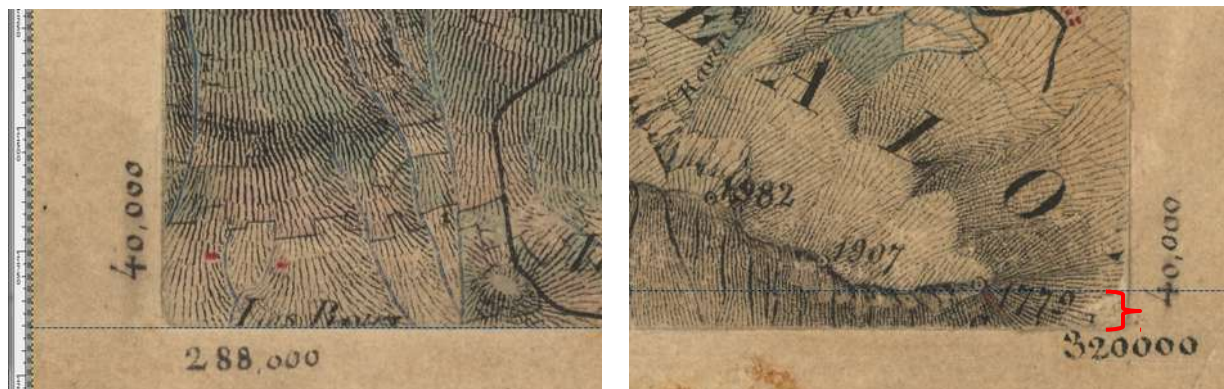


Ici, un guide (pointillés bleus) a été placé horizontalement à 60 pixels du haut.

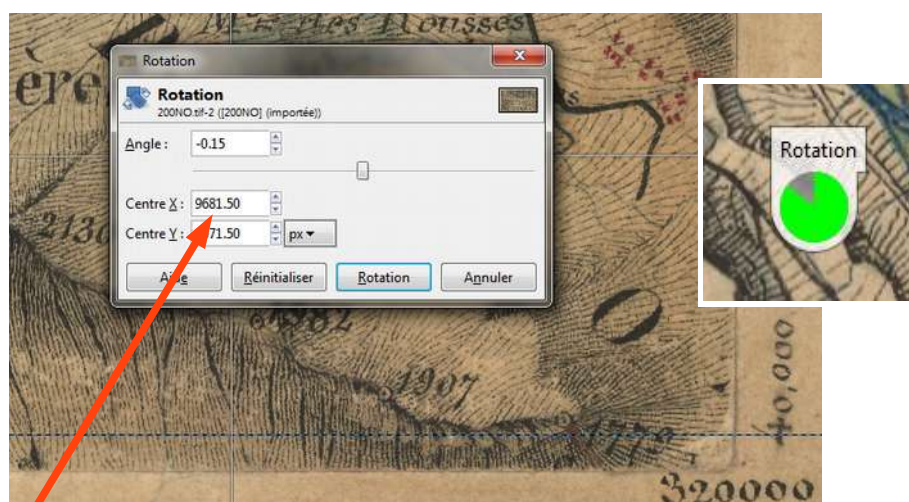
Avec l'outil de déplacement (le guide devient rouge), positionnez le guide en bordure de votre carte, ici la bordure supérieure :



Lorsque nous comparons les deux extrémités d'un même guide, la rotation de la carte apparaît :



Procédez à différents tests de rotation, avec des contrôles de résultats sur les coins de la carte. Dans notre cas, nous lançons au final une rotation de -0.15° :



Le centre de l'image sert de point de rotation :



Procédez enfin au découpage finale de votre carte afin de retirer la bande restante autour de la carte :

Outil **Sélection** puis **Rognez selon la sélection**.

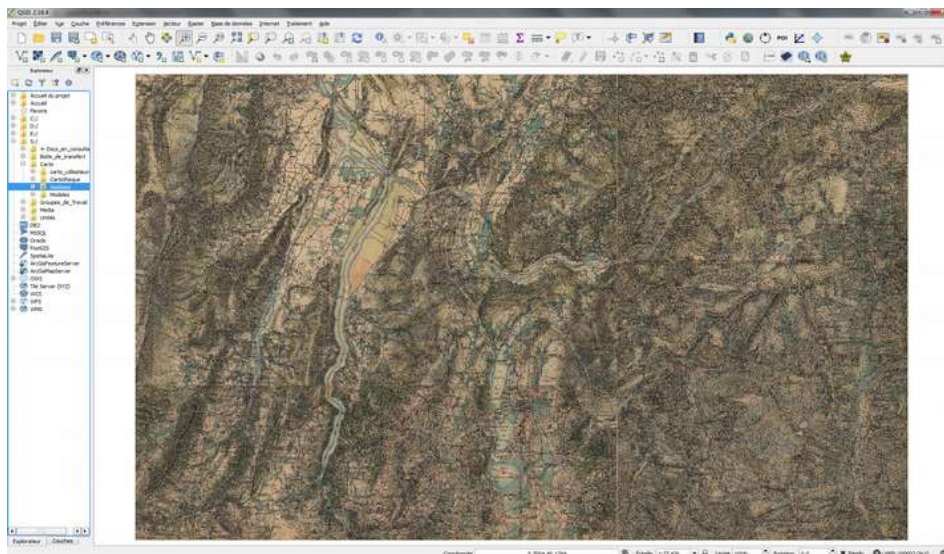
Votre image .tif est prête pour retourner dans QGIS et être géoréférencée.

Attention :

Nous avons proposé ci-dessus une méthode simple de redressement et de découpage de l'image avec GIMP. Toutefois, votre carte d'état-major peut présenter des déformations importantes. Selon votre exigence de précision, une correction géographique de la carte en bonne et due forme peut être nécessaire. Les grands principes de la correction géographique sont disponibles dans le manuel INRA, pour ArcGIS. La méthode pour QGIS reste similaire. Il conviendrait de la déployer dans ce manuel pour QGIS...

1.5. Géoréférencement simple de l'image .tif découpée

Ouvrez l'image .tif que vous avez découpé. QGIS demande de spécifier le SCR de cette image. Choisissez votre SCR de Bonne, même si l'image .tif n'est pas géoréférencée pour le moment.



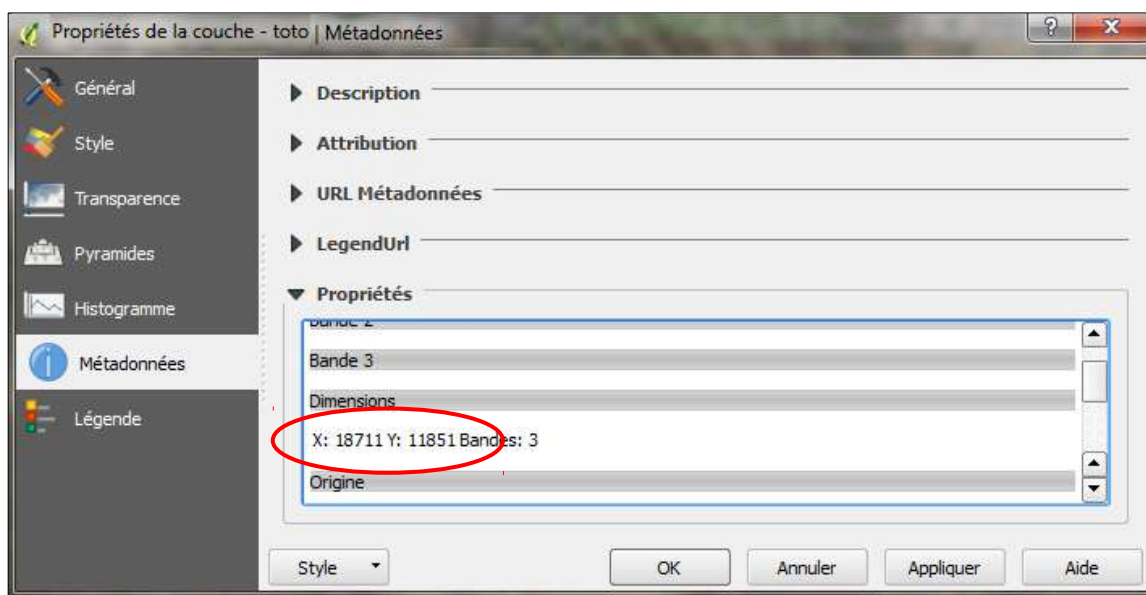
Une image découpée au format .tif. Les bordures et le cartouche ont été supprimés

Le géoréférencement de phase 0, comme indiqué dans le manuel de vectorisation INRA, permet de géoréférencer une image raster en déclarant les coordonnées des 4 coins de la carte. Il n'y a pas de déformation de l'image raster car il s'agit d'un simple calage : les valeurs de l'image en pixel vont simplement être reportées en coordonnées géographiques de Bonne.

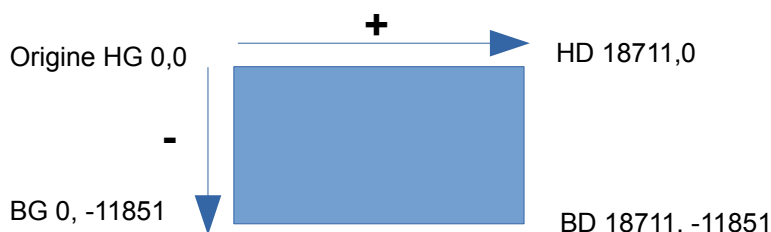
En ce qui concerne les valeurs en pixels :

Les métadonnées indiquent le nombre de colonnes (X) et de lignes (Y) de l'image .tif.

Clic droit sur la couche → Propriétés → Métadonnées



En nomenclature .tif, l'origine d'une image est le pixel situé en Haut à Gauche (0,0). Nos 4 coins de l'image tif ont donc pour valeur de pixel X,Y :



En ce qui concerne les coordonnées de Bonne :

Nous avons déjà noté les coordonnées des coins sur la carte d'état-major (image .jp2 de l'IGN) :



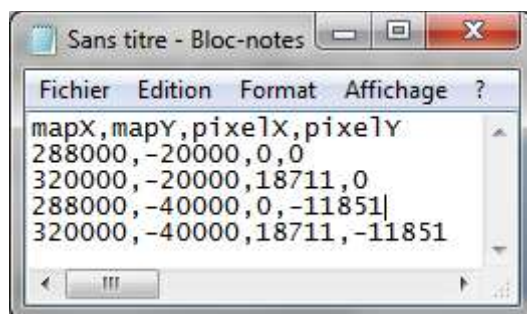
Notez que les valeurs de Bonne en Y sont, dans notre cas, de 20 000 en haut et de 40 000 en bas. En effet, la latitude de référence de Bonne en France est le **45ème parallèle**. Les cartes d'état-major qui sont situées sous le 45ème parallèle voient donc leurs valeurs Y augmenter vers... le bas. C'est le cas de notre carte située dans le parc national des Ecrins.

Il est d'usage de ne pas mettre le signe négatif sur les cartes papier. Toutefois, le traitement informatique devra contenir les « vraies » valeurs négatives : -20 000 et -40 000.

Création du fichier des points de contrôles (ou fichier de correspondance) :

Ce fichier établit la correspondance entre les coordonnées de Bonne d'un côté et les valeurs de pixels de l'autre côté.

La méthode la plus simple (et la plus efficace !) est de créer le fichier avec le bloc note. On utilisera la virgule pour simuler les 4 colonnes du tableau (mapX, mapY, pixelX, pixelY). On saisit les 4 coins, ici dans l'ordre Haut Gauche, puis Haut Droit, puis Bas Gauche, puis Bas Droit (l'ordre n'a pas d'importance) :



Idem ci-dessous, pour copie dans votre bloc-notes :

```
mapX,mapY,pixelX,pixelY
288000,-20000,0,0
320000,-20000,18711,0
288000,-40000,0,-11851
320000,-40000,18711,-11851
```

Enregistrez ce « fichier des points de contrôle » sous le **MEME NOM** et dans le **MEME REPERTOIRE** que votre image .tif :

toto.tif → nom de l'image raster découpée
toto.tif.points → nom du fichier des points de contrôle

Ouvrez l'outil de géoréférencement de QGIS :

Menu : Raster → Géoréférencer → Géoréférencer...

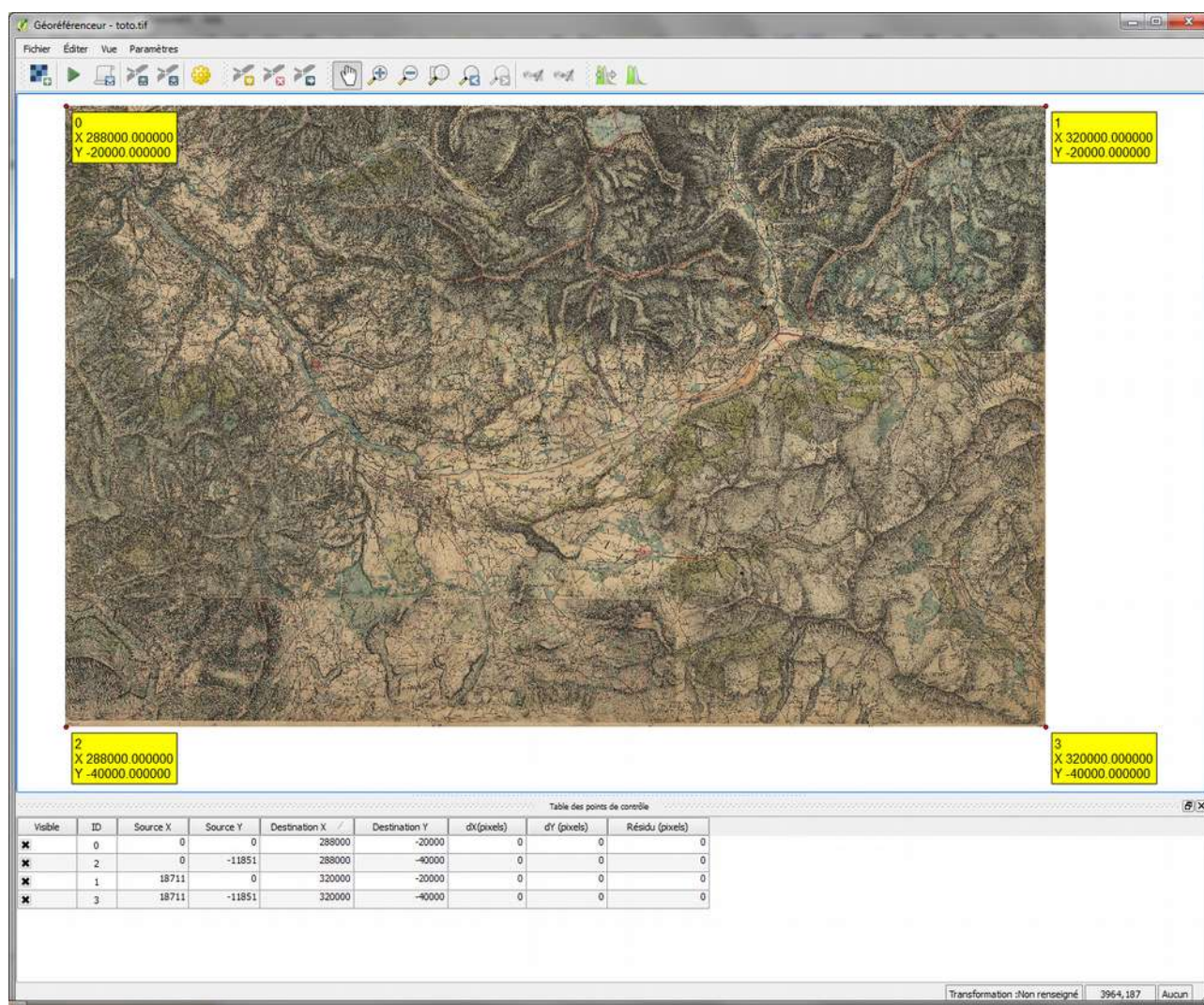
Dans le géoréférencement, ouvrez votre image .tif. QGIS demande de spécifier le SCR de cette image.

Choisissez votre SCR de Bonne, même si l'image .tif n'est pas géoréférencée pour le moment.

Vous constatez que le fichier des points de contrôle s'ouvre automatiquement car il porte le même nom que l'image.

Menu : Paramètres → Configurer Géoréférencement...

QGIS permet d'afficher, à titre indicatif, les points de contrôles dans un encadré jaune :



Les coordonnées en Bonne dans les encadrés jaunes + le tableau des points de contrôle (créé au bloc-notes) en dessous.

Vous pouvez zoomer et déplacer vos points de contrôles pour affiner leur localisation :



**Menu : Paramètres →
Paramètres de transformation...**

Le type de transformation est Linéaire.

Le SCR cible est votre SCR de Bonne.

Pensez à définir la taille des pixels en sortie :
nous avons fait le choix de générer des pixels de 2
mètre de large.

En nomenclature tif :

- la taille du pixel en X est positive (2),
- la taille du pixel en Y est négative (-2).

Validez et fermez cette fenêtre de paramétrage.

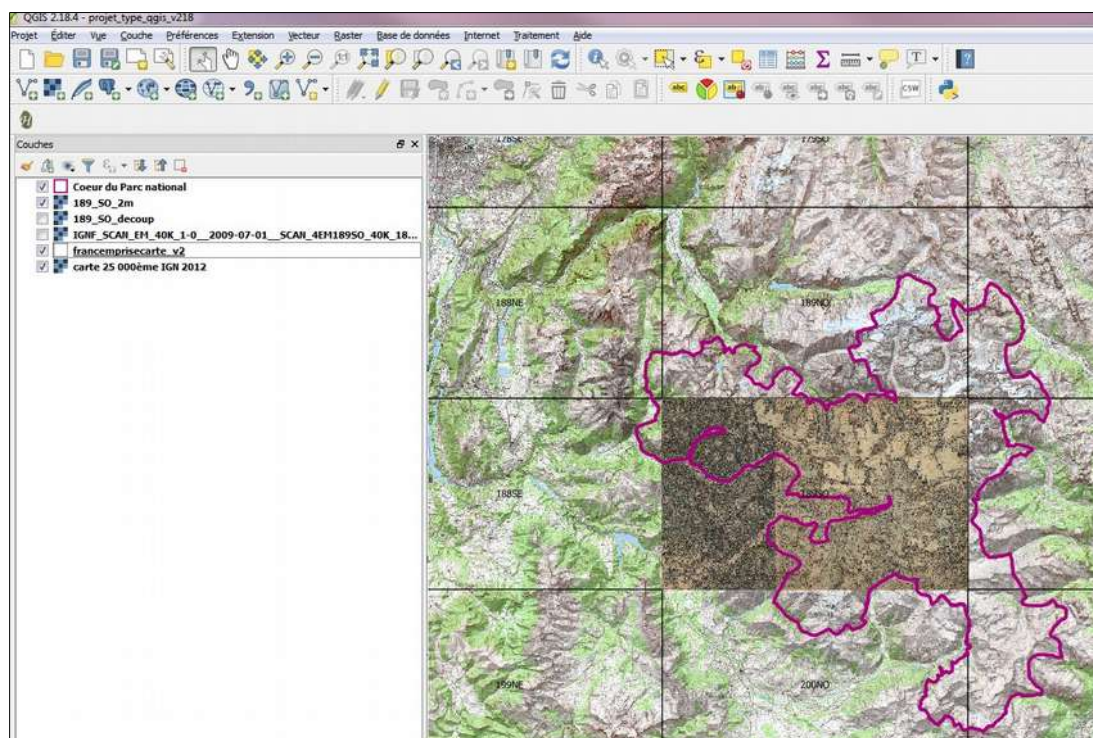


Menu : Fichier → Débuter le géoréférencement



Lancez le géoréférencement.

Une nouvelle image, au format GéoTif (cad au format .tif géoréférencé) est créée. Cette image se superposera avec vos différents fonds de carte, ci-dessous avec la carte IGN au 25 000ème. Vous pouvez également afficher la grille nationale des cartes d'état-major, cette couche vecteur contient en effet le nom des quarts de feuille :



Complément au géoréférencement

Nous avons présenté le géoréférencement de phase 0 (simple calage) avec QGIS. Le géoréférencement couplé à une correction géographique de la carte d'état-major n'a pas été traité. Nous vous conseillons de toujours faire un simple calage afin de juger si une correction géographique serait nécessaire.

Les grands principes de la correction géographique sont disponibles dans le manuel INRA, pour ArcGis. La méthode pour QGIS reste similaire. Il conviendrait d'ajouter à ce manuel QGIS un chapitre « 1.6 Géoréférencement avec correction géographique de la carte d'état-major »...

2. Vectorisation des forêts sur les cartes d'état-major

Dans le manuel INRA, la vectorisation des forêts sur les cartes d'état-major est réalisée à la main. Nous proposons ici une méthode semi-automatique en utilisant le plugin Historical Map pour QGIS.

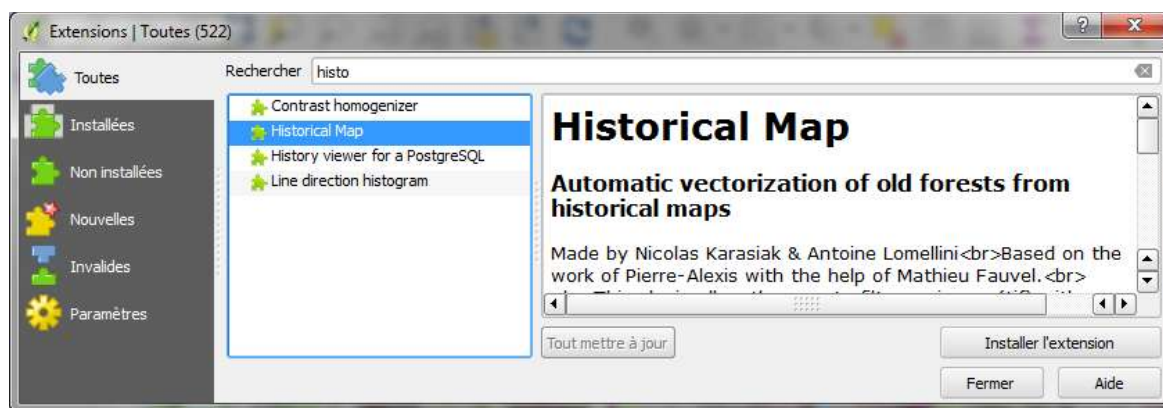
Nous avons choisi (chapitre 1.4) de produire une image géoréférencée avec une taille de pixel de 2 mètres. Cette taille de pixel génère un fichier de 460 Mo environ pour une carte d'état-major. Cette taille ne pose pas de problèmes de puissance pour un ordinateur en général et pour Historical Map en particulier.

Ce « grain » de 2 mètres nous semble également adapté à la « précision » relative des cartes d'état-major. Si vous produisez une image géoréférencée avec un pixel de 2.5 mètres ou de 3 mètres, les résultats générés par Historical Map resteront assez similaires, comparé au grain de 2 mètres. A partir d'un grain de 4 à 5 mètres, vous perdez toutefois le bénéfice du scan assez fin proposé par l'IGN (fichier téléchargé en .jp2 sur le Géoportail IGN).

2.1. Le plugin Historical Map

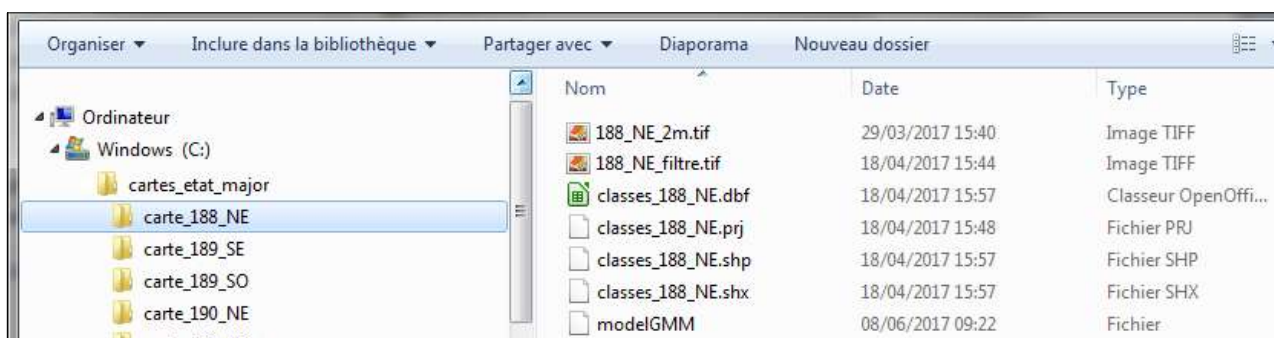
Ce plugin a été développé en 2016 par Nicolas Karasiak et Antoine Lomellini. Installez Historical Map en utilisant les extensions pour QGIS :

Menu : **Extension** → **Installer / gérer les extensions**



Attention :

Le plugin Historical Map demande à ce que les fichiers à traiter soient présents dans un **MEME REPERTOIRE**. Ainsi, nous vous conseillons de créer un répertoire par quart de feuille d'état-major. Dans ce répertoire, vous placerez la carte d'état-major géoréférencée. Puis vous enregistrerez l'ensemble des fichiers créés par Historical Map.



Le répertoire *carte_188_NE* comprend l'image .tif géoréférencée à 2 mètres, l'image .tif filtrée (produite par Historical Map à l'étape 2.2), la shape des ROIs (étape 2.3), le modèle de classification automatique, etc.

Attention : à l'enregistrement, Historical Map ne sélectionne pas automatiquement le répertoire concerné. Sélectionnez bien votre chemin d'enregistrement à chaque sauvegarde !

2.2. Historical Map en trois étapes

Pour vectoriser la carte d'état-major de manière semi-automatique, Historical Map demande trois étapes :

- la première étape consiste à filtrer l'image afin de supprimer les éléments parasites de la carte d'état-major,
- la seconde étape porte sur la création des ROIs (Regions of Interest). Les ROIs sont des échantillons qui vont servir à classer automatique l'ensemble pixels. Par exemple, certains pixels de teinte ± verte seront sélectionnés afin de classer l'ensemble des pixels relatif à l'occupation du sol « forêts ».
- la troisième étape lance la classification elle même.

Ces trois étapes sont décrites dans les chapitres suivants.

a) Filtrage de l'image

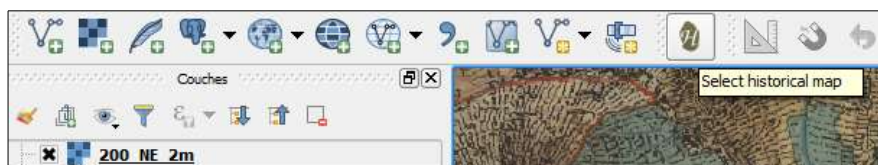
L'objectif du filtrage est d'adoucir la carte d'état-major afin de mieux différencier les éléments entre eux : cultures, forêts, bâti etc... Les techniques de filtrage d'une image ([closing filter](#), [median filter](#)) consistent à modifier la valeur d'un pixel en fonction de la valeur des pixels voisins. Ainsi, les courbes de niveau et les écritures sur la carte d'état-major seront « gommées et prendront la valeur » des pixels voisins.

Nous vous conseillons de démarrer un nouveau projet QGIS et d'utiliser votre projection de Bonne par défaut. Ouvrez votre image .tif géoréférencée. Votre image est bien géoréférencée, toutefois QGIS ne l'associe pas à votre SCR « Mon_SCR_Bonne », ce qui peut poser des problèmes de reprojection à la volée. Une simple déclaration de SCR suffit :

Clic droit sur la couche raster puis « Définir le SCR de cette couche »

Ouvrez Historical Map :

**Menu : Raster →
Historical Map →
Select historical map**



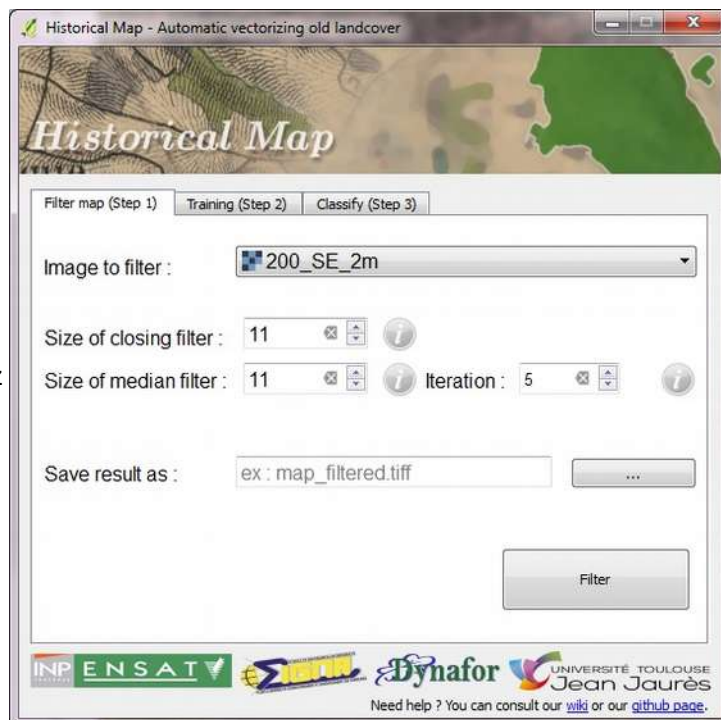
Sélectionnez votre image dans
« Image to filter », ici 200_SE_2m.

Réglez les valeurs des filtres :
« Size of closing filter » (1 à 11),
« Size of median filter » (1 à 11),
Plus la taille des filtres est élevé, plus la carte
sera adoucie et le traitement facilité. Toutefois,
la création de l'image filtrée sera plus longue.

Déterminez le nombre d'« itération » (1 à 5),
c'est à dire le nombre de fois ou vous repassez
les filtres.

Une nouvelle image va être créée,
l'opération peut prendre plusieurs dizaines de
minutes.

Attention : enregistrez l'image filtrée dans le
même répertoire que le reste des fichiers
utilisés (cf. chapitre 2.1). La nommer par
exemple « 200_SE_filtre.tif ».



Extrait d'une carte d'état-major avant et après filtrage :



La plupart des détails noirs a été gommé (traits de pente, toponymie etc.). On distingue ainsi plus nettement les différentes nuances de couleurs. La création des ROIs (prochaine étape) va être facilitée.

b) Création des ROIs (Regions Of Interest)

Après avoir générer une image filtrée, cette étape consiste à créer manuellement des Regions Of Interest (ROIs). Les ROIs sont utilisés dans l'analyse des images satellites et des photographies aériennes. Ils servent à regrouper des pixels dont les couleurs sont proches. Ainsi, tous les pixels de l'image filtrée dont la couleur est ± verte seront regroupés et classés dans une même catégorie « forêt ».

Les ROIs sont des polygones dessinés par l'utilisateur :

- pour la classe « forêt », l'utilisateur va créer un échantillon de ROIs afin de couvrir l'ensemble des nuances de vert visibles sur la carte d'état-major filtrée,
- pour la classe « pâturages », l'utilisateur va créer un échantillon de ROIs afin de couvrir l'ensemble des nuances de rose/bleu visibles sur la carte d'état-major filtrée,
- etc.

Chaque classe se voit donc attribuer un numéro :

- 1 = forêt
- 2 = prairies
- 3 = bâti
- 4 = pâturage
- etc.

La création d'une couche vecteur au format shape puis le dessin des polygones ne devraient pas poser de problème à la majorité des utilisateurs... Si besoin, voir [le manuel d'utilisation de QGIS en ligne](#).

Allez dans le guide au chapitre « Les données vectorielles ».

Dans la rubrique « Editer », vous trouverez les informations pour créer, modifier et supprimer des polygones.

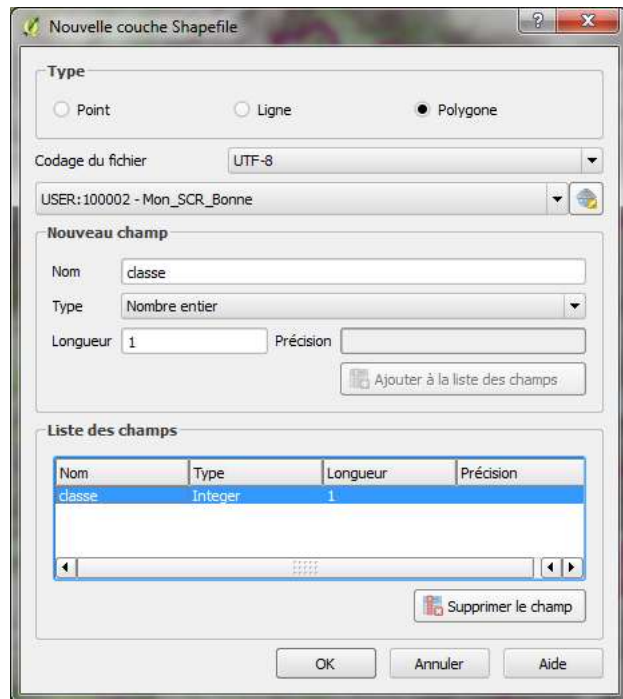
Création d'une couche vecteur pour dessiner les ROIs :

Menu : Couche → Créer une couche → Nouvelle couche shapefile

Une couche de polygone est créée en SCR de Bonne. Un champ « classe » au format numérique est créé pour stocker les valeurs (1 = forêt, 2 = champs, etc.) :

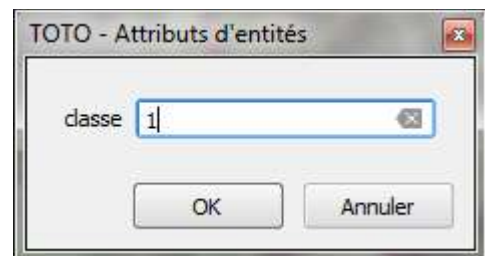
Attention : enregistrez la couche dans le même répertoire que le reste des fichiers utilisés (cf. chapitre 2.1).

Nommez votre couche vecteur, par exemple « classes_200_SE.shp ».



Clic droit sur la couche vecteur puis « Basculer en mode édition »

Dessinez les polygones ROIs **sur la carte d'état-major filtrée**. Dessinez des polygones pour couvrir au mieux les différentes teintes de vert « forêt » qui sont présentes sur l'image filtrée. Plus le nombre de polygones ROIs sera élevé, plus la classification automatique sera ensuite efficace (augmentation du rapport couleurs / classe). Si certaines teintes de vert ne sont pas prises en compte par les ROIs (teintes oubliées), la classification automatique ne cherchera pas ces teintes. Certaines forêts seront donc oubliées.



Attribution de la classe 1 « forêt » à un ROI

La fenêtre suivante apparaît après le dessin d'un polygone ROI :

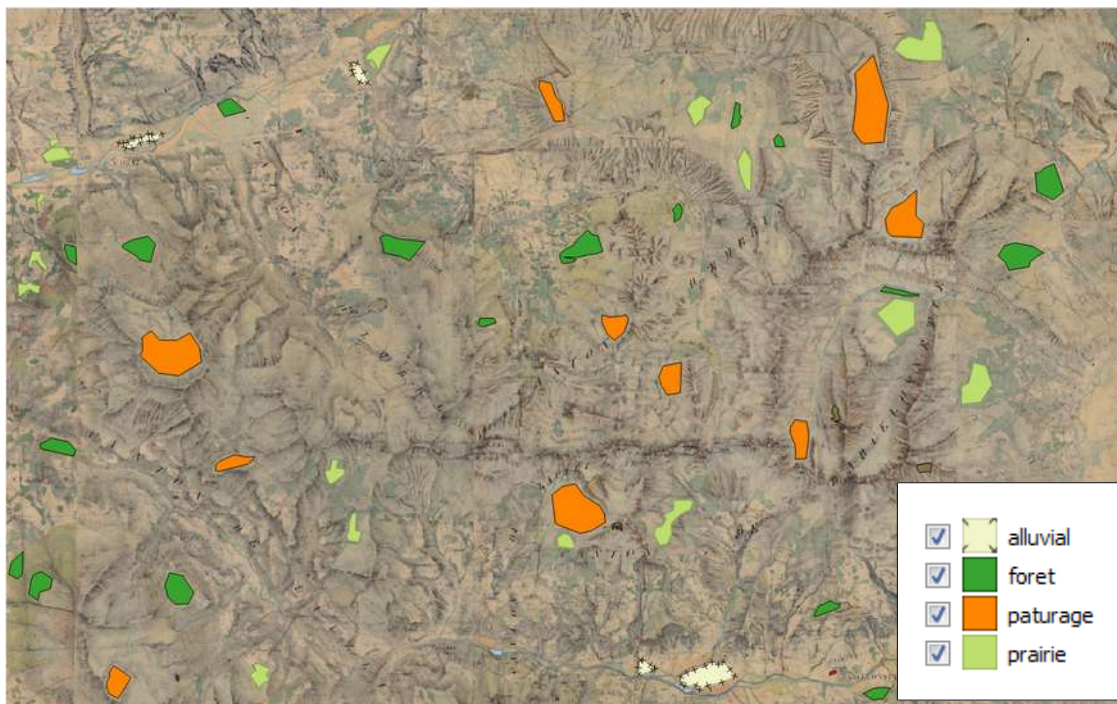
A titre indicatif, nous avons dessiné en moyenne 15 ROIs de la classe « forêt » par carte d'état-major filtrée. Toutefois, certaines images filtrées peuvent demander 50 ROIs de la classe « forêt » lorsque les teintes de vert sont complexes (cette complexité provient en général d'une carte d'état-major de mauvaise qualité).

Il est possible de dessiner les ROIs pour plusieurs type d'occupation du sol en même temps : classe 1 pour la « forêt », classe 2 pour les « champs », classe 4 pour le « pâturage », etc.

Cette méthode est même recommandée, en effet :

- lorsqu'un ROI « forêt » est créé, Historical Map comprend que ce ROI ne correspond pas aux autres classes d'occupation du sol,
- à l'inverse, lorsqu'un ROI « alpage » ou « champ » est créé, Historical Map comprend qu'il ne devra pas utiliser cette banque de couleur lors du traitement de la classe « forêt ».

Ainsi, il est préférable de créer les ROIs pour différentes classes d'occupation du sol, même si l'objectif ne concerne qu'une classe (dans notre cas les forêts). Cette méthode permet aussi de gagner du temps car la création de l'ensemble des ROIs est plus facile pendant que l'utilisateur est « imprégné » de sa carte filtrée.



Vectorisation des ROIs pour différentes classes d'occupation du sol sur une carte d'état-major filtrée

c) Classification automatique de l'image filtrée

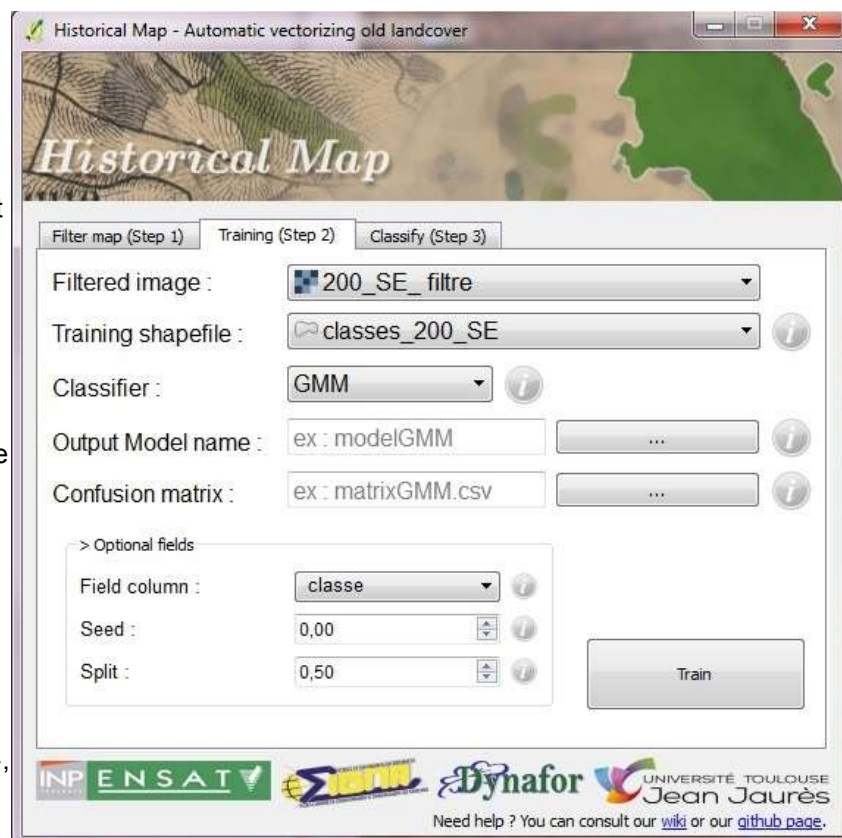
L'étape 2 d'Historical Map consiste à créer un modèle de classification à partir de l'image filtrée et des ROIs.

- sélectionnez l'image filtrée,
- sélectionnez le fichier shape des ROIs (ici classes_200_SE),
- sélectionnez le classificateur, c'est à dire l'algorithme de traitement d'image à utiliser, ici GMM.
- « Output Model name » est le modèle de classification qui sera créée (*).
- « Confusion matrix » est la matrice de confusion qui sera créée (*)

(*) fichiers à enregistrer dans le même répertoire que le reste des fichiers utilisés (cf. chapitre 2.1),

- sélectionnez la colonne de votre fichier vecteur ROI qui contient les classes d'occupation du sol. Ici, notre colonne se nomme « classe »,

- lancez (Train) le traitement.



Complément à l'étape 2 de classification

- Par défaut, le plugin Historical Map utilise l'algorithme de classification d'image GMM. Pour choisir un autre algorithme, il convient d'installer la librairie scikit-learn sur votre ordinateur (cf. chapitre 5.3) :

- **GMM** : Gaussian Mixture Model

Il s'agit d'une classification basée sur la notion statistique du maximum de ressemblance entre les individus (les pixels de notre image filtrée).

- **KNN** : K-Nearest Neighbors

le modèle du plus proche voisin classe un pixel dans la classe qui est la plus représentée dans les pixels voisins.

- **RF** : Random-Forest

Les forêts d'arbres décisionnels sont des modèles de classification qui utilisent notamment des sous-ensembles pour générer une classification finale.

- **SVM** : Support Vector Machine

Les séparateurs à vastes marges classent un pixel en fonction de la classe d'un noyau et de la distance du pixel à ce noyau.

- Split représente le pourcentage de pixels de l'image qui sera utilisée pour créer (« entraîner ») le modèle de classification. La valeur 0.5 signifie que 50 % des pixels de l'image seront utilisés pour créer le modèle. Les autres 50 % des pixels serviront à mesurer la qualité du modèle créé (c'est le rôle d'une matrice de confusion). Nous vous conseillons d'utiliser la valeur 0.5 par défaut.

- Seed peut être utilisé pour comparer plusieurs classifications. Par exemple, la valeur 200 sélectionnera 200 pixels classés par le modèle. Si vous changez un ou des paramètres (couche des ROIs, type de classificateur, valeur Split), vous pouvez voir comment ces 200 pixels sont classés par rapport à la précédente classification. Pour information, nous n'avons pas utilisé cet outil de comparaison.

L'étape 3 d'Historical Map consiste à appliquer le modèle de classification à l'ensemble de l'image

- sélectionnez l'image filtrée,

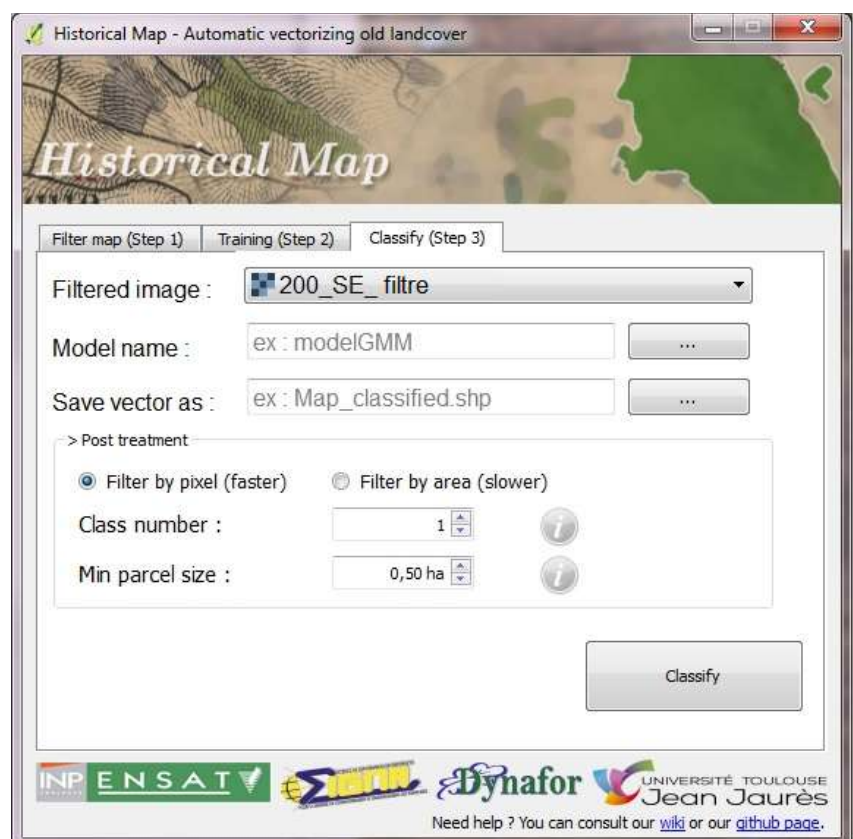
- sélectionnez le modèle GMM précédemment généré,

- nommez le fichier vecteur qui contiendra la classification, l'enregistrer dans le même répertoire que le reste des fichiers utilisés (cf. chapitre 2.1),

- Choisir la classe d'occupation du sol qui va être traitée (Class number). Dans notre cas, la forêt a été codée en classe 1,

- Choisir la surface minimale des polygones à générer, nous choisissons le seuil de 0.5 hectare.

- lancez (Classify) la classification : Le traitement peut prendre 1 heure, voire plus.



Afin de traiter une autre classe d'occupation du sol, changez le critère Class number. Par exemple, choisir la valeur 2 pour classer les prairies.

d) Résultat de la classification



En vert, le fichier vecteur des forêts généré par Historical Map. En fond, l'image filtrée

Une couche vecteur de polygones est créée, ici la couche de l'occupation du sol « forêts ».

Vérifier le SCR de cette couche. Si besoin associez la couche à votre SCR de Bonne :

Menu : Vecteur → Outils de gestion de données → Définir la projection courante

3. Optimisation de la classification automatique et des traitements SIG

3.1. Les erreurs de classification

Le fichier vecteur (page précédente) comporte des erreurs de classification dont les causes sont principalement liées à :

- la qualité de la carte d'état-major : carte ± dégradée, couleurs délavées, présence de tâches...
- la qualité des ROIs proposés : pertinence, nombre, finesse du dessin des ROIs...

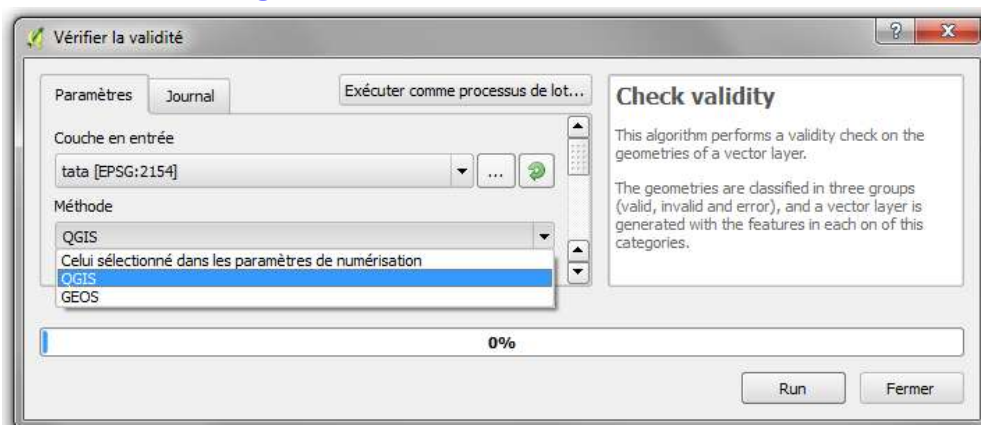
Il convient de corriger manuellement les erreurs de classification les plus flagrantes :

- suppression des mauvais polygones générés par la classification,
- ajout de polygones non générés,
- reprise de certains polygones : suppression des « trous », modifications des contours, etc.

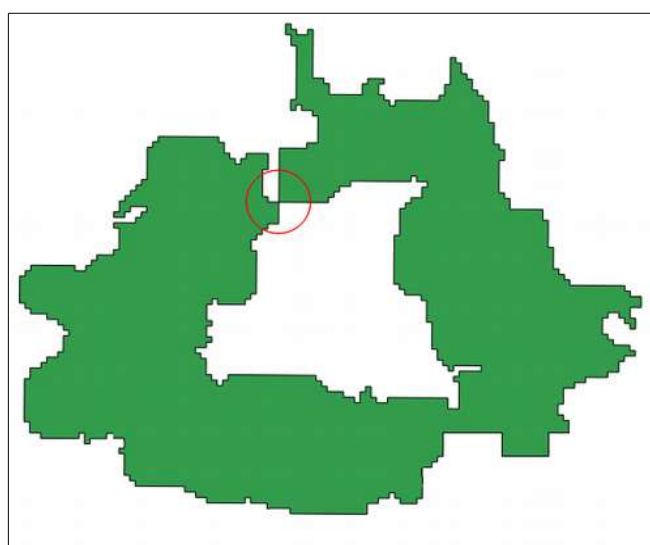
3.2. Les contraintes topologiques

Le fichier shape généré par Historical Map contient des polygones dont la forme peut ne pas être conforme au format attendu par certaines fonctions. QGIS permet de rechercher des erreurs sur une couche vecteur :

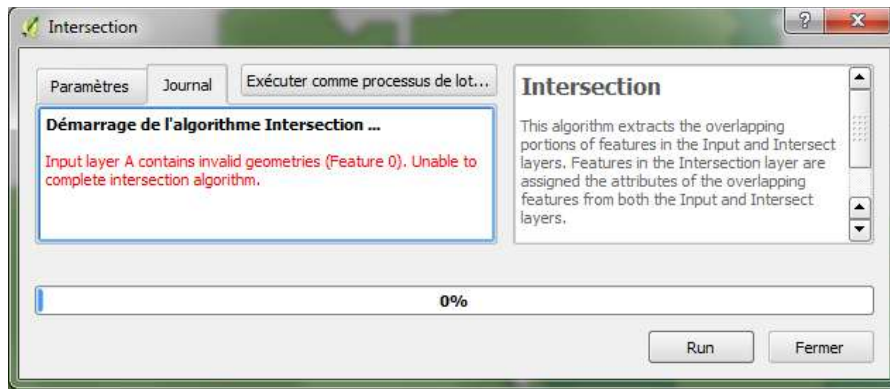
Menu : Vecteur → Outils de géométrie → Vérifier la validité



La recherche d'erreur avec la méthode QGIS considère le polygone ci-contre comme une géométrie non valide :
le polygone se referme sur lui même avec deux points qui se touchent.



Ainsi, certaines fonctions de QGIS « plantent » avec ce genre de polygone. Par exemple, la fonction « Intersection » entre une couche des forêts anciennes et une couche BD Forêt de l'IGN ne marche pas :

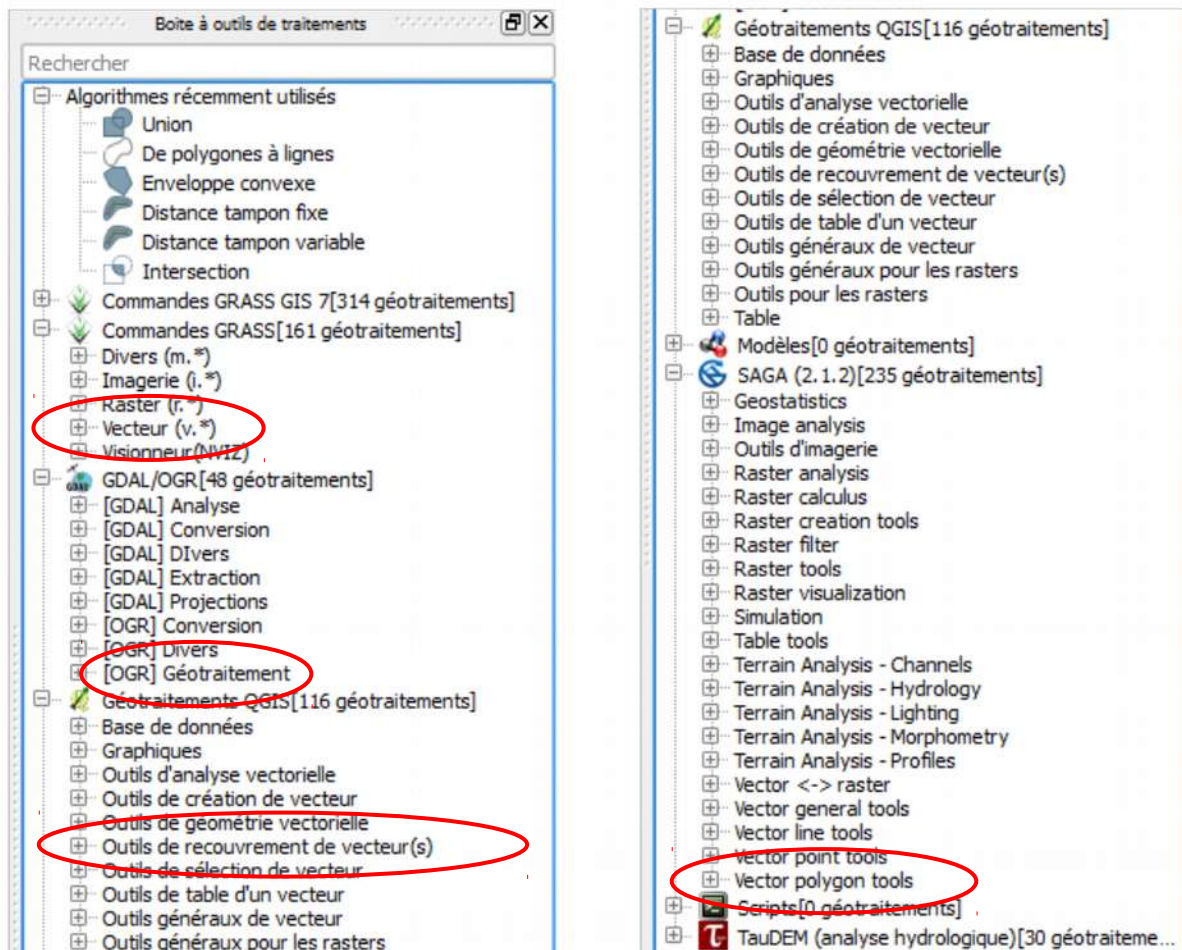


Par contre, la recherche d'erreur avec la méthode GEOS ne renvoie pas d'erreur de géométrie. Ainsi, une fonction d'intersection qui utilise la librairie GEOS fonctionnera.

Afin de réaliser vos différents traitements entre couches SIG, pensez que QGIS propose de nombreuses fonctions : les fonctions de base de QGIS + les fonctions d'autres outils Open Source tels que GEOS, GRASS, GDAL/OGR, SAGA, etc.

Par exemple, la fonction de GRASS nommée « v.overlay » permet d'intersecter deux couches. Cette fonction est très rapide et accepte la plupart des formes de polygones.

Menu : Traitement → Boîte à Outils



La boîte à outils de QGIS propose de nombreuses fonctions. Les éléments entourés en rouge contiennent tous des fonctions de géotraitement pour les couches vecteur : intersection, union, fusion etc...

4. Un exemple de croisement entre la couche des forêts anciennes et la BD Forêt

Afin d'obtenir une carte de l'ancienneté des forêts, nous avons superposé la couche BD Forêt© de l'IGN (version 2) avec notre couche des forêts anciennes générée à l'aide d'Historical Map.

4.1. Préparation de la BD forêt de l'IGN

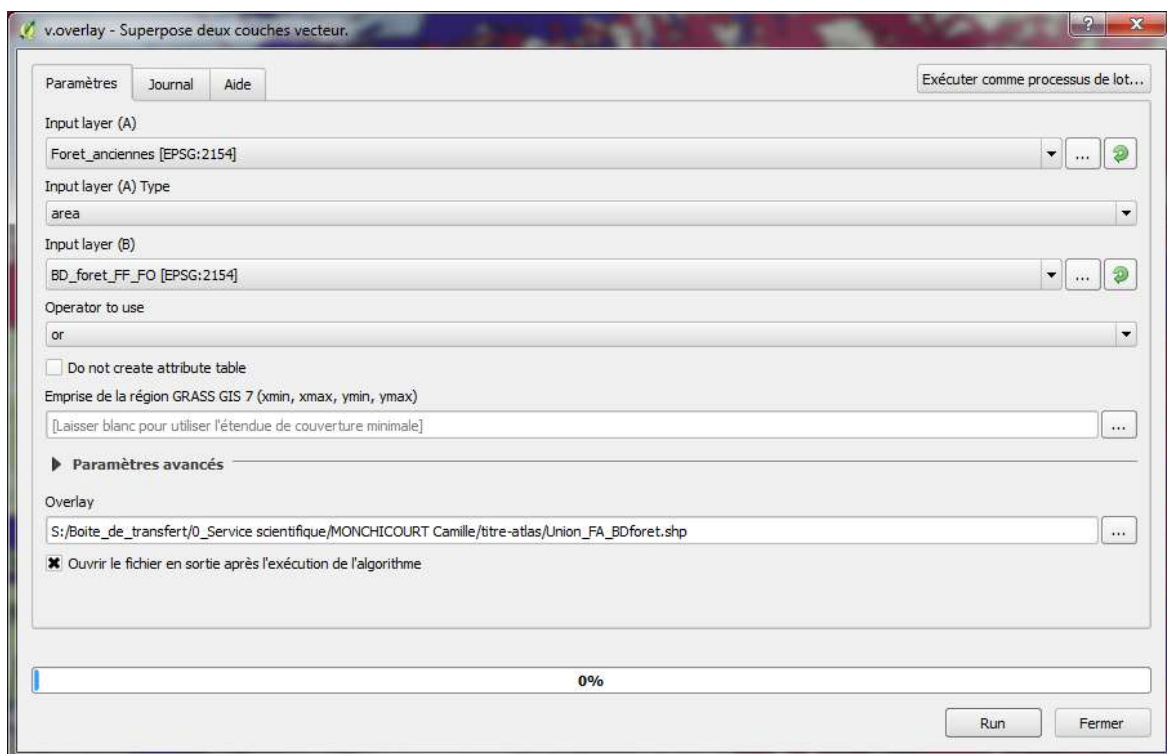
- suppression des landes (codes commençant par « LA » dans le champ Type de Formation Végétale – TFV) afin de ne garder que les forêts actuelles.
- regroupement de l'ensemble des peuplements forestiers de type forêts fermées (codes commençant par « FF » dans le champ Type de Formation Végétale - TFV),
- regroupement de l'ensemble des peuplements forestiers de type forêts ouvertes (codes commençant par « FO » dans le champ Type de Formation Végétale - TFV),

Ainsi, nous obtenons une nouvelle couche BD Forêt dont la seule information conservée est soit une forêt ouverte FO, soit une forêt fermée FF. Nous avons nommé cette couche « BD_foret_FF_FO.shp ».

4.2. Croisement des couches vecteur

Nous avons utilisé les fonctions de géotraitement proposées par GRASS, fonctions plus robustes que les géotraitements par défaut de QGIS.

Menu : Traitement → Boîte à Outils → Commandes GRASS GIS 7 → vecteur → v.overlay



Utilisation de la fonction [v.overlay de GRASS](#) :

- nous superposons la couche des forêts anciennes (A) avec la couche BD forêt (B),
- l'opérateur de superposition est « or ». En syntaxe SQL de GRASS, « or » est le paramètre qui réalise l'opération de géotraitement « Union »,
- nous enregistrons le résultat dans la couche « Union_FA_BDforet.shp ».

Attention : les couches doivent être dans le même SCR pour se superposer. Nous avons reprojeté notre couche des forêts anciennes de SCR de Bonne vers le SCR Lambert 93, afin de la croiser avec la BD Forêt©, elle-même en SCR Lambert 93.

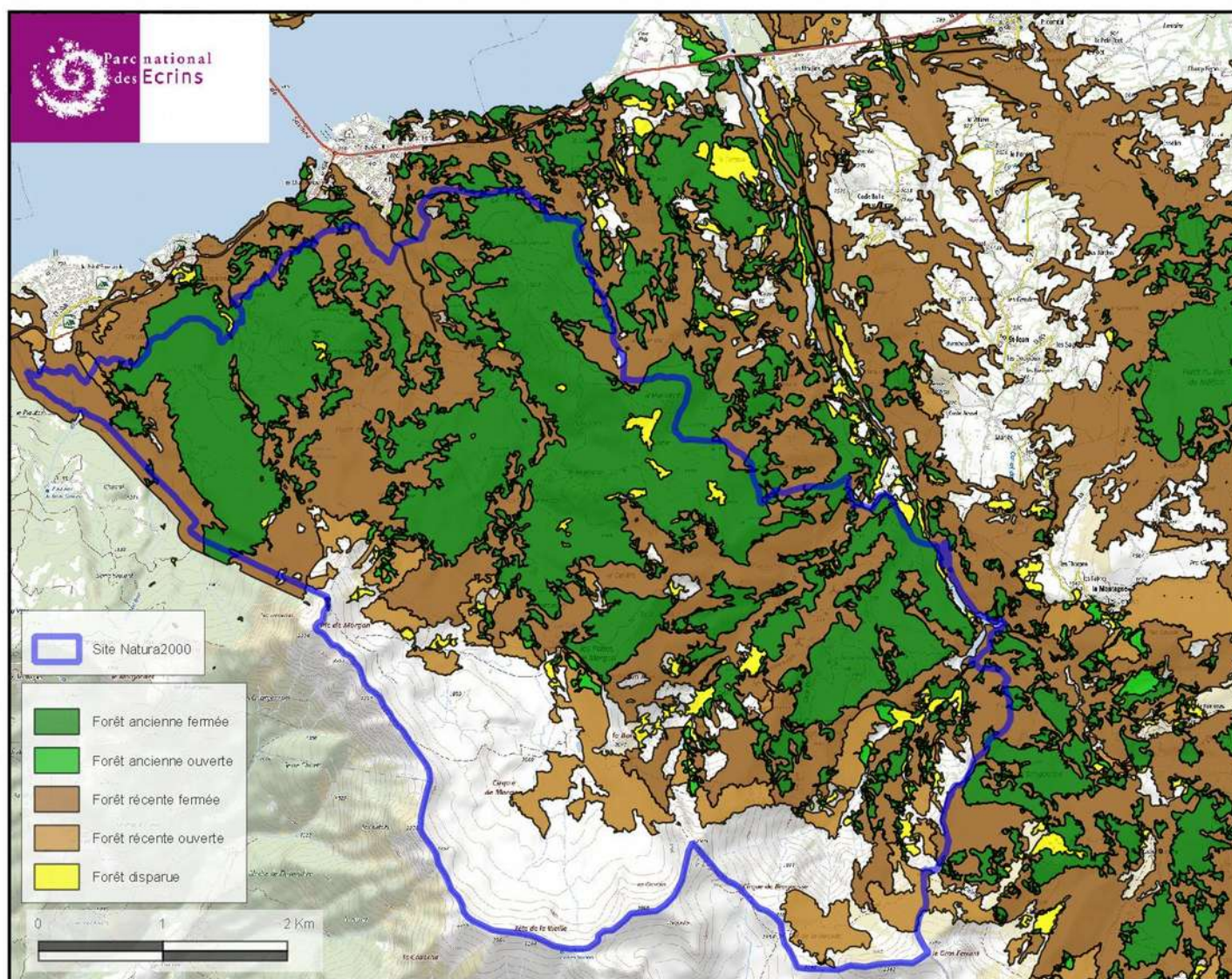
Trois catégories de forêts sont représentées, selon leur présence passée et/ou actuelle. La typologie que nous avons utilisé provient des travaux déjà réalisés sur ce sujet (Bec, 2015 et Chaléat, 2016) :

Catégorie de forêt	Carte d'État Major	BD Forêt©
Forêt ancienne	Présence	Présence
Forêt récente	Absence	Présence
Déboisement	Présence	Absence

Nous avons affiné cette typologie en ajoutant la différenciation entre les **forêts fermées** et les **forêts ouvertes** (cf. chapitre 4.1) :

- un couvert forestier supérieur à 40 % se rapporte à une forêt fermée (FF),
- un couvert forestier de plus de 10 % et jusqu'à 40 % se rapporte à une forêt ouverte (FO).

La distinction entre les forêts fermées et les forêts ouvertes est intéressante sur un territoire de montagne comme le parc national des Écrins. En effet, de nombreuses zones d'altitude sont en court de colonisation ligneuse et sont classées « FO » par la BD Forêt. Toutefois, nous sommes encore très loin d'une « présence forestière ». Il est donc intéressant de pouvoir « isoler » cette catégorie dans nos analyses.



Ancienneté des forêts appliquée au site Natura2000 « Bois de Morgon – Forêt de Boscodon – Bragousse »

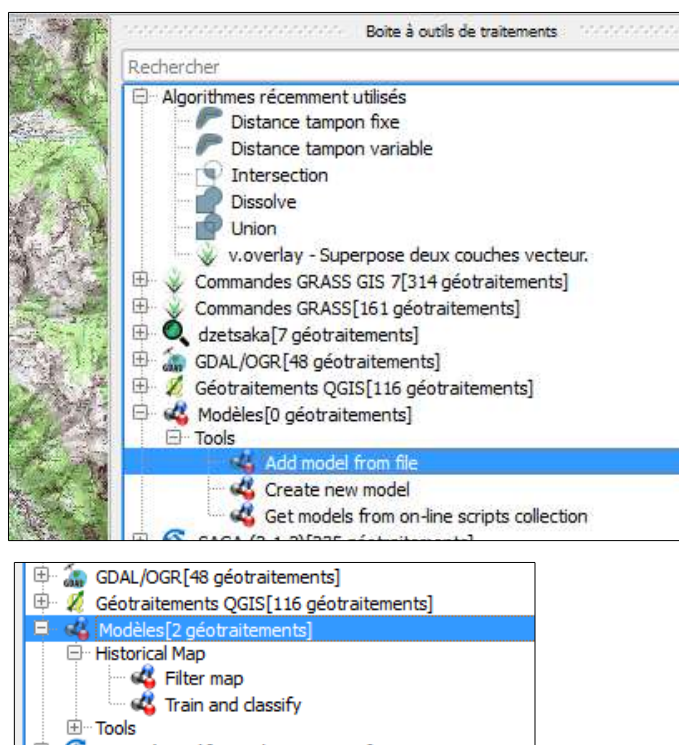
5. Compléments à Historical Map

Il est possible de réaliser le filtrage puis la classification sans passer par l'interface Historical Map. Pour cela, on utilise directement la boîte à outils de QGIS.

Menu : Traitement → Boîte à Outils
→ Modèles → Tools
→ Add model from file

Installez les deux fichiers suivants :

Filter map.model
Train and classify.model

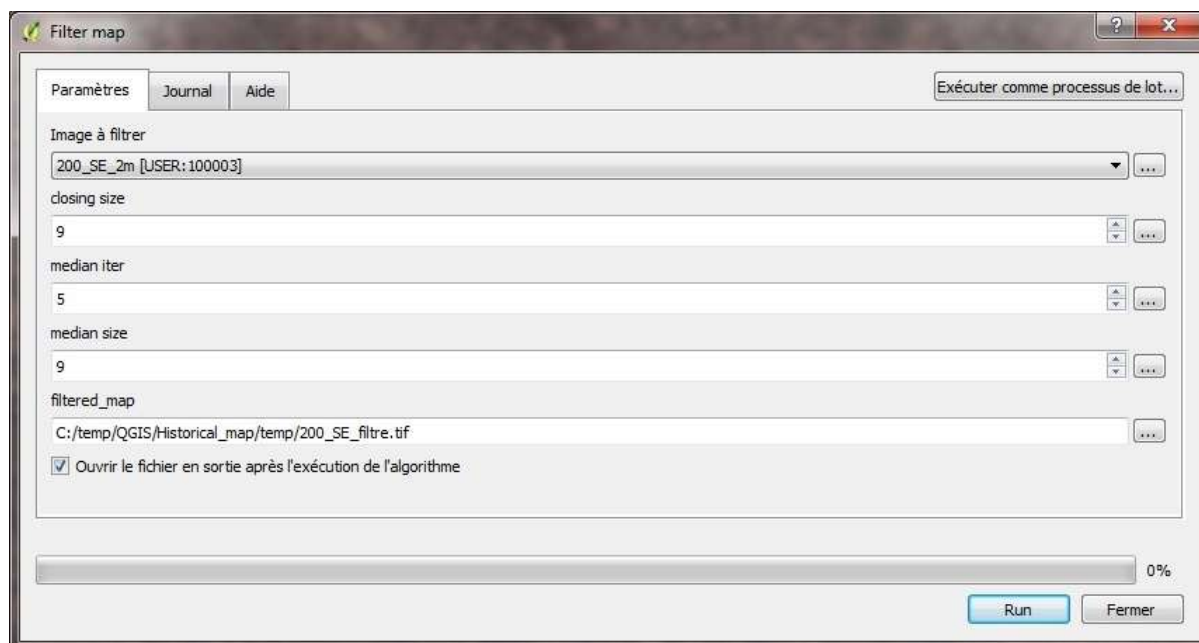


Vous obtenez alors la boîte à outils suivante :

5.1. Complément au filtrage

Menu : Traitement → Boîte à Outils → Modèles → Tools → Historical Map → Filter Map :

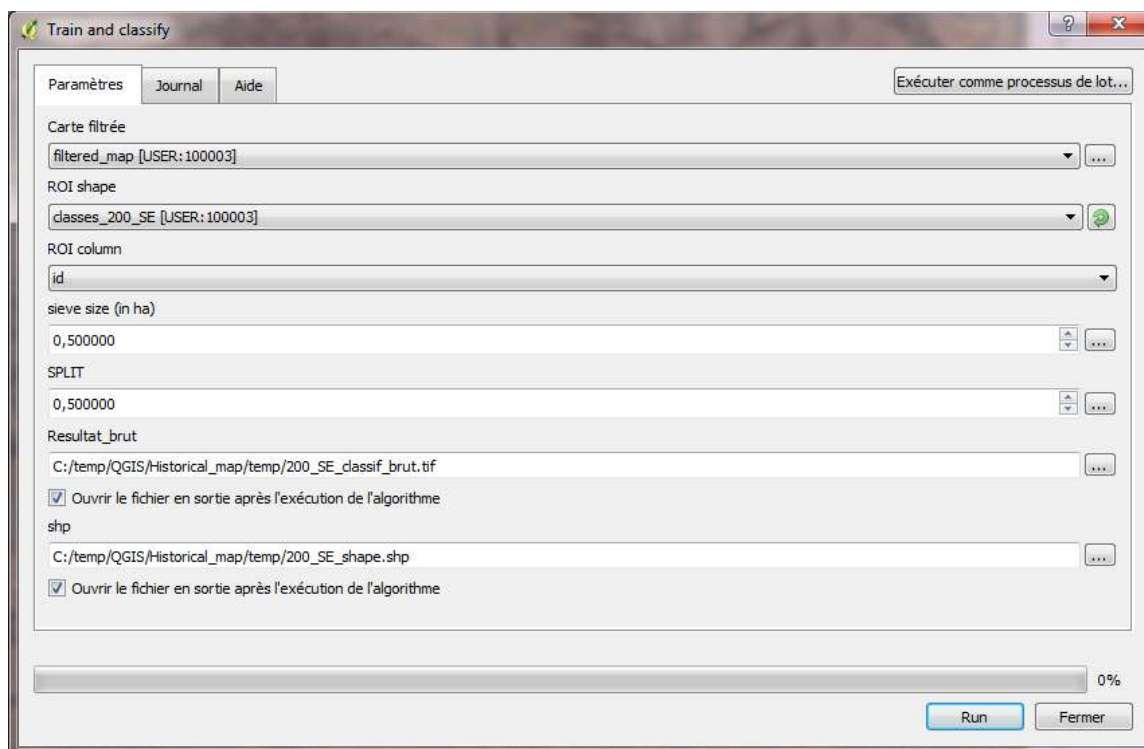
Nous filtrons ici la carte d'état-major avec des filtres d'une valeur de 9 sur 11 et avec 5 itérations :



5.2. Complément à la classification automatique

Menu : Traitement → Boîte à Outils → Modèles → Tools → Historical Map → Train and classify :

L'outil « Train and classify » réalise les étapes 2 et 3 d'Historical Map directement. L'algorithme de classification GMM est utilisé par défaut. Selon les auteurs du Plugin Historical Map, « Train and classify » utilisé directement est parfois plus stable que l'interface Historical Map.



5.3. Installation et aides complémentaires au plugin Historical Map

[Historical Map](#) (vectorisation semi-automatique de l'occupation du sol dans les minutes de la carte d'état-major) a été développé par Mathieu Fauvel, David Sheeren, Pierre-Alexis Herrault et Nicolas Karasiak dans le cadre du laboratoire Dynafor. Dynafor est centré sur la gestion durable des ressources forestières et de l'espace rural dans le cadre de l'écologie du paysage.

Liens vers des exemples et des tutoriaux d'utilisation d'Historical Map :

[Cliquez ici pour voir le wiki Historical Map](#)

[Cliquez ici pour la page de Mathieu fauvel](#)

[Cliquez ici pour lire l'article technique sur le processus de vectorisation automatique](#)

Liens pour l'installation d'Historical Map et de bibliothèques complémentaires (scikit-learn, pour disposer de tous les algorithmes de classification) :

[Cliquez ici vers la page des plugins QGIS](#)

[Cliquez ici vers la page Github](#)

Dzetsaka, un autre outil de classification d'image plus générique qu'Historical Map, est également proposé par Nicolas Karasiak. Ce plugin s'installe depuis le menu d'Extension de QGIS

[Cliquez ici vers le plugin QGIS](#)

[Cliquez ici vers la page Github](#)

[Cliquez ici vers un petit tutoriel](#)