

Canton de Neuchâtel - Rive nord du lac de Neuchâtel

Pré-étude comparative de positionnements possibles pour l'implantation d'îles pour l'avifaune



Mars 2023



Contributeurs :

Mandant : SFFN

AQUARIUS :

Jérôme Plomb

Blaise Zaugg



Version :

17 mars 2023

Table des matières

1. CADRE ET OBJECTIFS DU PROJET	1
2. DONNEES DE BASE	2
3. CONTRAINTES ET ASPECTS BIOLOGIQUES	3
3.1 <i>Contraintes</i>	3
3.1.1 Facteurs abiotiques, topographiques	3
3.1.2 Navigation.....	4
3.1.3 Activités halieutiques	4
3.1.4 Milieux naturels et organismes aquatiques.....	5
3.1.5 Zones de protection et inventoriées.....	6
3.2 <i>Aspects biologiques</i>	6
3.2.1 Type d'aménagements et avifaune visée	6
3.2.2 Dérangement.....	8
3.2.3 Connectivité avec les milieux naturels aquatiques	10
4. PRINCIPES ET MODES CONSTRUCTIFS D'ILES POUR L'AVIFAUNE	14
4.1 <i>Exposition aux courants et aux vagues</i>	14
4.2 <i>Niveau du lac</i>	14
4.3 <i>Mode constructif</i>	16
5. PROPOSITION DE PERIMETRES D'IMPLANTATIONS ET MATRICE DE COMPARAISON	18
5.1 <i>Proposition de périmètres</i>	20
5.2 <i>Coûts</i>	20
6. REMARQUES ET RECOMMANDATIONS.....	21
7. ANNEXES.....	22

1. CADRE ET OBJECTIFS DU PROJET

La Suisse est un pays bien doté en eaux douces. Elle compte en l'occurrence sur le plateau 31 lacs de plus de 50 ha qui jouent un rôle crucial dans la conservation de la biodiversité. Par exemple, ces 31 lacs hébergeaient ces dernières années en janvier 86 % de tous les oiseaux d'eau du pays (Keller, 2011), ce qui atteste d'une grande responsabilité de conservation aussi bien au niveau national qu'international. Malgré cela, la situation de plusieurs biocénoses inféodées aux grands lacs doit actuellement être considérée comme fortement menacée. En effet, les remblayages, renforcements des rives et régulations du niveau des lacs constituent les interventions humaines qui ont très fortement contribué à la disparition des grèves naturelles et des lagunes littorales. Si la rive Sud du lac de Neuchâtel abrite encore le plus grand ensemble marécageux lacustre de Suisse et figure dans plusieurs inventaires d'importance fédérale et internationale pour les oiseaux d'eau, la rive nord du même lac est beaucoup plus artificialisée. La zone de transition peu profonde entre l'eau et la terre manque très souvent et la rive fait l'objet de multiples constructions et aménagements de consolidation (murs, enrochements) en lieu et place de cette zone de transition. Dès lors, la conservation et la promotion de certaines espèces pourraient être favorisées par des actions de revitalisation. Parmi ces dernières et lorsque la restauration de la rive n'est pas possible ou non pertinente, l'aménagement d'îles artificielles est une solution qui peut être dans certains cas être mise en œuvre, notamment pour créer de nouveaux habitats-relais destinés à certaines espèces d'oiseaux d'eau tels que limicoles, canards, sternes et mouettes en particulier. C'est dans cette optique que le Service de la faune, des forêts et de la nature du canton de Neuchâtel (SFFN) a mandaté le bureau spécialisé Aquarius, afin d'identifier les emplacements sur la rive nord du lac de Neuchâtel et du territoire neuchâtelois, qui pourraient convenir à l'aménagement d'île(s) destinée(s) à l'avifaune.

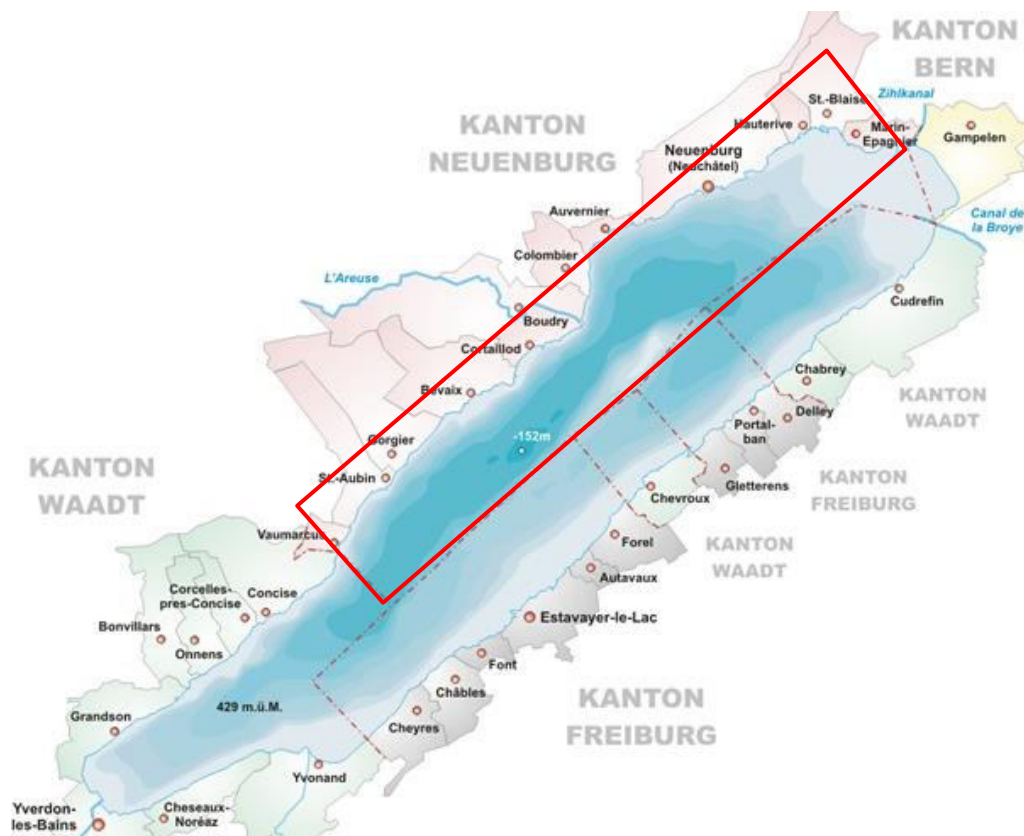


Figure 1 Vue du périmètre d'analyse. Source : www.die3seen.ch

2. DONNÉES DE BASE

Les principales données de base utilisées dans le cadre du présent rapport sont :

- Données cartographiques du Service de la géomatique et du registre foncier (SITN).
- Données cartographiques de l'Office fédéral de topographie swisstopo (mapgeoadmin).
- Pac : Plan cantonal d'extraction des matériaux lacustres.
- Données faunistiques et floristiques InfoSpecies.
- Groupe de travail BENEFRI, www.die3seen.ch.

Dans ce contexte, il est utile de préciser que d'importants travaux de relevés de la topographie sous-lacustre ont été réalisés ces 10 dernières années dans le lac de Neuchâtel, lesquels ont pu être synthétisés en 2021 dans une cartographie bathymétrique de grande précision (raster à résolution de 50cm). Les relevés utilisés sont les suivants :

- Relevé en 2012 par Sonar multifaisceaux de la plage de profondeurs supérieures à 30 m.
- Relevé en 2016 par Sonar multifaisceaux de la plage de profondeurs de 5 à 30 m.
- Relevé en 2020 par Lidar bathymétrique de la plage de profondeurs inférieures à 5 m.

Toutefois, pour des motifs de sécurité, certains objets bathymétriques essentiels à prendre en compte dans le présent travail, telles que les conduites par exemple, ne sont pas représentés sur les plans de l'annexe 4.



Figure 2 Exemple d'une conduite visible sur le guichet cartographique cantonal (SITN) mais non représentée à l'annexe 4.

3. CONTRAINTES ET ASPECTS BIOLOGIQUES

3.1 Contraintes

Le présent chapitre décrit de quelle manière les thématiques analysées influencent le choix d'implantation d'une île destinée à l'avifaune.

3.1.1 Facteurs abiotiques, topographiques

Les récentes données bathymétriques du lac de Neuchâtel permettent de localiser et d'apprécier avec une bonne précision les principales caractéristiques du fond lacustre. Les informations influençant le choix d'un emplacement sont notamment :

- **La profondeur** : La profondeur du fond lacustre influence directement la quantité de matériaux nécessaires à la création d'une île ainsi que les possibilités d'aménagements tels que les hauts-fonds en particulier. Une profondeur maximale est toutefois difficile à établir de manière stricte dans la mesure où d'autres facteurs influencent également la faisabilité de la réalisation (cf. commentaires ci-après). On peut néanmoins admettre qu'envisager la création d'une île à des profondeurs atteignant ou dépassant 10 m est disproportionné et non réaliste. Une profondeur inférieure à 5 m est généralement préférable. A l'inverse, la création d'une île sur un secteur insuffisamment profond est susceptible dans certains cas de favoriser et d'accélérer les processus d'atterrissement, tout en favorisant, selon sa distance à la rive, l'accès aux prédateurs terrestres.
- **La pente, les ruptures de pente** : La pente donne une indication générale de la facilité avec laquelle un remblai peut être envisagé. Une forte pente ou une rupture de pente marquée sont à éviter, notamment du point de vue de la stabilité de l'ouvrage.
- **Les zones de glissements** : Plusieurs zones sous-lacustres situées entre la zone littorale et la zone profonde sont caractérisées par des glissements de terrain. Il peut s'agir aussi bien de glissements naturels qu'artificiels liés à la construction d'ouvrages (ports, remblayages, extractions par exemples). Ces zones sont à éviter car elles peuvent induire des instabilités ou/et d'importantes sollicitations mécaniques. Dans les zones d'implantations potentielles, des investigations géotechniques complémentaires peuvent s'avérer nécessaires.
- **Les aspérités artificielles (p. ex. conduites) ou naturelles (p. ex. cratères)** : Ces « anomalies » peuvent actuellement être mieux comprises et décrites grâce aux derniers relevés bathymétriques de haute résolution. Ainsi, si les formations de type « crazy crater » peuvent être considérées comme rares, localisées et à relativement grande profondeur, les zones de dragages désaffectées, périmètres d'exploitation de sables et graviers et zones de noyage constituent en revanche des surfaces accidentées étendues et répandues. Ces zones pourraient être remblayées afin de créer une île, toutefois des exigences géotechniques très particulières propres à ce type de surfaces devraient alors être respectées, telles que par exemple la prise en compte de la stabilité de remblais antérieurs, de nouveaux remblayages avec des matériaux stables, la position de l'éventuelle îles par rapport à la rupture de pentes, etc.

- **Le substrat** : La relation entre la topographie et la nature du substrat est complexe. De manière générale, les substrats sont durs à sableux dans la zone littorale et plus vaseux en profondeur. Des substrats de densités variables se rencontrent entre ces 2 profondeurs.

3.1.2 Navigation

La navigation sur le lac de Neuchâtel est relativement dense et s'effectue potentiellement sur toute sa surface. On recense plusieurs catégories d'embarcations :

- Chalands, dragues, pontons de travail et bateaux de transport de personnes en service régulier ou en courses spéciales.
- Bateaux de pêcheurs professionnels.
- Bateaux de sport et plaisance à voiles et/ou à moteurs.
- Kitesurfs, planches à voiles, dériveurs, bateaux à rames et autres embarcations légères.
- Bateaux d'intervention.

La création d'une île ne doit pas péjorer notablement la navigation et peut nécessiter la mise en place d'un balisage adéquat. Si les bateaux en service régulier et les chalands accédant aux dragues effectuent des trajets généralement prédéfinis, les pontons de travail et chalands lors de travaux riverains et les bateaux de transport de personnes lors de courses spéciales sont susceptibles de se déplacer sur toute l'étendue lacustre. Concernant les bateaux de sport et de plaisance, le trafic ne doit pas être entravé à proximité des ports. En sus des règles de navigation de l'ordonnance sur la navigation intérieure (ONI), dans une première phase, une distance de 100 m a été considérée comme zone minimale à respecter autour de ces derniers. Finalement, les activités nautiques sont également susceptibles de générer un dérangement pour certains oiseaux (cf. chapitre 3.2.2).

3.1.3 Activités halieutiques

Les activités de pêche professionnelle et sportive dans le lac de Neuchâtel concernent toutes les profondeurs. La contrainte majeure relative aux activités halieutiques réside dans le fait que la création d'une île peut recouvrir une surface propice à la reproduction de certaines espèces (pêche de géniteurs), générer des éléments saillants sur lesquels les engins de pêche seraient susceptibles de venir s'accrocher ou s'endommager (blocs et pierres notamment) et modifier localement les courants et les comportements de la faune piscicole.

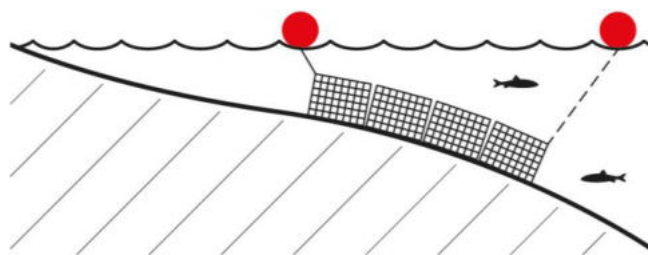


Figure 3 Exemple de filets réglementaires fixes employés par les pêcheurs professionnels sur le lac de Neuchâtel. Source : Géau, 2021.

3.1.4 Milieux naturels et organismes aquatiques

Les milieux naturels d'intérêts qui subsistent se concentrent principalement sur la partie riveraine et littorale du lac. La zone littorale est comprise entre la limite des hautes eaux (côté terre) et la limite de colonisation des fonds par la végétation (côté lac, généralement à une profondeur comprise entre 12 et 15 m). L'interaction du fond de la zone littorale, de l'air et de l'eau constitue un domaine propice pour de nombreux organismes. La lumière qui pénètre jusqu'au fond favorise la croissance des végétaux qui contribuent grandement à la production organique ainsi qu'aux échanges de substances. Sur les zones riveraines et littorales peuvent se rencontrer plusieurs milieux naturels dignes d'intérêt et notamment protégés par l'Ordonnance sur la protection de la nature et du paysage, milieux dignes de protection (OPN), il s'agit essentiellement des milieux suivants (du plus profond au moins profond) :

- Eau avec végétation immergée (*Charion, Potamion*).
- Roselières (*Phragmition, Phalaridion*), Cariçaies (*Magnocaricion*).
- Végétation riveraine alluviale (*Salicion elaeagni, S. cinerea, S. albae, S. incanae, Alnion glutinosae, Fraxinon*).

Plusieurs de ces milieux sont le siège de la reproduction, du grossissement et des sources de nourriture pour de nombreux organismes, notamment de poissons mais également de plusieurs espèces d'oiseaux malacophages ou herbivores. L'implantation d'une île dans une zone peu profonde d'un lac peut nécessiter des mesures constructives d'implantation et de protection (fondations, enfouissement, enrochements, etc.) qui conduisent à des impacts temporaires et/ou permanents sur des milieux dignes d'intérêt. Parallèlement, des dommages aux écosystèmes liés à des phénomènes érosifs, d'atterrissement, de modifications des courants, etc. engendrés par un nouvel ouvrage peuvent potentiellement survenir. Dès lors, des études spécifiques ainsi que des relevés de terrains ciblés sur les emplacements souhaités sont nécessaires.

Dans le périmètre de projet considéré, la rive nord du lac de Neuchâtel est majoritairement artificielle et les milieux naturels riverains dignes d'intérêts y sont présents de manière localisée. Il convient toutefois de prendre en considération que le canton de Neuchâtel a élaboré sa planification stratégique de revitalisation des rives lacustres neuchâteloises (cf. extraits du relevé écomorphologique – annexe 1 & extraits de la planification stratégique de revitalisation des rives lacustres neuchâteloises – annexe 2) dont un des principes de base est illustré ci-dessous. Actuellement pour les rives neuchâteloises du lac de Neuchâtel, en sus du projet précis très ponctuel projeté dans le cadre du « Réaménagement du parc des Jeunes-Rives », cf. annexe 3, six zones de projets potentiels de revitalisation des rives ont été identifiées, cf. annexe 2.

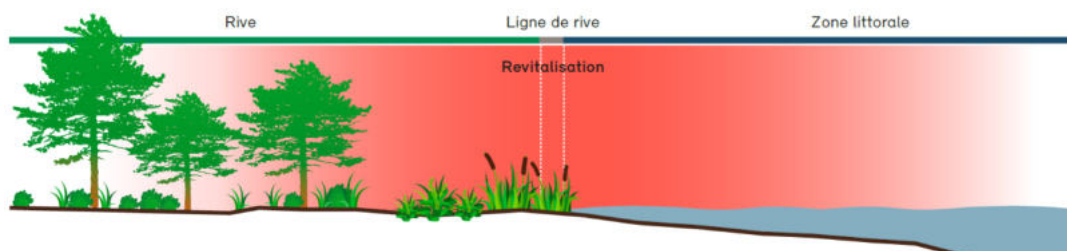


Figure 4 Représentation schématique de la rive lacustre. OFEV 2018¹.

¹ OFEV (éd.) 2018 : Revitalisation des rives lacustres – Planification stratégique. Un module de l'aide à l'exécution « Renaturation des eaux ». Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique no 1834 : 46 p.

3.1.5 Zones de protection et inventoriées

Le lac de Neuchâtel comprend plusieurs zones inventoriées. Celles-ci comprennent des périmètres où s'appliquent des règles de protection ou/et de restriction ainsi que des périmètres où peuvent s'exercer des activités d'exploitation, notamment l'extraction de sables et graviers fluvioglaciaires.

De manière générale, sur les zones inventoriées soumises à des règles de protection ou/et de restriction, la création d'une île peut potentiellement être autorisée dans certains cas moyennant une autorisation ainsi que le respect de certaines conditions ou/et la mise en œuvre de mesures telles que par exemples des mesures préventives (p. ex. prospections archéologiques préalables), mesures de protection et/ou mesures de compensation (p. ex. revitalisation d'habitats).

Dans le cas des périmètres d'extraction de matériaux lacustres, l'implantation d'une île est impossible car elle entre en conflit direct avec l'activité concernée. Les fosses de dragage désaffectées des anciennes zones d'extraction sont très accidentées et peuvent dans certains cas faire l'objet de restaurations (remblayages), toutefois à l'heure actuelle, l'immersion de matériaux dans ces dernières ainsi que la restauration de la topographie d'origine ne sont pas clarifiées sur la partie neuchâteloise du lac de Neuchâtel.



Figure 5 Vue du substrat et de la topographie sur une zone de dragage récemment remblayée – Lac de Neuchâtel, secteur La Raisse (VD).

3.2 Aspects biologiques

3.2.1 Type d'aménagements et avifaune visée

La création d'une île est une réalisation artificielle qui vise en premier lieu à compenser la perte d'habitats caractéristiques des zones alluviales. Ces habitats étaient originellement inféodés à une forte dynamique des eaux qui façonnait au gré des crues, des courants et du transit sédimentaire, de multiples biotopes. Aujourd'hui, sur la rive nord du lac de Neuchâtel, il n'est plus possible de rétablir cette dynamique et ce qu'on recherche avant tout par la création d'une île, c'est à proposer à l'avifaune un milieu de repos qui offre une certaine protection vis-à-vis des prédateurs, des vagues et du dérangement.

On ne peut atteindre des objectifs plus spécifiques pour certaines fonctions (nourrissage, nidification) ou certaines espèces, qu'en procédant à des aménagements spécifiques tels que par exemples :

- Bancs de graviers pour les laridés.
- Bancs de sable et de vase pour les limicoles.
- Plateformes sur pilotis pour la reproduction des laridés.

Cependant, le problème des îles avec des bancs de gravier est qu'elles finissent par se coloniser par la végétation herbacée et ligneuse, ce qui demande un entretien régulier conséquent et conduit également par réduire progressivement l'attractivité de l'aménagement pour les espèces pionnières. Les radeaux et plateformes sont aujourd'hui souvent préférés pour favoriser la sterne pierregarin (*Sterna hirundo*) par exemple.

Les îles pourvues de bancs sable finissent également par s'atterrir et ne peuvent, de plus, être envisagées que dans des secteurs de très faible profondeur. De tels aménagements favorables aux limicoles ont récemment été réalisés aux Vernes dans la baie d'Yverdon.



Figure 6 Vue aérienne des aménagements propices aux limicoles aux Vernes dans la baie d'Yverdon (Aquarius 2022).

Le présent rapport ne traite pas de manière détaillée à ce stade les différents types d'aménagement et d'espèces visées. Des objectifs plus précis devront par conséquent être formulés en concertation avec les milieux ornithologiques.

3.2.2 Dérangement

Par dérangement, on entend tout événement à même de provoquer un changement comportemental et/ou physiologique brusque. Les effets des dérangements sont souvent difficiles à appréhender, non seulement car les espèces et même parfois le même individu peuvent réagir différemment selon leur état physique, les conditions ambiantes ou l'intensité et la durée de l'événement, mais aussi car plusieurs facteurs se conjuguent souvent (p. ex. dérangements associés à des modifications d'habitat ou à une activité saisonnière).

L'utilisation accrue des lacs et cours d'eau par l'homme restreint les refuges des oiseaux d'eau. L'intensité avec laquelle les oiseaux réagissent diffère selon le type d'activité et selon la situation. On peut par exemple observer d'importants rassemblement d'oiseaux d'eau dans les ports où un dérangement est malgré toujours présent en période hivernale. Dans ce cas, c'est probablement la configuration du port et la connexion très proche de plusieurs habitats relais facilement accessibles en cas de fuite qui contribue à expliquer cette situation.



Figure 7 Grèbe castagneux photographié dans le port d'Auvernier, entre 2 bateaux.





Figure 8 *Mouettes rieuses et fuligule nyroca photographiés dans le port d'Auvernier.*

En cas de dérangement, les oiseaux d'eau réagissent majoritairement toujours de la même manière, c'est-à-dire en prenant la fuite. La plupart d'entre eux s'envolent quand une embarcation s'approche. Parfois ils tournent en rond pendant quelque temps et se reposent au même endroit mais dans d'autres cas ils quittent définitivement le site. Ces vols nécessitent régulièrement de devoir parcourir de grandes distances avant de trouver un autre secteur. Or voler demande beaucoup d'énergie, c'est pourquoi les oiseaux réduisent leur activité de vol en hiver. A cette période, ils arrivent souvent tout juste à ingérer suffisamment de nourriture pour couvrir leurs besoins énergétiques. Quand le cycle « alimentation-repos », typique pour les oiseaux d'eau, est continuellement interrompu, cela peut engendrer le départ définitif des oiseaux. Le potentiel du site ne peut ainsi pas être exploité. Il est donc important de fixer des objectifs pour un aménagement ciblant l'avifaune.

Sur la base des observations faites ces dernières années, certaines activités maintenant pratiquées presque toute l'année présentent un fort potentiel de dérangement. Il s'agit en particulier du stand-up paddle et les planches aérotractées tel le kitesurf. Dans ces cas, la distance de fuite des oiseaux peut atteindre plusieurs centaines de mètres.

Si certaines espèces tolèrent peu le dérangement, d'autres peuvent s'accoutumer d'une certaine proximité avec les activités humaines. Il s'agit toutefois d'un nombre restreint d'espèces.



Figure 9 *Poule d'eau photographiée sur un ponton en caillebotis à quelques mètres d'activités de nettoyages de bateaux.*

En phase d'installation généralement printanière, lorsqu'ils évaluent l'adéquation des sites, les oiseaux sont particulièrement sensibles aux dérangements. C'est toutefois durant la reproduction proprement dite que l'impact de ces derniers est particulièrement important, lorsqu'ils peuvent porter préjudice aux géniteurs ainsi qu'à leur descendance. Même des espèces anthropophiles peuvent être affectées, puisque des perturbations mineures, telles que celles provoquées par des chiens non tenus en laisse, peuvent réduire la densité de population, voire la diversité des espèces. Finalement, la qualité elle-même de la descendance peut être influencée par un stress modéré et bref, qui, en période de ponte, fait passer dans l'œuf les hormones correspondantes et influent sur les caractéristiques de la progéniture.

Sur la rive nord du lac de Neuchâtel, le potentiel de dérangement est globalement important et il n'existe que très peu de zones calmes et protégées. Il convient donc de prendre en compte ces dérangements ainsi que les possibilités de retrait et de déplacement des oiseaux.

3.2.3 Connectivité avec les milieux naturels aquatiques

La présence de milieux humides fonctionne comme un réseau écologique dans lequel la taille des habitats, la distance entre ces derniers et leur diversité jouent un rôle important pour les oiseaux d'eau. Les milieux suivants sont particulièrement importants :

- Les îles et îlots existants.
- Les roselières et cariçaies.
- Les étangs, mares et zones marécageuses.
- Les zones alluviales et forêts riveraines.
- Les cours d'eau et les zones d'embouchures.

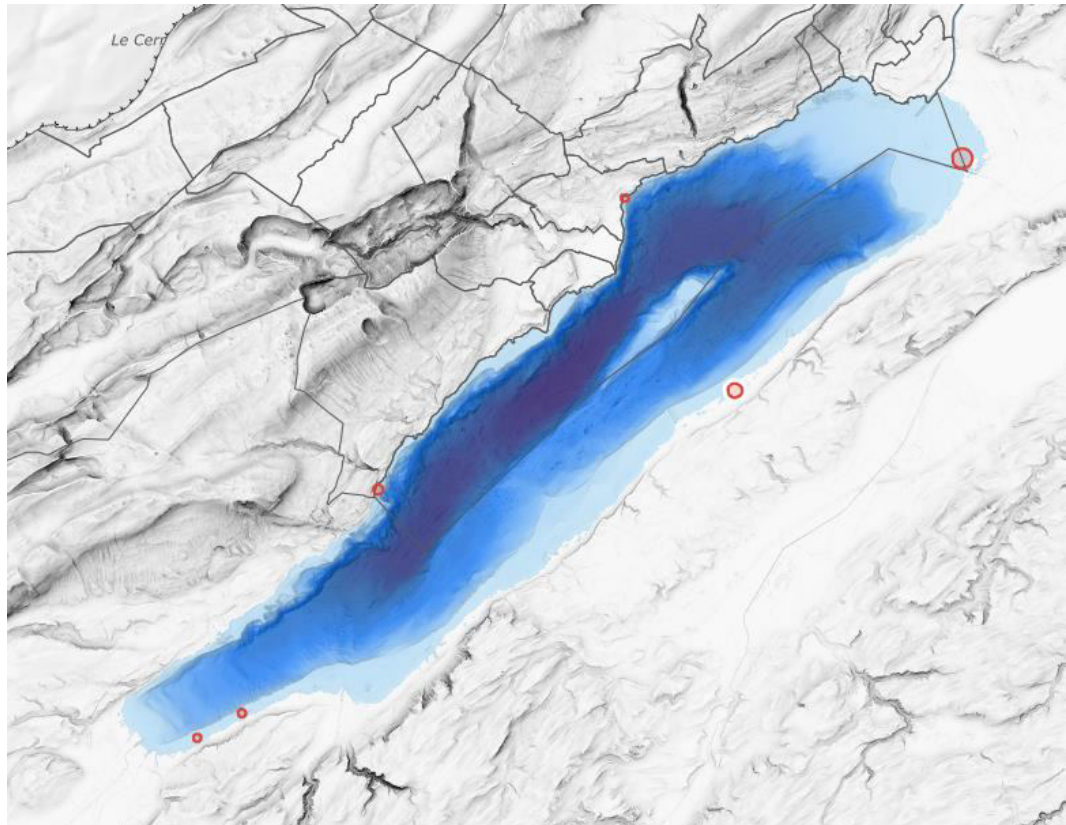


Figure 10 Localisation des principales îles artificielles (cercles rouges) présentes sur le lac de Neuchâtel. Source : SITN, 2022.

En raison de l'absence d'une cartographie précise des habitats aquatiques riverains, le SFFN² a élaboré une évaluation des valeurs naturelles et paysagères de la rive nord du lac de Neuchâtel. Cette étude a effectué un découpage de la rive en fins ensembles, qui se caractérisent par leurs degrés de naturalité, de connectivité, de densité du construit et de leur esthétique paysagère. Pour définir les secteurs prioritaires plusieurs analyses ont été conduites sur différents groupes d'espèces et pour la forêt, afin d'évaluer l'importance des secteurs pour la biodiversité. Les secteurs prioritaires sont définis en fonction du nombre de fois où un sous-secteur est cité comme important pour une espèce.

L'étude du SFFN a finalement été utilisée pour l'élaboration du Plan directeur des rives du lac de Neuchâtel (PDRives) adopté par le conseil d'état en février 2017. Cet instrument et en particulier son guide de mise en œuvre (exemple ci-dessous) constituent l'outil employé dans la présente étude pour évaluer la pertinence d'un site du point de vue de sa connectivité avec les milieux naturels aquatiques.

² Service de la faune, des forêts et de la nature (SFFN), canton de Neuchâtel, 2015 : Évaluation des valeurs naturelles et paysagères de la rive nord du lac de Neuchâtel entre Vaumarcus et la Thielle : faune, forêts, nature. Rapport de synthèse.

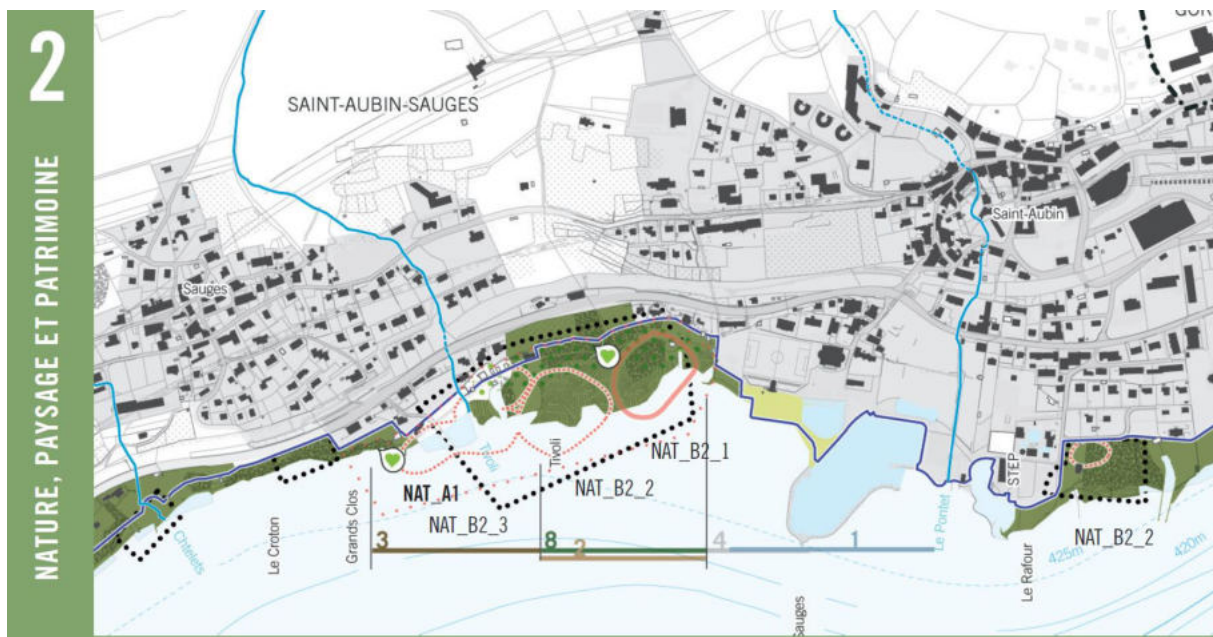


Figure 11 Exemple : fiche 2 du guide de mise en œuvre du PDRives. Source : DDTE, 2017.

Ce plan directeur s'articule autour d'objectifs, principes et lignes d'action déclinés en 26 mesures, parmi lesquelles cinq mesures phares résument l'essentiel du projet sous l'angle opérationnel :

- Établir et mettre en œuvre la planification stratégique de la revitalisation des cours d'eau et étendues d'eau ;
- Planifier et mettre en œuvre les sites potentiels pour des projets publics d'envergure ;
- Optimiser le sentier du lac dans les secteurs identifiés, en s'appuyant sur le droit de marchepied ;
- Planifier et mettre en œuvre les parcours cyclables sur les rives ;
- Optimiser l'offre des places d'amarrage pour une meilleure gestion des ports.

Dans le domaine de la nature, du paysage et du patrimoine, le PDRives vise à garantir la qualité paysagère, à préserver et à améliorer les milieux naturels et la biodiversité. En ce qui concerne l'urbanisation et le tourisme, l'objectif consiste à concentrer et à hiérarchiser le développement touristique et économique autour des ports principaux, lieux déjà investis et accessibles. Dans le domaine de la mobilité, le PDRives vise à assurer la continuité et la qualité des réseaux de mobilités douces, et répondre aux besoins de la population en lien avec la navigation de plaisance.

Les six zones de projets potentiels de revitalisation des rives identifiées dans la planification stratégique de revitalisation des rives lacustres neuchâtelaises ont également été considérées dans la présente étude.



Figure 12 Rassemblement de fuligules morillons et milouins derrière les îles artificielles de Vaumarcus créées dans le cadre de mesure de compensation de l'autoroute A5.



Figure 13 Exemple du chevalier Guignette photographié au delta de l'Areuse.

4. PRINCIPES ET MODES CONSTRUCTIFS D'ÎLES POUR L'AVIFAUNE

4.1 Exposition aux courants et aux vagues

L'exposition d'un emplacement aux vagues et aux courants influence fortement les choix de construction pour la création d'une île. Il n'existe actuellement pas encore de simulations hydrodynamiques en temps réel de type « Delft3D ». Il existe toutefois un outil d'évaluation des expositions aux vagues générées par les principaux vents pour des temps de retours de 2, 20 et 50 ans.

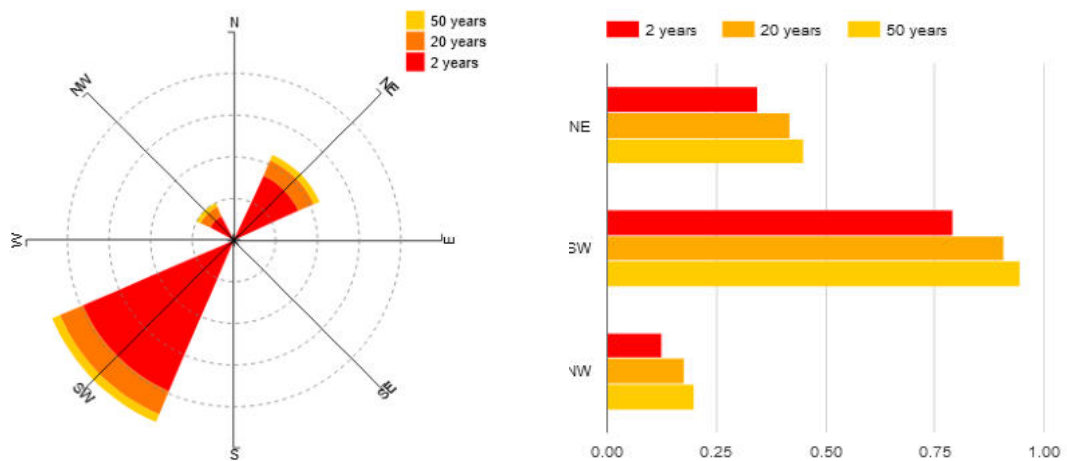


Figure 14 Rose des vents et hauteurs de vagues pour un emplacement donné. Source : OFEV, projet Swisslakes, 2022.

4.2 Niveau du lac

Le niveau du lac de Neuchâtel a été modifié lors des corrections des eaux du Jura et est actuellement contrôlé de manière artificielle pour atteindre un niveau moyen de 429.29 ms.m.

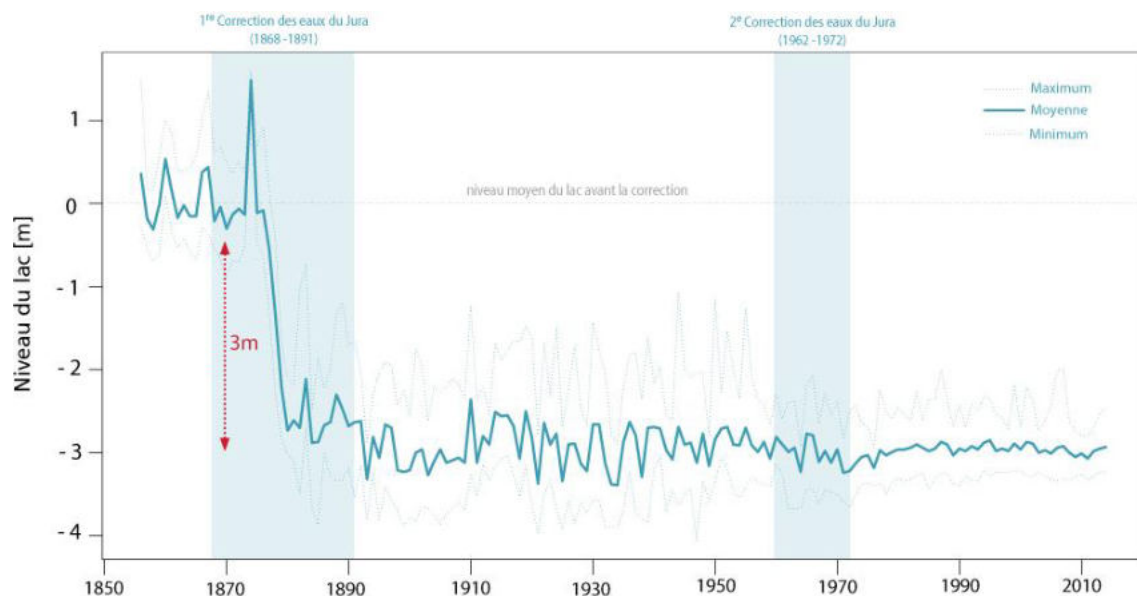


Figure 15 Fluctuations du niveau lac de Neuchâtel entre 1860 et 2010. Sources : GEG, 2022.

Les niveaux du lac de Neuchâtel fluctuent actuellement habituellement entre 428.80 et 430.40 ms.m, soit une amplitude de l'ordre de 1.5 mètre. Les hautes eaux sont généralement rencontrées à la fonte de neiges et les basses eaux en période hivernale.

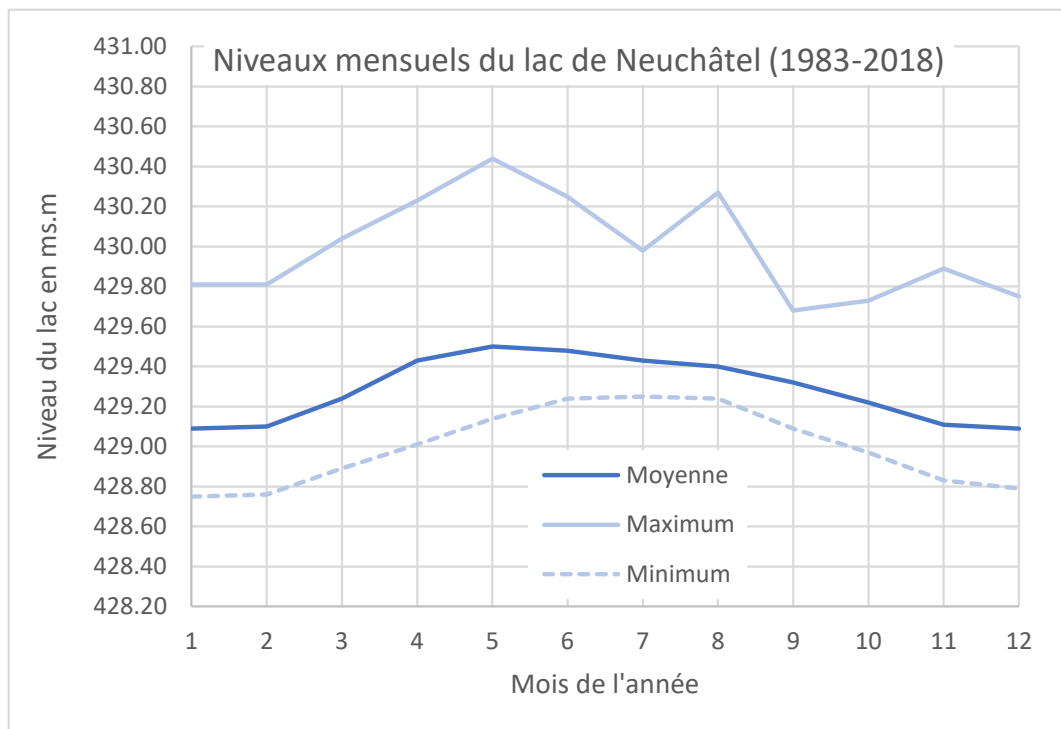


Figure 16 Niveaux mensuels pour la période 1983-2018. Mise en forme d'après : OFEV, 2022.

Il convient de noter que l'on dispose d'un recul limité sur les niveaux du lac de Neuchâtel depuis la dernière correction des eaux du Jura. On mentionnera en particulier les cotes record atteintes en juillet 2021 (430.72 ms.m). Cet épisode a en particulier démontré que le niveau du lac de Neuchâtel, bien que régulé, pouvait fluctuer dans des amplitudes susceptibles de générer des dégâts sur les infrastructures. Ces dégâts peuvent encore être amplifiés en cas de conjugaison avec des épisodes de vent engendrant des vagues. Il est par conséquent difficile, dans le contexte du dérèglement climatique actuel, de déterminer de manière fiable la fréquence d'évènements extrêmes.

Dans le cadre de la création d'îles, il convient de considérer que si l'on souhaite favoriser la nidification de l'avifaune (printemps, été), une cote minimale au-dessus de 430.50 ms.m devrait être visée. Il est en l'occurrence également nécessaire de prendre en considération la force et la hauteur des vagues. Ainsi, selon l'emplacement sélectionné, une ceinture protectrice d'une hauteur supplémentaire est nécessaire (généralement 50 à 100 cm au-dessus de la partie émergée de l'île).

Si l'île n'a pas de vocation de nidification, des cotes plus basses peuvent être envisagées, notamment par exemple pour favoriser des haut-fond propices aux espèces limicoles.

4.3 Mode constructif

Il existe plusieurs modes constructifs pour la réalisation d'îles. De manière générale, le mode constructif doit être adapté à la topographie, à la profondeur du site et à l'affectation précise recherchée pour l'avifaune.

Le mode de réalisation le plus répandu consiste à effectuer un remblai avec des matériaux minéraux calcaires non gélifs. Ces derniers sont recouverts d'un géotextile, puis sur la partie exposée, d'une couche de ballast surmontée de blocs d'encrochements disposés sous la forme d'une ceinture de protection. Sur la partie moins exposée à l'arrière des encrochements, une zone plus ou moins plane composée par exemple de tout-venant lacustre (matériel fluvioglaciaire) peut être aménagée. L'arrière de l'île est réalisé si possible en pente douce jusqu'au substratum ou stabilisée avec des encrochements si la pente ou/et la profondeur sont trop importantes. Un exemple de profil type indicatif est présenté à la page suivante.



Figure 17 Photo de la réalisation des îles de Vaumarcus. Source Aquarius, novembre 2004.

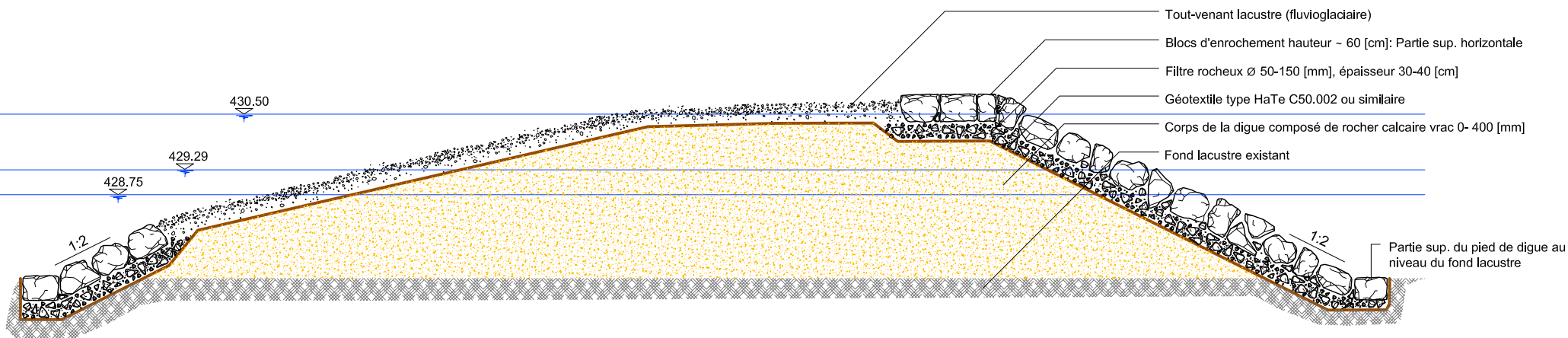
On part du principe que plus la surface de la partie émergée de l'île est grande et plus son potentiel pour l'avifaune est élevé. La végétalisation est en principe à éviter, raison pour laquelle il faut faire attention à ne pas choisir des matériaux comportant de la matière organique.

En alternative à la construction d'îles, des plateformes sur pieux fixes sont également envisageables pour favoriser la nidification de certaines espèces telles que la sterne pierregarin et la mouette rieuse. On dispose actuellement d'un bon retour d'expérience dans ce dispositifs. On notera cependant que la fonction biologique de ces plateformes est très limitée pour les autres communautés animales et végétales.

Finalement, il convient de rappeler que quel que soit le dispositif ou le mode constructif retenu, une surveillance ainsi qu'un entretien sont nécessaires et indispensables.

AMENAGEMENT D'UNE ILE POUR L'AVIFAUNE

Principe et profil type indicatif



Exemples de possibilités de réalisation



Canton de Neuchâtel - SFFN

Rive nord du lac de Neuchâtel
Pré-étude comparative de positionnements possibles
pour l'implantation d'îles pour l'avifaune

PLAN INDICATIF

Echelle: 1:125

Unités: [cm]
Altitude: [m]

AQUARIUS (Réf.: 13-22)

Modifié	Dess.	Contr.	Modifié	Dess.	Contr.
19.01.23	AQ - JP				



5. PROPOSITION DE PÉRIMÈTRES D'IMPLANTATIONS ET MATRICE DE COMPARAISON

La sélection des périmètres jugés les plus favorables pour l'implantation d'îles a été effectuée sur la base de critères prioritairement topographiques ainsi que des considérations développées au chapitre 3. Ces périmètres sont représentés ci-après et en détail à l'annexe 3. Il s'agit d'une présélection de 12 périmètres qui apparaissent comme potentiellement favorables. Pour chaque périmètre, une évaluation a été réalisée sous la forme d'une matrice qui évalue au moyen de 5 classes (du moins favorable au plus favorable) les critères suivants :

A Critères abiotiques		Critères et arguments d'évaluation
A1	Profondeur	Plus la profondeur est importante, plus les contraintes constructives et l'emprise sur le fond du lac sont importantes et donc moins favorable.
A2	Substratum	Plus le substratum est lâche et instable et plus la réalisation d'une île est complexe et jugée moins favorable.
A3	Topographie	Plus la topographie est accidentée, complexe, et plus les exigences constructives sont importantes et par conséquent moins favorable.
A4	Exposition au vent	Plus la zone est exposée aux vents dominants et plus les mesures de protection doivent être importantes et donc l'appréciation moins favorable.
A5	Archéologie	La présence d'un périmètre archéologique est une contrainte jugée moins favorable.
B Activités humaines		
B1	Navigation	Une zone connue comme corridor dense de navigation est considérée comme moins favorable.
B2	Aspects piscicoles et halieutiques	Un secteur reconnu comme propice à la reproduction d'espèces piscicoles menacées ou présentant un intérêt halieutique est considéré comme moins favorable.
B3	Activité de loisirs	La proximité des zones où une activité de loisir est régulièrement réalisée est jugée comme moins favorable.
B4	Paysage	Certains espaces importants des rives du lac jouissent d'un dégagement remarquable qui pourrait être influencé négativement par la construction d'îles ce qui dans ce cas serait jugé moins favorablement.
B5	PDRives & planification de la revitalisation	Les lignes directrices du PDRives et les six zones de projets potentiels de revitalisation des rives identifiées dans la planification stratégique de revitalisation des rives lacustres neuchâteloises donnent une indication plus ou moins favorable selon les intentions de développement souhaités.
C Critères biotiques		
C1	Proximité d'habitats	La proximité de milieux naturels aquatiques tels que ceux décrits au chapitre 3.2.3 est un facteur qui influence favorablement l'évaluation.
C2	Distance à la rive	Plus la zone est proche de la rive et plus l'effet ressenti de protection risque d'être réduit et donc l'évaluation moins favorable.
C3	Dérangements	La présence d'une urbanisation marquée ou/et d'activités humaines importantes dans la bande riveraine et d'arrière-rive est considérée comme une source de dérangement potentielle et ainsi jugée moins favorable.

Tableau 1 Critères utilisés pour évaluer les périmètres.

Le résultat de l'évaluation des périmètres selon les critères susmentionnés est présenté à la page suivante.

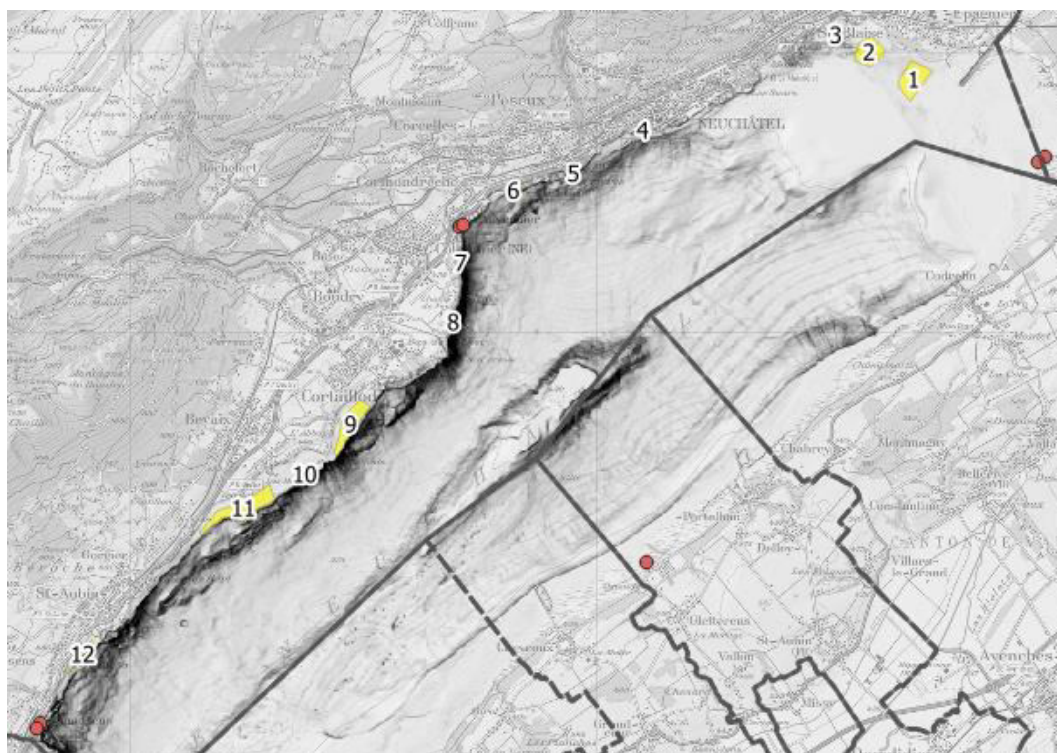


Figure 18 Situation des périmètres sélectionnés (cartes détaillées à l'annexe 3) avec en rouge les îles existantes.

		Périmètres											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NOTE GLOBALE	1.0	4.36	4.10	3.42	2.66	2.86	3.74	3.04	3.44	4.04	3.88	4.14	3.74
A Critères abiotiques et topographiques	0.4	4.00	4.00	3.80	3.00	3.40	4.00	3.40	3.60	4.40	4.20	4.40	4.20
A1 Profondeur		5	5	4	3	2	4	4	4	5	5	5	5
A2 Substratum		4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
A3 Topographie		5	5	5	3	2	4	2	2	5	5	5	5
A4 Exposition au vent		2	2	2	4	4	3	4	3	4	4	4	4
A5 Archéologie		4	4	5	1	5	5	3	5	4	3	4	3
B Activités humaines	0.3	4.20	4.00	3.00	3.20	3.00	3.80	2.60	3.00	3.60	3.00	3.60	3.20
B1 Navigation		4	3	2	4	3	4	2	2	4	3	4	3
B2 Pêche		4	4	4	5	4	3	3	3	3	3	3	3
B3 Loisirs		4	4	3	3	2	3	3	4	4	3	4	4
B4 Paysage		4	4	3	2	3	4	2	2	3	2	3	2
B5 PDRives & revitalisation rives		5	5	3	2	3	5	3	4	4	4	4	4
C Critère biotiques	0.3	5.00	4.33	3.33	1.67	2.00	3.33	3.00	3.67	4.00	4.33	4.33	3.67
C1 Proximité d'habitats		5	4	3	1	3	4	3	4	3	4	4	4
C2 Distance à la rive		5	5	4	2	1	3	3	3	5	5	5	4
C3 Dérangement		5	4	3	2	2	3	3	4	4	4	4	3

Tableau 2 Matrice de comparaison des périmètres présélectionnés pour la création d'îles.

Sur la base de cette matrice, ce sont respectivement les périmètres 1, 11, 2, 9 et 10 qui obtiennent les notes les plus favorables. Ces périmètres présentent en particulier l'avantage d'avoir peu de contraintes en lien avec la topographie et pour certains avec les activités humaines.

5.1 Proposition de périmètres

L'évaluation et la faisabilité de l'implantation d'une ou plusieurs îles au sein de ces périmètres devront être affinées, notamment le positionnement et le dimensionnement optimaux du ou des ouvrages au sein du périmètre retenu.

Il convient toutefois de ne pas exclure définitivement les autres périmètres, en particulier les opportunités qui se présentent en lien avec les projets de revitalisation des rives, en particulier pour les périmètres 5 et 6.

5.2 Coûts

Les coûts sont donnés pour une île implantée à une profondeur d'environ de 5 mètres, pour une surface émergée totale d'environ 2'500 m² (dont approximativement 1'000 m² composés de blocs de protection).

Pos.	Poste	Détails	Quantité	Unité	Prix unitaire	Total
1	Installation de chantier	Machines, plateforme, bateaux, etc.	1	bloc	125 000.00	CHF 125 000
2	Rocher calcaire vrac	Fourniture et mise en place de matériel de remblai calcaire	7 500	m ³	142.00	CHF 1 065 000
3	Façonnage du corps de l'île	Façonnage général du remblai (corps de l'île)	7 500	m ³	12.00	CHF 90 000
4	Géotextile Hate C 50.002	Fourniture et pose	3 500	m ²	5.50	CHF 19 250
5	Filtre 50-150 mm	Fourniture, mise en place (ép. 0.4 m) sur géotextile et réglage	1 500	m ³	135.00	CHF 202 500
6	Enrochements	Fourniture, tri et mise en place de blocs calcaires non gélifs	3 800	t	185.00	CHF 703 000
7	Façonnage des îles	Façonnage fin des pentes semi immergées de l'îlot côté protégé	2 000	m ²	9.50	CHF 19 000
8	Couche superficielle	Fourniture et mise en place de grave alluvionnaire 0-200 (ép. 0.4 m) (Tout venant du lac)	1 500	m ³	172.00	CHF 258 000
	Total HT					CHF 2 481 750

De nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer de manière importante les coûts de réalisation d'une île, en particulier la disponibilité et le prix des matériaux employés, en particulier ceux de remblayages (pos. 2). Certains chantiers (creuse de tunnel, terrassements, etc.) ou stocks existants peuvent dans ce contexte être la source de matériaux intéressants et valorisables à moindre coût. Il convient toutefois dans ce cas de bien prendre en compte également les montants liés aux chargements/déchargements ainsi qu'aux transports de ces matériaux.

La profondeur d'implantation de l'île influence de manière prépondérante son coût de réalisation, ainsi une île implantée à faible profondeur (2-3 m) nécessitera beaucoup moins de matériaux et consécutivement de main d'œuvre que celle chiffrée ci-dessus (prof. 5 m). A contrario, pour une île à une profondeur d'environ 10 m, il faut compter un facteur de multiplication des coûts d'approximativement 2 en raison de la quantité supplémentaire de matériaux nécessaire pour atteindre la surface émergée souhaitée et les contraintes/adaptations de mise en œuvre requises pour les profondeurs élevées.

6. REMARQUES ET RECOMMANDATIONS

La présente analyse permet de faire ressortir les périmètres présentant les caractéristiques les plus favorables à l'implantation d'îles. La comparaison de ces périmètres en fonction de critères d'appréciation permet de les hiérarchiser.

Dans la perspective de la poursuite de la construction d'îles, les remarques et recommandations suivantes peuvent également être formulées :

- Le choix d'un ou de plusieurs périmètres favorables requiert la consultation des différents acteurs concernés, au minimum : ornithologues, service de la navigation, société(s) de dragage au bénéfice d'un permis d'exploiter, corporation des pêcheurs professionnels, services cantonaux, etc.
- Les critères d'évaluation de la faisabilité de mise en œuvre nécessitent généralement, en plus de la consultation des acteurs susmentionnés, la mise en œuvre d'investigations complémentaires, plus particulièrement sur le type et la densité du substrat, la valeur biologique initiale du site (frayères, herbiers, etc..) et de particularités topographiques.
- Les objectifs d'aménagement (surface, forme, végétalisation, etc.) ainsi que l'avifaune visée doivent être déterminés consciencieusement avec la validation définitive d'un emplacement.
- La surveillance et l'entretien d'une île sont indispensables et doivent impérativement être anticipés, de même que la présence possible de certaines espèces telles que le grand cormoran ou le goéland leucopnée dont la présence peut entrer en conflit avec les objectifs visés.

7. ANNEXES

- Annexe 1** Ecomorphologie des rives du lac de Neuchâtel - Extraits

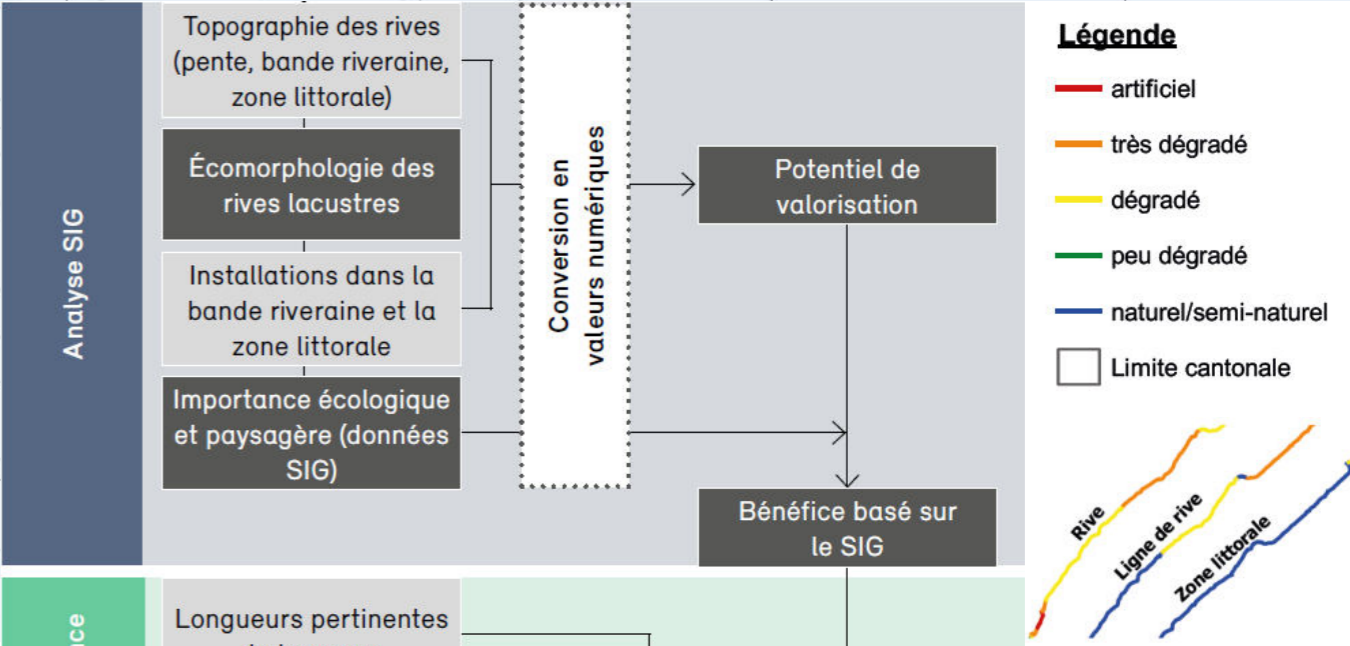
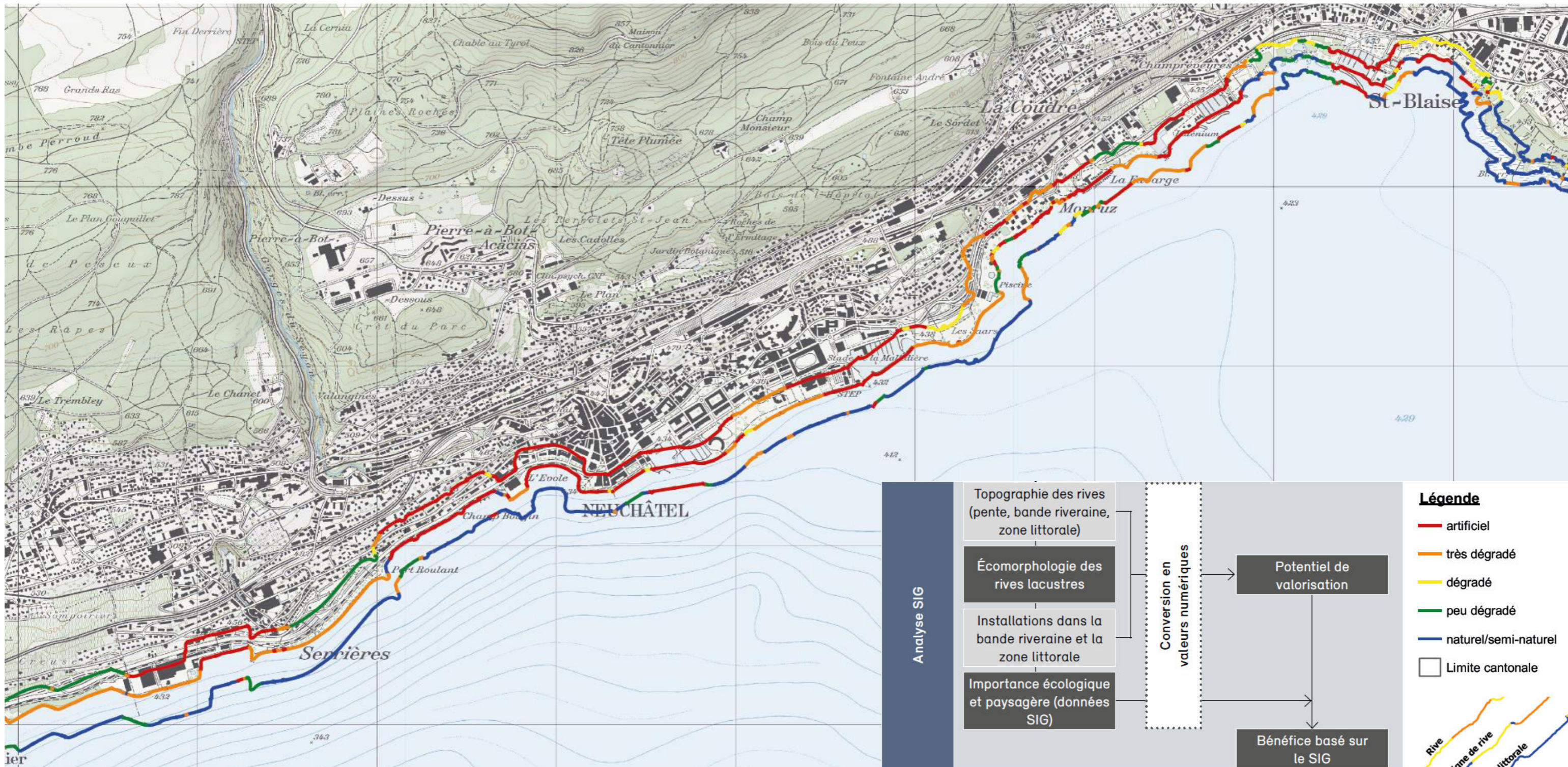
- Annexe 2** Planification stratégique de revitalisation des rives lacustres neuchâteloises - Extraits

- Annexe 3** Projet de « Réaménagement du Parc des Jeunes-Rives » - Extraits

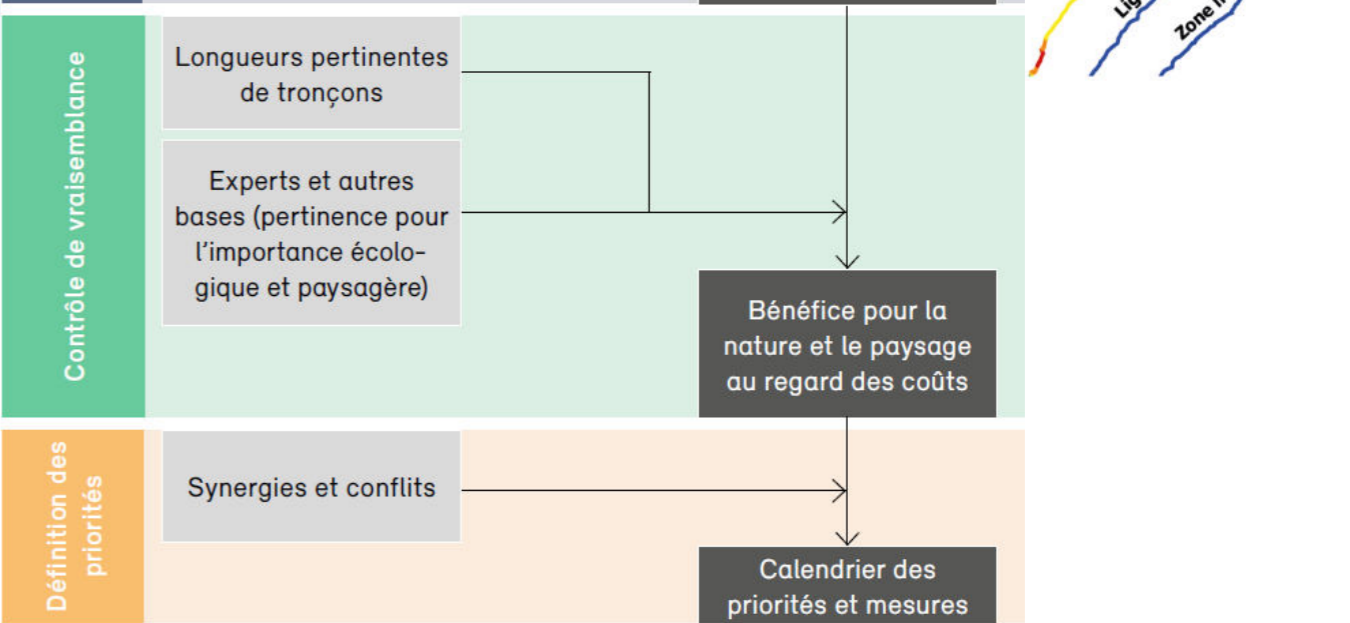
- Annexe 4** Cartes des périmètres de positionnement possibles

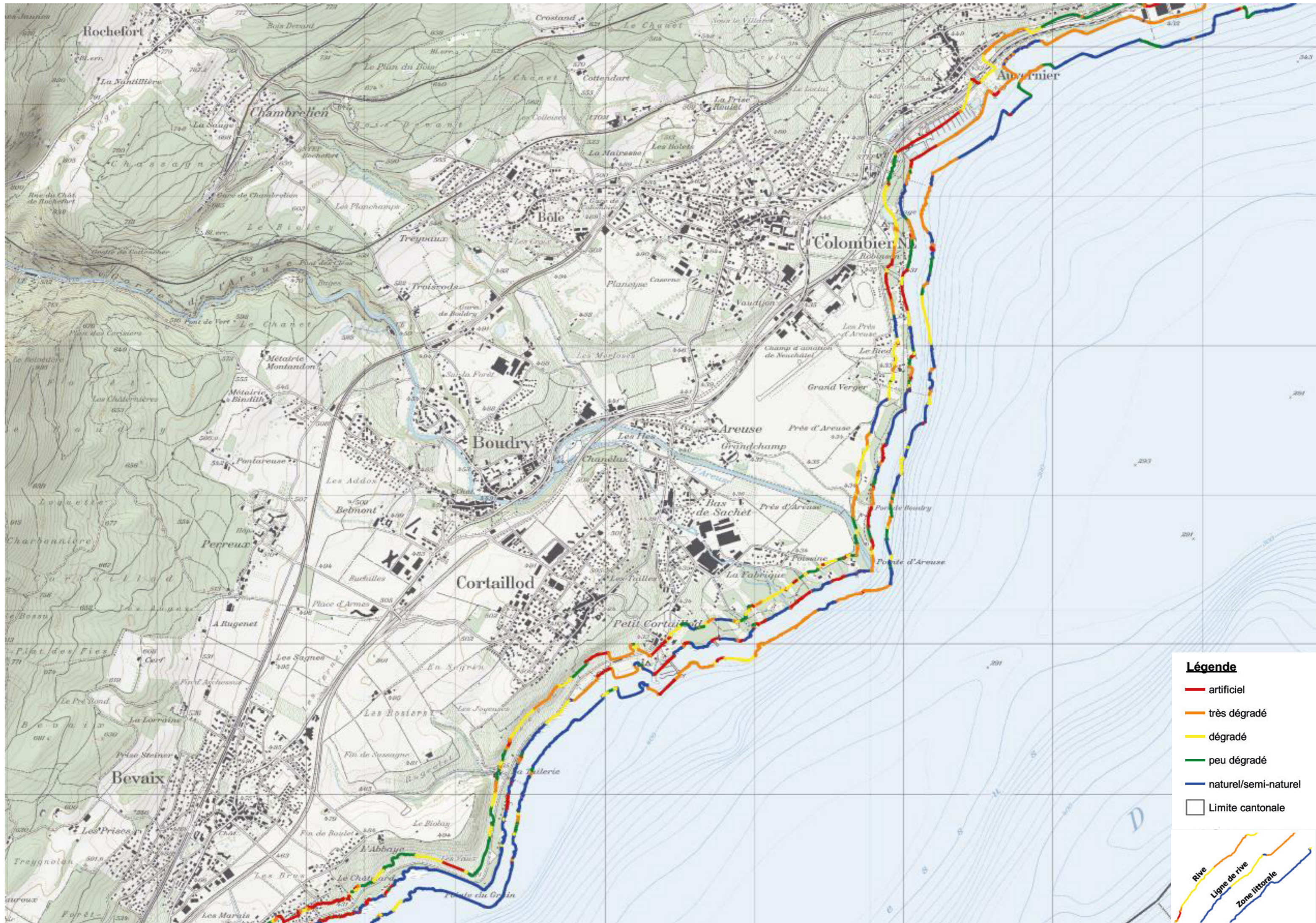
Annexe 1

Ecomorphologie des rives du lac de Neuchâtel - Extraits



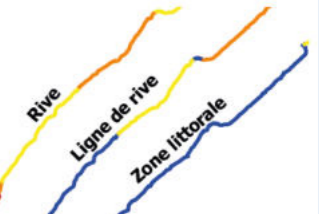
	Ecomorphologie	Arrière-rive	Bande-riveraine	Ligne de rive	Zone littorale
Lac de Neuchâtel-NE					
34940 m	5149 4298 6109 8917 10467	5672 4004 9407 11097 4760	8081 4547 9430 3388 9494	13629 1484 1277 7117 11433	19627 3692 3365 6259 1997

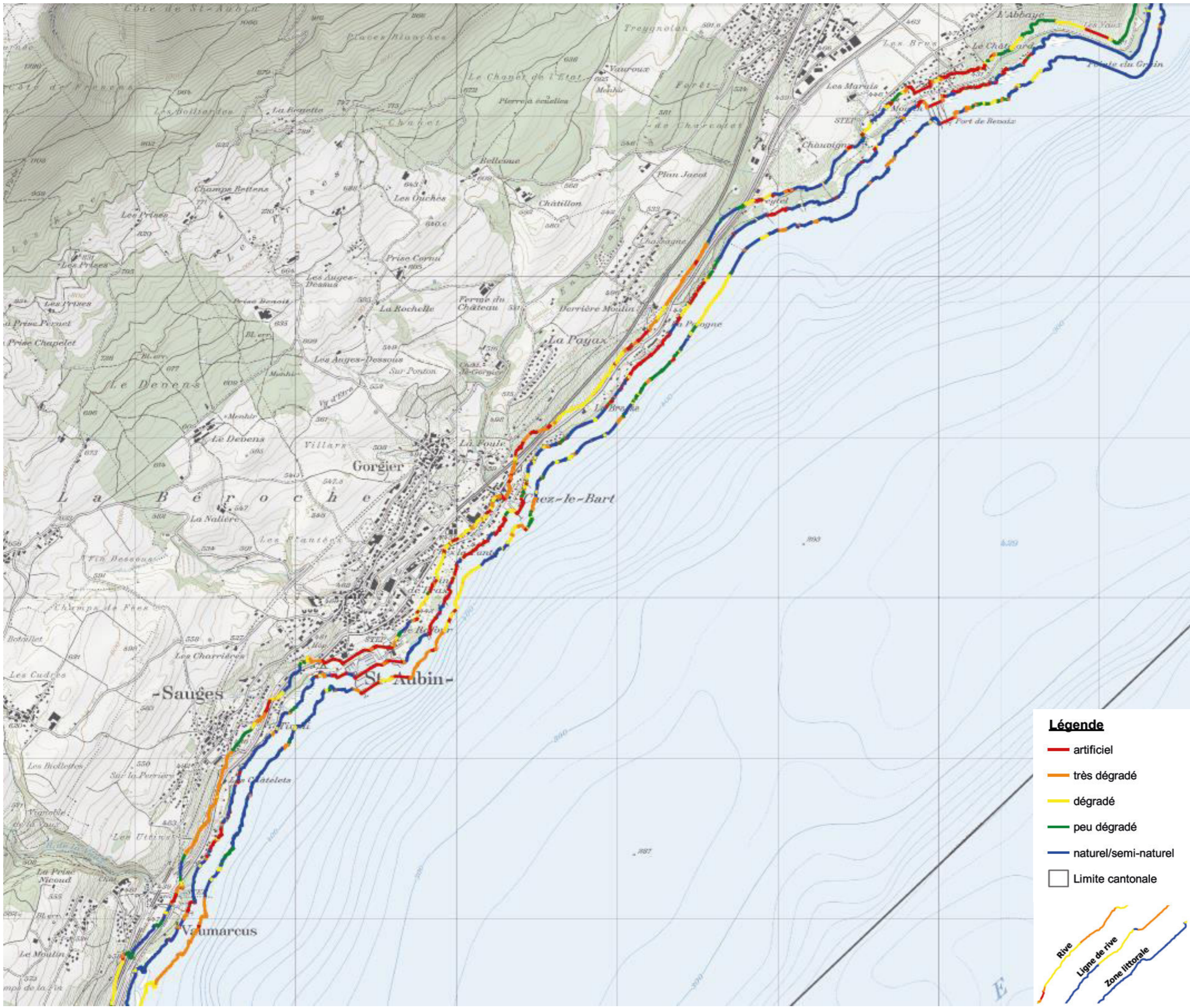




Légende

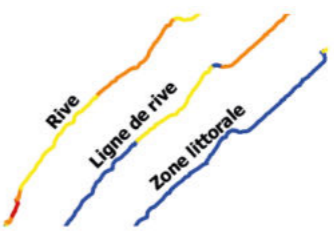
- artificiel
- très dégradé
- dégradé
- peu dégradé
- naturel/semi-naturel
- Limite cantonale





Légende

- artificiel
- très dégradé
- dégradé
- peu dégradé
- naturel/semi-naturel
- Limite cantonale



Annexe 2

Planification stratégique de revitalisation des rives lacustres neuchâtelaises

**Planification stratégique de la revitalisation
 des rives lacustres**

**Bénéfice basé sur le SIG
 du lac de Neuchâtel (sud)**

Légende

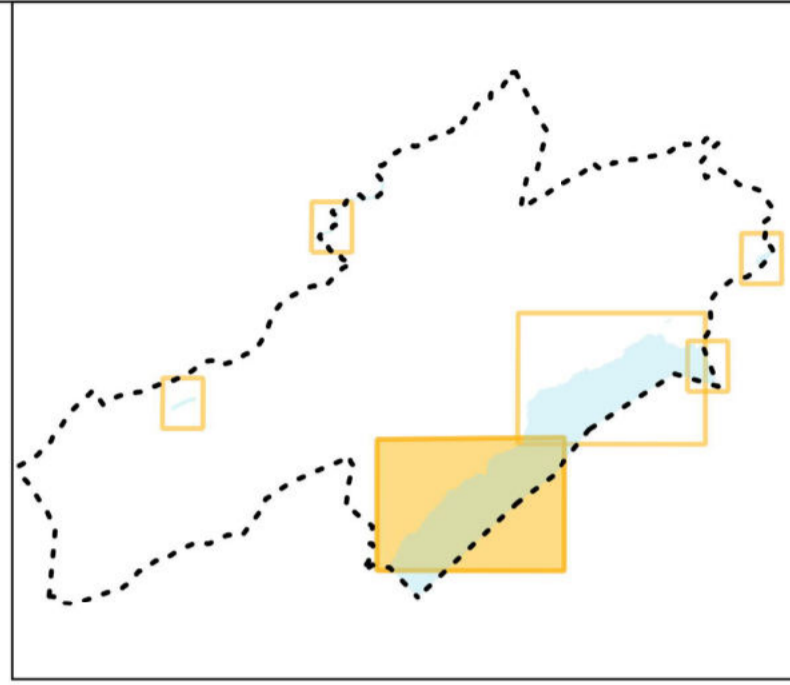
— Réseau hydrographique

Bénéfice basé sur le SIG

— Faible

— Moyen

— Important



1:15'000

0 0.25 0.5 0.75 1 km

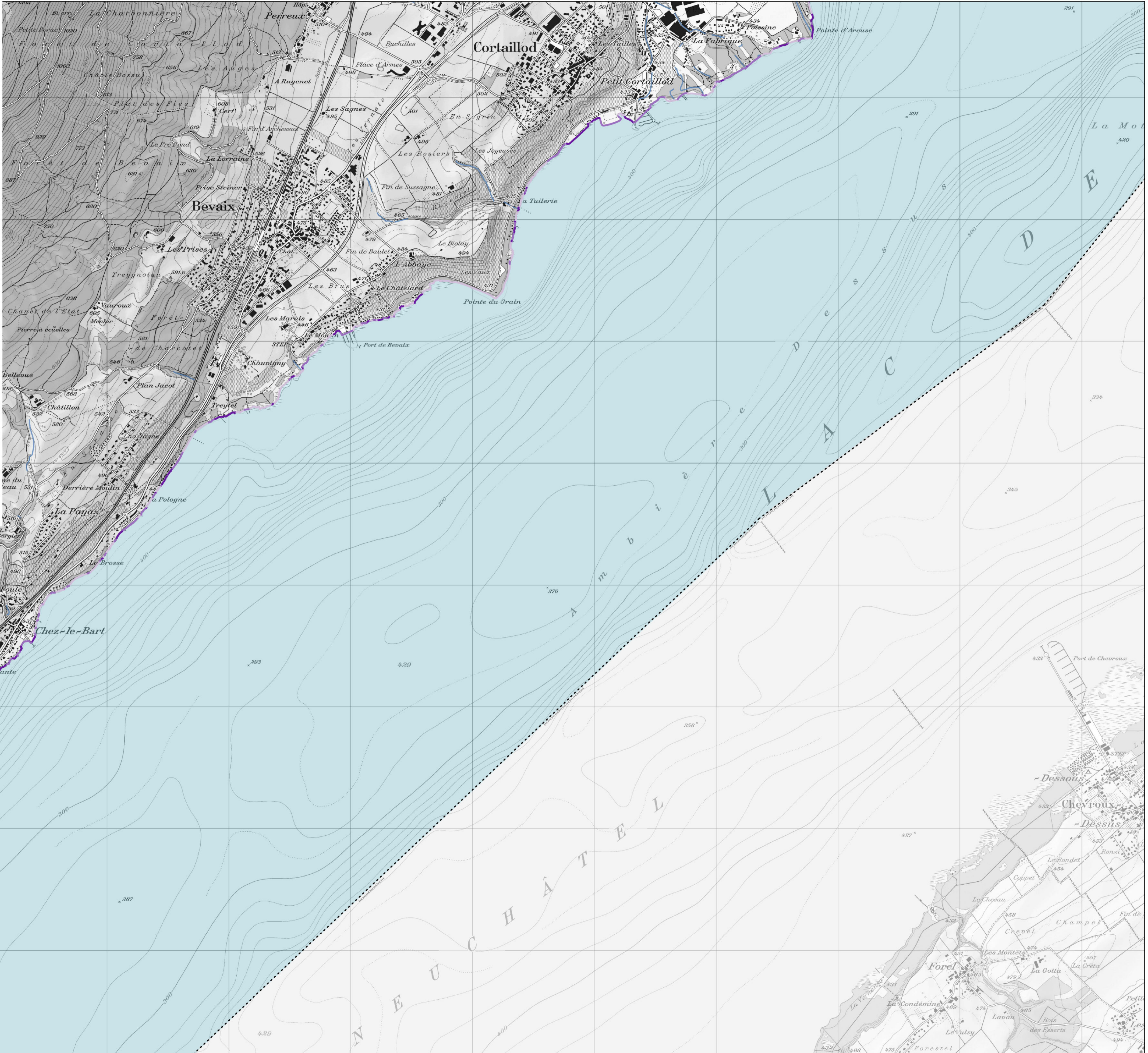


N° de Dossier: 585 N° de Plan: 585_2022149_4a
 Format: 84 x 59.4 cm

Date	Projet	Dessin	Contrôle
14.09.2022	OG - CB	OG	JR



Données cartographiques du SITN (2020)
 Office fédéral de la topographie (501.23807 072 K & 501.30130 050 K)



**Planification stratégique de la revitalisation
 des rives lacustres**

**Bénéfice basé sur le SIG
 du lac de Neuchâtel (nord) et du Loclat**

Légende

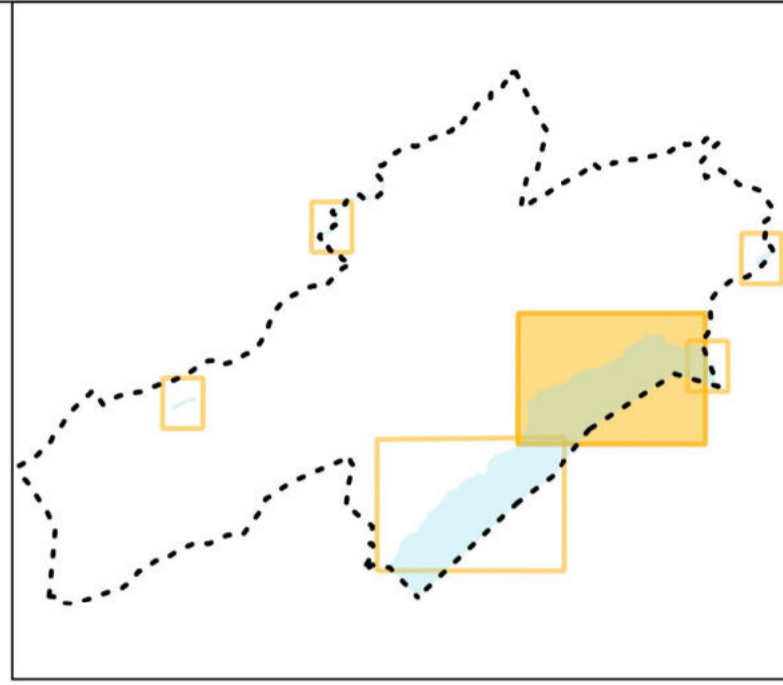
— Réseau hydrographique

Bénéfice basé sur le SIG

— Faible

— Moyen

— Important



1:15'000

0 0.25 0.5 0.75 1 km



N° de Dossier: 585 N° de Plan: 585_2022149_4b

Format: 84 x 59.4 cm

Date	Projet	Dessin	Contrôle
14.09.2022	OG - CB	OG	JR



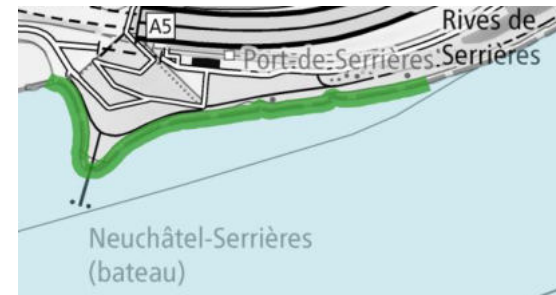
Données cartographiques du SITN (2020)
 Office fédéral de la topographie (GSI 23887 072 K & GSI 39130 050 K)



G - Revitalisation Serrières

Lac de Neuchâtel

Commune	Neuchâtel	Secteur	Fleurette	Cadastre	DPCant 796, DPCant 3, Lac de Neuchâtel
Synergies	PDS ERE BNPC Important Zone de protection des rives	Conflits	RAS	Longueur	340 m
				Coûts estimés	850'000 CHF
Type de mesure	Aménagement d'une berge plane par remblayage Structuration de la rive Adaptation du terrain côté terre	Calendrier	2029-2032	Subvention fédérale	55%
				Part cantonale	382'500 CHF



Légende :

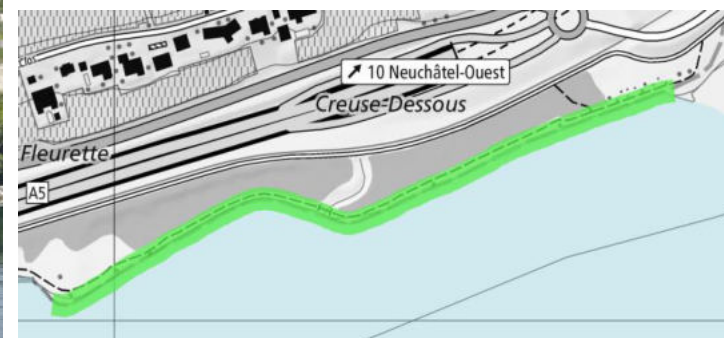
PDS ERE : Plan directeur sectoriel de l'espace réservé aux eaux

BNPC : Bénéfice de la revitalisation pour la nature et le paysage au regard des coûts

C - Revitalisation Fleurette

Lac de Neuchâtel

Commune	Milvignes	Secteur	Fleurette	Cadastre	DPCant 124, 125 Auvernier DPCant 2, Lac de Neuchâtel
Synergies	PDS ERE PDRives, fiche sectorielle 11 , améliorer les espaces verts Cours d'eau à proximité: Le petit Ruau tpece à ciel ouvert BNPC Important	Conflits	RAS	Longueur	630 m
				Coûts estimés	1'575'000 CHF
Type de mesure	Aménagement d'une berge plane par remblayage	Calendrier	2037-2040	Subvention fédérale	55%
				Part cantonale	708'750 CHF



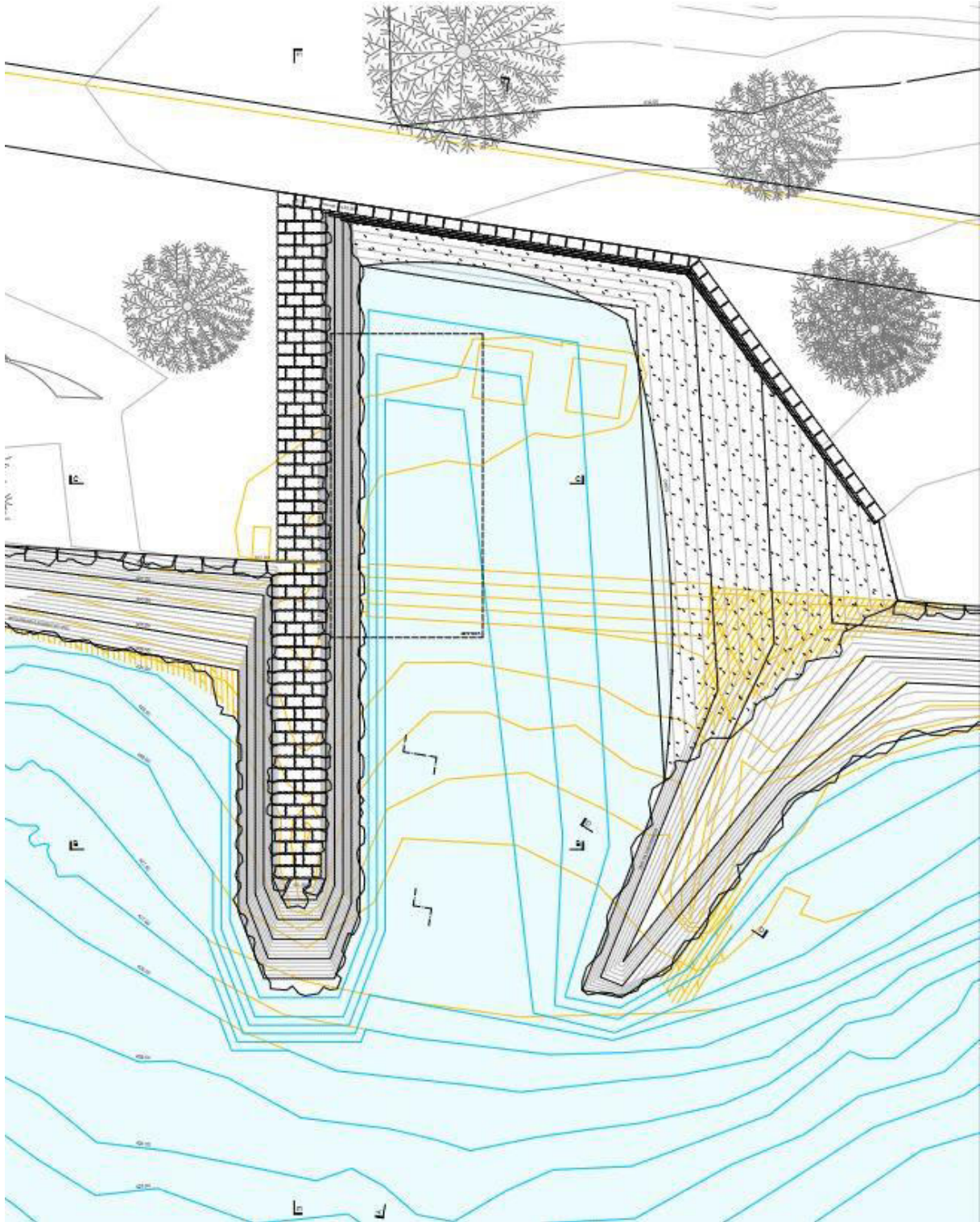
Légende :

- PDRives** : Plan directeur des rives du Lac de Neuchâtel
- PDS ERE** : Plan directeur sectoriel de l'espace réservé aux eaux
- BNPC** : Bénéfice de la revitalisation pour la nature et le paysage au regard des coûts

Annexe 3

Réaménagement du Parc des Jeunes-Rives - Extraits





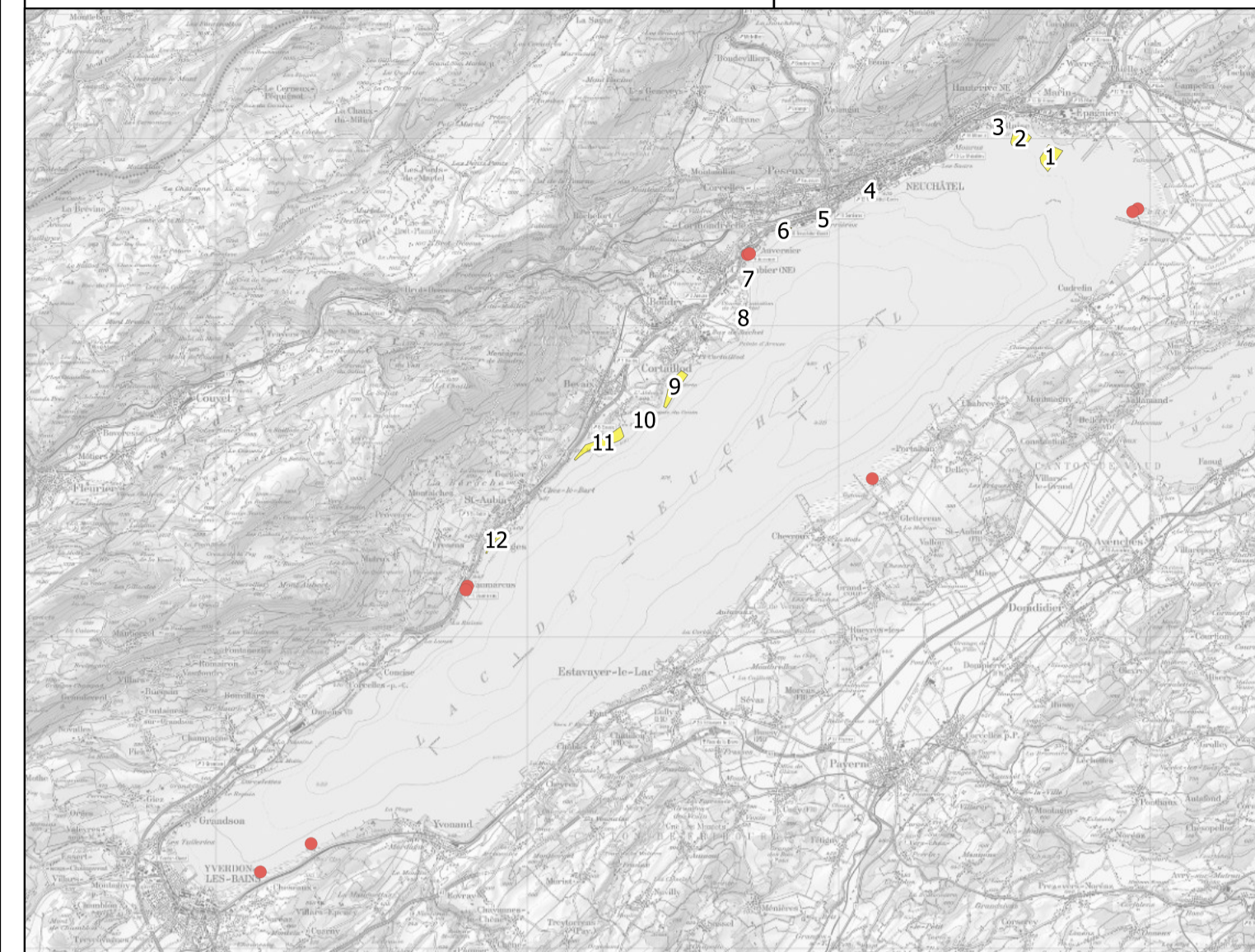
Annexe 4

Cartes des périmètres de positionnement possibles

Pré-étude comparative de positionnements possibles pour l'implantation d'îles pour l'avifaune

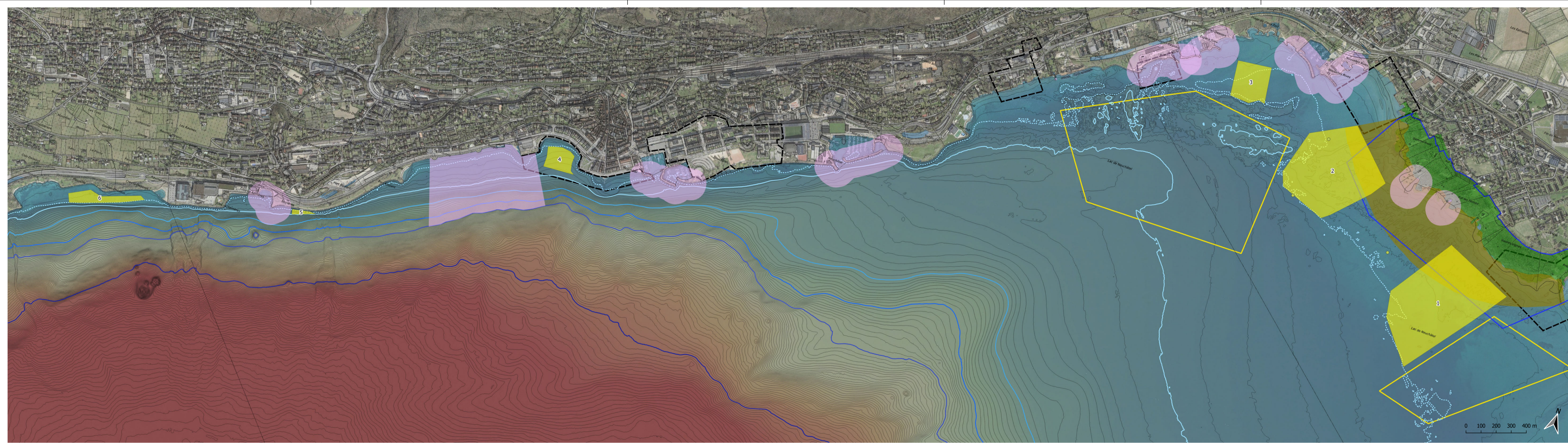
Plan de situation 1

Echelle: 1:10 000

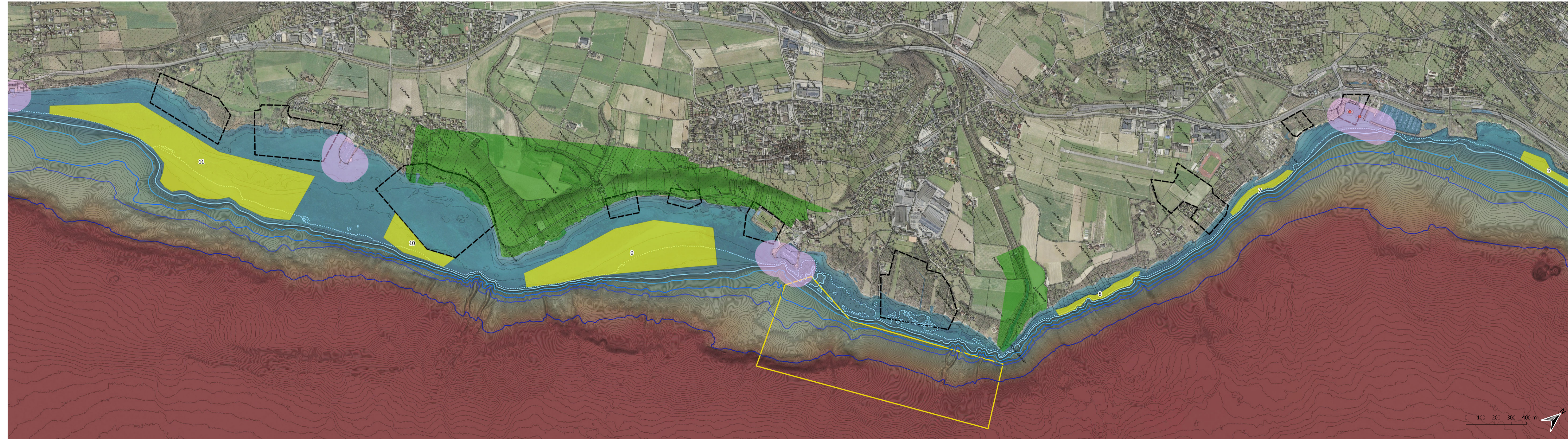


N° Plan: AQ.13-22.1001
Format: 1260 x 594 mm
Sources:
- SITN ©
- Swisstopo ©

Version	Date	Auteur	Remarque
1	13.01.2023	JPL	-



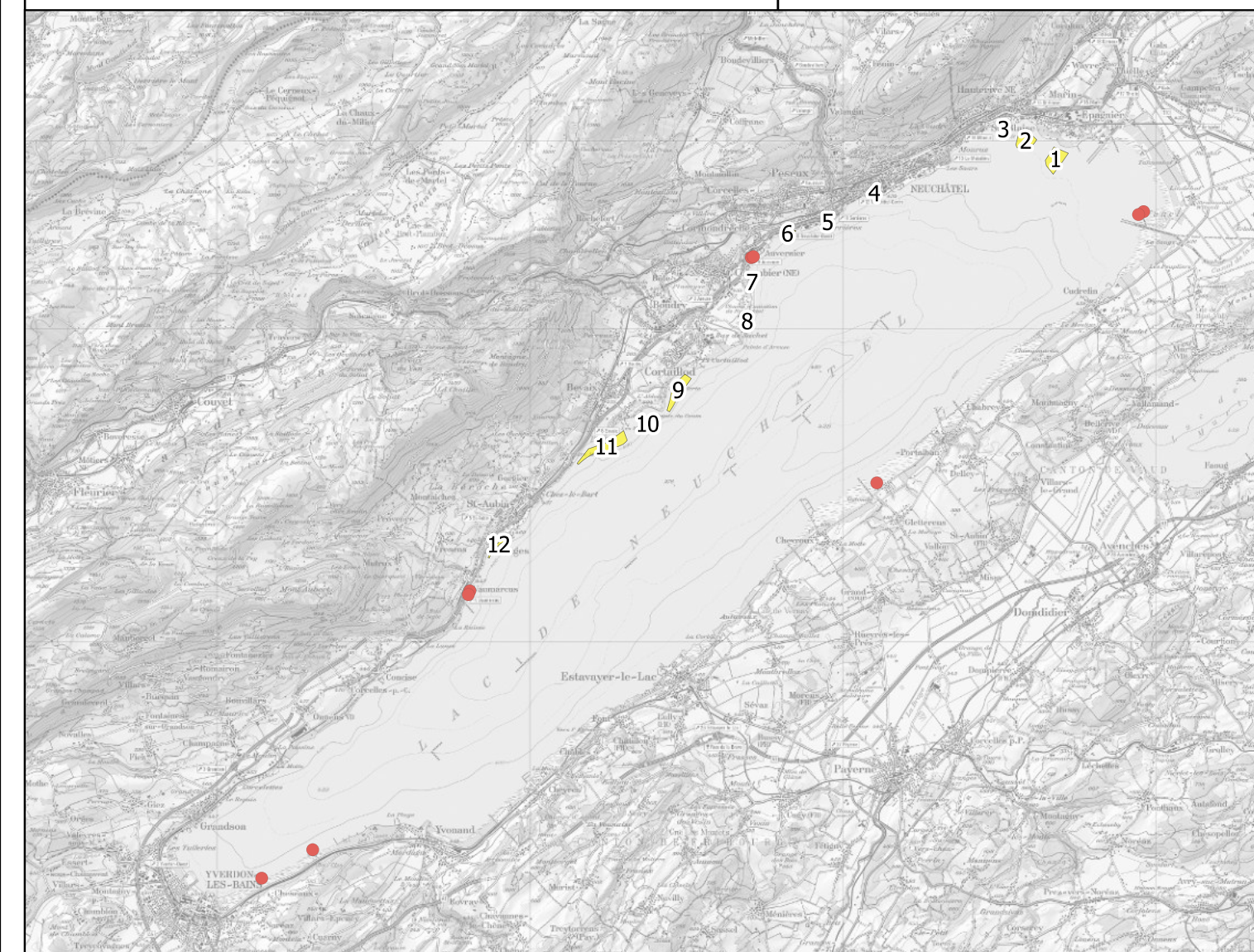
- Légende**
- Iles existantes
 - Péri-mètres de dragage (PAC)
 - Profondeurs:
 - -80
 - -40
 - -30
 - -20
 - -10
 - -5
 - Péri-mètres retenus et comparés pour l'implantation d'îles
 - Zones de protection des rives
 - Réserve d'oiseaux d'eau et de migrateurs (OROEM)
 - Zones de vignes et grèves (décret de 1966)
 - Péri-mètres tampons liés aux activités nautiques
 - Zone à protéger communale ZP2
 - Péri-mètres de protection archéologique



Pré-étude comparative de positionnements possibles pour l'implantation d'îles pour l'avifaune

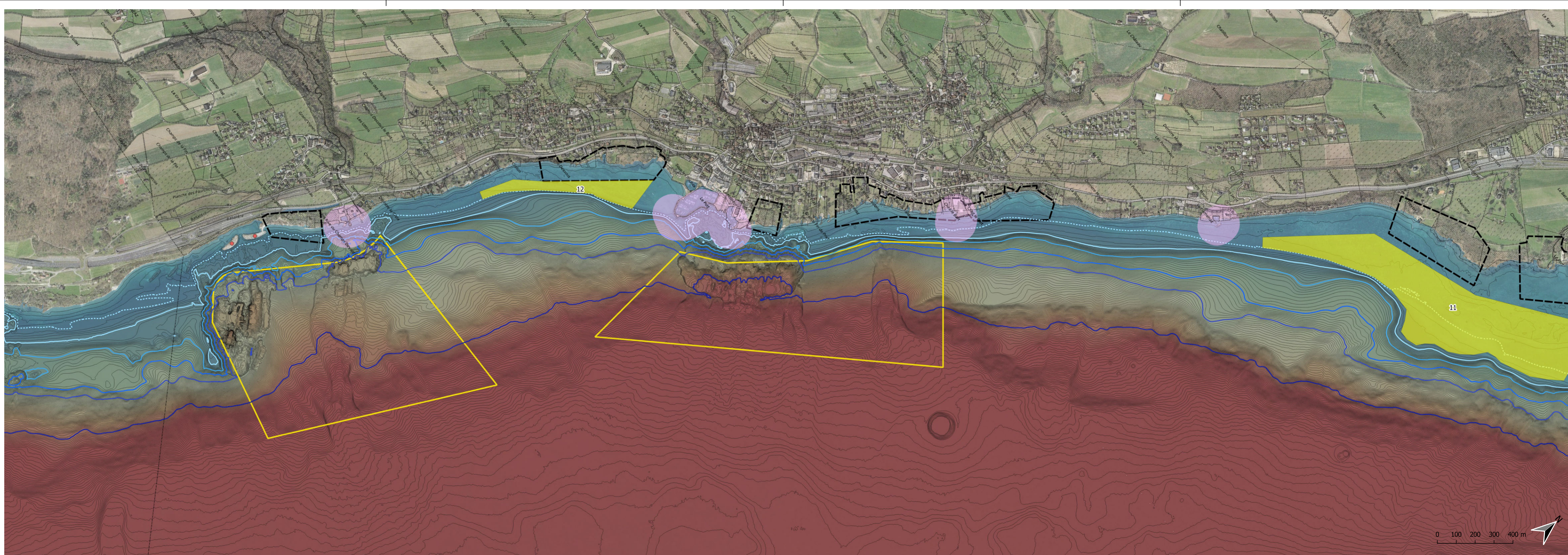
Plan de situation 2

Echelle: 1:10 000



Légende

- Iles_existantes
- Périmètres de dragage (PAC)
- Profondeurs:
 - -80
 - -40
 - -30
 - -20
 - -10
 - -5
- Périmètres retenus et comparés pour l'implantation d'îles
- Zones de protection des rives
- Réserve d'oiseaux d'eau et de migrateurs (OROEM)
- Zones de vignes et grèves (décret de 1966)
- Périmètres tampons liés activités de navigation
- Zone à protéger communale ZP2
- Périmètres de protection archéologique



Version	Date	Auteur	Remarque
1	13.01.2023	JPL	-