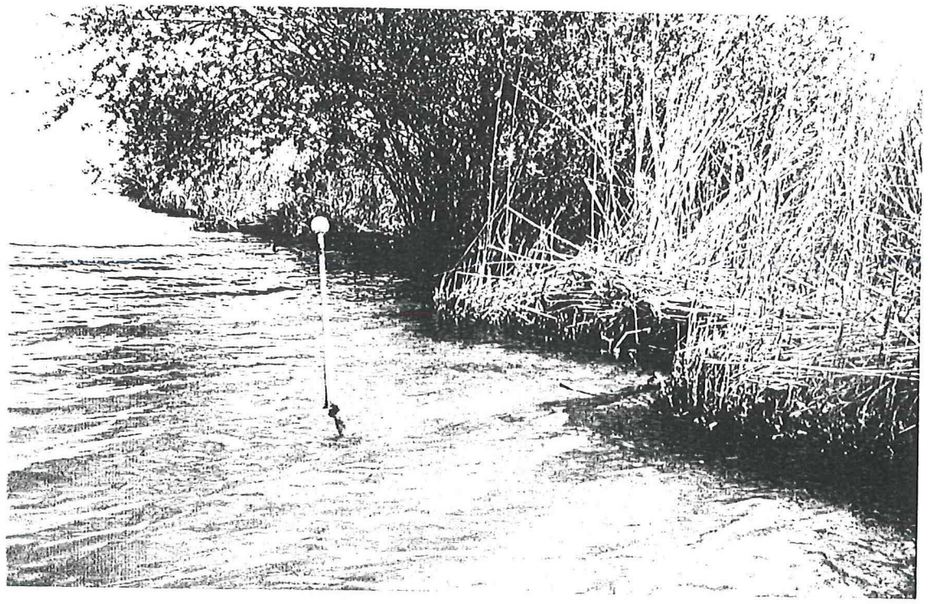
Entreprise de correction fluviale
Rive sud du lac de Neuchâtel

TRONÇON PILOTE DE CHESEAUX-NORÉAZ

SUIVI BIOLOGIQUE DES MESURES ANTI-ÉROSION



Rapport annuel 1997

Février 1998

BUREAU DE RECHERCHE EN
BIOLOGIE ET ENVIRONNEMENT
expertises
études d'impact
recherche appliquée

ECOTEC ENVIRONNEMENT S.A., rue F.-Ruchon 3, CH-1203 Genève - tél. (022) 344.91.19 - fax. (022) 344.33.65 - e-mail. ecotec@bluewin.ch

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION 1

2. MÉTHODOLOGIE 2

2.1 Programme de base du suivi biologique 2

2.2 Macrophytes 2

2.3 Macroinvertébrés benthiques 3

2.4 Poissons 4

2.5 Analyse de l'effet des ouvrages 4

2.6 Avifaune 4

2.6.1 Rappel des suivis OROEM et objectifs du suivi complémentaire 4

2.6.2 Suivi complémentaire estival 5

2.7 Suivi physico-chimique 6

2.7.1 Rappel des objectifs et répartition des tâches 6

2.7.2 Sédimentologie 7

3. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE 1997 8

3.1 Macrophytes 8

3.2 Macrofaune 12

3.2.1 Rappels 12

3.2.2 Résultats 12

3.3 Poissons 15

3.3.1 Généralités 15

3.3.2 Suivi du rendement de la pêche 16

3.4 Avifaune 17

3.4.1 Données existantes (suivi OROEM) 17

3.4.2 Suivi complémentaire 18

3.5 Sédiments 19

4. CONCLUSIONS 21

5. ANNEXES 23

1. INTRODUCTION

En juin 1996, l'Entreprise de correction fluviale de la rive sud du lac de Neuchâtel a mandaté le bureau ECOTEC pour réaliser le suivi biologique des mesures anti-érosion sur le tronçon pilote de Cheseaux-Noréaz.

La période d'observation de ce suivi biologique est prévue sur 5 ans, de 1996 à l'an 2002 (pas de suivi en 1999 et 2001). Les travaux quant à eux vont débuter en automne 1997 et se terminer pendant le deuxième semestre 1999, soit une durée de 2 ans. Les deux premières années de suivi représentent un état initial, la troisième un état pendant les travaux et les deux dernières un état postérieur aux travaux.

L'observation de l'influence des ouvrages sur l'écosystème aquatique et riverain est effectuée au travers de l'étude des groupes taxonomiques suivants :

- les macrophytes ;
- les macroinvertébrés benthiques ;
- les poissons.

La première année du suivi biologique s'est achevée avec la reddition d'un rapport en octobre 1996. Ce document rappelait tout d'abord les objectifs de ce suivi ainsi que la méthodologie utilisée pour les trois groupes taxonomiques. La deuxième partie du rapport présentait les résultats obtenus au cours cette première année, et qui concernaient les macrophytes et les poissons.

Ces éléments ont été présentés lors de la séance du 12 décembre 1996 qui réunissait l'ensemble des personnes concernées par les mesures de lutte contre l'érosion et le suivi biologique du tronçon pilote. Les recommandations formulées lors de cette séance ont été discutées plus en détail entre le bureau ECOTEC et la Conservation de la faune du canton de Vaud et le programme de suivi biologique a été définitivement arrêté le 15 avril 1997.

En 1997, le suivi biologique a été axé sur la définition de l'état initial pour la macrofaune benthique. Les photos aériennes réalisées par l'Office fédéral de topographie en juillet ont permis de compléter les informations concernant la végétation aquatique. La concertation des pêcheurs professionnels et la récolte de données auprès de ces derniers ont également été mises en place. L'ensemble des résultats de cette deuxième année de suivi figure dans le présent rapport.

A noter qu'un mandat complémentaire pour le suivi de l'avifaune sur le tronçon pilote a été attribué au bureau ECOTEC en mai 1997 par la Conservation de la faune. La méthodologie utilisée dans le cadre de cette étude et les résultats des recensements effectués pendant la saison de nidification 1997 sont également présentés ici.

Finalement, le bureau ECOTEC est aussi chargé de suivre l'évolution des caractéristiques des sédiments sur les différents transects retenus pour le suivi biologique. Les résultats des premiers prélèvements réalisés en juillet 1997 sont traités dans ce rapport.

2. MÉTHODOLOGIE

La méthodologie adoptée dans le cadre du suivi biologique du tronçon pilote a été présentée dans le détail dans le rapport ECOTEC d'octobre 1996. Seuls les modifications apportées par la suite ou les compléments en ce qui concerne le suivi de l'avifaune ou le suivi des sédiments sont abordés ici.

2.1 Programme de base du suivi biologique

Le programme de base du suivi biologique comprend :

- la définition précise de l'état initial (campagnes 1996 et 1997) ;
- un état pendant les travaux (campagne 1998) ;
- un état un an après les travaux (campagne 2000) ;
- un état final 3 ans après les travaux (campagne 2002).

Ce programme (tableau 1) pourra être précisé suivant le déroulement des travaux.

TABLEAU 1 : PROGRAMME DE BASE DU SUIVI BIOLOGIQUE

	<----travaux---->						
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Macrophytes	•	(•) photos	•		•		•
Macrofaune		•	•		•		•
Poissons	•	(•) données pêcheurs	•		•		•
Etat	<---initial---><---pendant------><--------après travaux--------->						

2.2 Macrophytes

Un survol de la rive Sud du lac de Neuchâtel a eu lieu les 13 et 21 juillet 1997, planifié conjointement par ECOTEC et l'Office fédéral de topographie de Wabern. L'état initial pour les macrophytes, défini lors de la première campagne de suivi en été 1996 peut ainsi être affiné.

De plus, les zones de végétation recensées en 1996 et cartographiées par un système SIG ont été localisées selon leurs coordonnées géographiques suisses.

2.3 Macroinvertébrés benthiques

Le suivi de la macrofaune est effectué au moyen de prélèvements réalisés sur différents transects. Un transect a été choisi pour chacun des 6 types d'ouvrage projetés (tableau 2 et carte à l'annexe 1). Sur chaque transect, 2 stations sont situées entre la rive et l'emplacement de l'ouvrage (stations a et b) et deux stations se trouvent au-delà de l'ouvrage (stations c et d).

Les coordonnées géographiques des stations ont été définies au moyen d'un système de positionnement différentiel par satellite (DGPS). L'appareil utilisé est un appareil de marque Garmin (GPSMAP 175) autonome et portable dont le récepteur suit et utilise jusqu'à 12 satellites simultanément. La station GPS de référence est située à Zimmerwald près de Berne et est exploitée par l'Office fédéral de topographie en collaboration avec les PTT-Telecom depuis début 1996 ("service DGPS suisse"). Les valeurs correctives sont diffusées par RDS (Radio Data System sur le réseau d'ondes FM) depuis l'émetteur du Chasseral et reçues par le GPS mobile moyennant un décodeur RDS-RXMAR1. Ce système différentiel permet à 95% des coordonnées horizontales X;Y mesurées de se situer dans un intervalle de ± 1-2 m par rapport à la valeur absolue.

Les principaux critères d'évaluation (structure des peuplements, taxons indicateurs, indice de diversité, densité, etc.) déterminés pour chacune des stations permettent d'effectuer les comparaisons suivantes (traitement statistique) :

1) Pour chaque station, suivi de l'évolution au cours du temps (droite de régression avec n = 4). Le regroupement de différentes stations ayant au départ la même communauté type permet d'augmenter le nombre de points.
2) Comparaison globale devant /derrière ouvrage (test annuel et sur 5 ans).

Les communautés types identifiées doivent être indépendantes de la position par rapport à l'ouvrage. Elles seront examinées suite à la campagne 1997 et les modalités d'échantillonnage pourront être discutées si nécessaire.

TABLEAU 2 : CARACTÉRISTIQUES DES 6 TRANSECTS RETENUS POUR L'ÉCHANTILLONNAGE DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES

Transect n°	Type d'ouvrage	Longueur transect	Coordonnées repère en rive	Orientation (azimut)
1	plage baigneurs/bateaux	200 m	540.735/182.008	340 °N
2	brise-lames	150 m	541.250/182.215	330 °N
3	récif artificiel	200 m	541.792/182.509	330 °N
4	palissade	150 m	542.026/182.640	350 °N
5	épi en enrochements	200 m	542.285/182.725	360 °N
6	îlot pour oiseaux	200 m	543.079/183.195	330 °N

2.4 Poissons

La méthodologie proposée dans l'offre ECOTEC de mai 1996 et le rendu tel que présenté dans le rapport ECOTEC d'octobre 1996 sont conservés.

2.5 Analyse de l'effet des ouvrages

L'analyse de l'effet des ouvrages est réalisée telle qu'indiquée dans le tableau ci-dessous (tableau 3). Le type d'analyse est différent pour chacun des taxons considérés. L'effet des ouvrages est mis en évidence sur la base de comparaisons entre un état initial (avant travaux), un état pendant les travaux et un état final (après les travaux).

TABLEAU 3 : ANALYSE DE L'EFFET DES OUVRAGES EN FONCTION DES DIFFÉRENTS TAXONS CONSIDÉRÉS

Taxon	Analyse de l'effet des ouvrages
Macrophytes	Analyse **quantitative** possibilités de comparaisons de certains types d'ouvrages en procédant par échantillonnage sur les données exhaustives récoltées (cartographie intégrale)
Macrofaune benthique	Analyse **quantitative** - définition de l'effet global de tous les ouvrages - test annuel et sur 5 ans
Poissons	Analyse **qualitative** chiffrée

2.6 Avifaune

2.6.1 Rappel des suivis OROEM et objectifs du suivi complémentaire

L'avifaune de la rive sud du lac de Neuchâtel (et du tronçon pilote) est étudiée dans le cadre du suivi des OROEM, financé par deux mandats de l'OFEFP :

- La situation hivernale est suivie dans le cadre d'un mandat d'étude des OROEM à la Station Ornithologique Suisse. Il comprend 6 recensements hivernaux (1 par mois). Dans ce cadre, le GEG (Groupe d'étude et de gestion de la rive sud du lac de Neuchâtel) organise les comptages des différents

secteurs par des ornithologues amateurs, regroupe les résultats et les transmet à la Station Ornithologique.

- La situation estivale est suivie dans le cadre d'un petit mandat spécifique que l'OFEFP a donné au GEG. Il permet d'organiser deux recensements estivaux par des ornithologues amateurs. Dans la mesure du possible, les responsables de chaque secteur sont encouragés à visiter le site plus souvent, et il en résulte des résultats plus ou moins complets et détaillés selon les secteurs. Le secteur d'étude (OROEM Champ-Pittet) est suivi par Laurent Willenegger pour le compte du GEG.

Il est probable que les aménagements qui vont être réalisés sur le tronçon pilote vont modifier les conditions trophiques et améliorer les possibilités de nourrissage des oiseaux. L'utilisation de la zone par les oiseaux devrait donc évoluer. Cet effet pourrait être encore renforcé si des mesures de protection plus efficaces contre les dérangements sont mises en place. Un suivi de l'avifaune se justifie donc pleinement.

L'état de référence est relativement bien connu pour les oiseaux hivernants, vu leur faible densité. Des observations ne peuvent se justifier que si les recensements mensuels OROEM mettent en évidence une augmentation de la fréquentation de la zone.

Par contre, les recensements estivaux, qui se concentrent sur les résultats de la nidification, ne suffisent pas à comprendre l'exploitation actuelle de la zone par l'avifaune. Des observations systématiques (voir paragraphe 2.6.2) doivent permettre en particulier de préciser l'utilisation du secteur, de localiser les sites exacts de nourrissage et d'en évaluer l'importance pour les oiseaux nicheurs de Champ-Pittet. Le choix de points d'observation fixes et un protocole précis permettent de réaliser un suivi reproductible sur l'utilisation de la zone par les oiseaux avant et après les travaux de stabilisation de la rive. Les résultats de ce suivi permettront une meilleure compréhension du fonctionnement de la zone OROEM en tant que site de nidification pour l'avifaune, et en particulier l'importance de la zone littorale pour ces oiseaux. Il permettra d'évaluer plus précisément les impacts des mesures anti-érosion sur ces oiseaux.

2.6.2 Suivi complémentaire estival

Le suivi complémentaire de l'avifaune est basé sur une campagne d'observations détaillées dans la zone des étangs de Champ-Pittet pendant la saison de nidification (entre le mois d'avril et le mois d'août), selon une fréquence de l'ordre de une à deux demi-journées par mois et à partir de postes d'observation fixes. Les oiseaux de la zone sont recensés et localisés exactement (avec boussole et télémètre) sur leurs zones de nourrissage. La cartographie des observations peut ensuite être corrélée avec les observations faites dans les autres domaines du suivi biologique (macrophytes, macrofaune, poissons).

Les postes qui ont été aménagés pour ce suivi sont les suivants :

- Le poste principal A est situé sur l'ouvrage de fortification existant en limite de la zone interdite à la navigation (derrière la bouée B1). Il permet de suivre le secteur lacustre le plus fréquenté par les oiseaux d'eau en été.
- Un deuxième poste B est situé 280 m au NO, en face de la future île, entre les bouées B3 et B4. Il permet de compléter les observations lacustres.
- Enfin, le troisième poste C est aménagé sur les arbres à proximité du deuxième poste et permet de suivre les activités dans le grand étang de Champ-Pittet (en dehors du secteur d'étude).

Pour des raisons pratiques, le secteur d'étude a été restreint à une petite portion du tronçon pilote, c'est-à-dire à un périmètre de 300 m environ autour du poste d'observation principal A.

En ce qui concerne l'organisation du travail, ce suivi complémentaire de l'avifaune est réparti entre le bureau ECOTEC et le GEG. Le travail de terrain est assumé essentiellement par le GEG, qui met à disposition une stagiaire et a aménagé les postes d'observations. Le bureau ECOTEC se charge quant à lui de l'organisation du suivi (préparation du protocole, instruction aux observateurs, mise à disposition du matériel), du contrôle et de l'analyse des données et de leur intégration dans le présent rapport.

Les observations de terrains effectuées durant la saison de nidification 1997 (avril à août) ne seront en principe plus nécessaires avant la fin des travaux, le but étant d'évaluer les impact définitifs (et non pas transitoires) des travaux de stabilisation.

2.7 Suivi physico-chimique

2.7.1 Rappel des objectifs et répartition des tâches

Le but du suivi physico-chimique est de mesurer les effets des ouvrages de lutte anti-érosion sur la beine lacustre et de mettre en relation ces effets avec les impacts constatés sur les groupes taxonomiques étudiés dans le cadre du suivi biologique (macrophytes, macrofaune, poissons). Les données récoltées constituent de ce fait un des éléments essentiels pour l'établissement du rapport d'impact prévu pour le solde des tronçons à réaliser.

Les éléments qui doivent être pris en compte dans le cadre du suivi physico-chimique sont le suivi de la ligne de rive, l'influence des ouvrages sur la bathymétrie ainsi que l'évolution de la sédimentologie sur le tronçon pilote.

Suite aux différentes réunions de la commission exécutive de l'Entreprise de correction fluviale rive sud du lac de Neuchâtel et à la séance de coordination qui a eu lieu le 1er juillet 1997 entre le GEG et les bureaux BURRI & PAVID, MARTIN et ECOTEC, la répartition des tâches suivante a été décidée :

- Le suivi de la ligne de rive est une mission du GEG et sera effectué sur la base des photos aériennes de 1997 et futures.

- Le suivi bathymétrique est du ressort du bureau MARTIN qui a déjà réalisé la bathymétrie du tronçon pilote en 1991 (état de référence). Des levés complémentaires seront réalisés en 1997 au droit des ouvrages prévus et une bathymétrie finale sera effectuée à la fin des travaux.
- Le suivi des sédiments est confié au bureau ECOTEC.

La méthodologie adoptée pour le suivi des sédiments est abordée en détail ci-dessous.

2.7.2 Sédimentologie

Le suivi de la nature des sédiments permet de préciser l'importance des phénomènes de sédimentation à l'arrière des ouvrages de protection de lutte contre l'érosion, en particulier du point de vue qualitatif. De plus, les caractéristiques des sédiments, telles que la granulométrie et la teneur en matière organique, conditionnent en partie le développement de la végétation aquatique submergée ou émergente (roseaux) ainsi que les communautés d'invertébrés benthiques. Ces caractéristiques influencent par conséquent l'habitat ainsi que les ressources alimentaires des oiseaux d'eau et des poissons.

L'évolution de la nature des fonds à proximité des différents types d'ouvrages est évaluée au moyen de carottages de sédiments le long des mêmes transects que ceux choisis pour la macrofaune (transects T1 à T6) et sur les mêmes stations (tableau 6, annexe 1). Dans la mesure du possible, les campagnes de prélèvements de macrofaune et de sédiments sont effectuées simultanément. Un système de positionnement différentiel par satellites (DGPS, voir chap. 2.3) permet de déterminer les coordonnées géographiques de chaque station.

Les prélèvements sont effectués en plongée autonome au moyen de carottiers en Plexiglas de 20 cm de long et 7 cm de diamètre (volume de 0,7 l). Les échantillons prélevés se situent dans les sédiments superficiels (premiers 20 cm du substrat).

Un échantillon de sédiments est prélevé par station, ce qui correspond au total à 24 prélèvements par campagne. La granulométrie (% sables, % limons, % silts), la teneur en matière organique (% matières sèches) et la teneur en calcaire sont déterminées en laboratoire pour chaque échantillon.

Tout comme le suivi de la macrofaune, quatre campagnes d'analyse de sédiments sont prévues (une avant, une pendant et deux après les travaux)

3. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE 1997

3.1 Macrophytes

A la demande de la Conservation de la Faune du Canton de Vaud, la localisation informatique des zones de végétation recensées en été 1996 a été effectuée (tableau 4). Les coordonnées géographiques suisses des 37 herbiers ou groupes d'herbiers ont été relevées à l'aide d'un système SIG basé sur la cartographie à l'échelle 1:5'000 géoréférée présentée en annexe 1 du rapport annuel de 1996.

Comme cela a été exposé dans le rapport du suivi 1996, la précision de la répartition mosaïque des herbiers dans la zone littorale investiguée est à considérer avec certaines précautions. Pour les groupes d'herbiers distincts spatialement mais aux caractéristiques floristiques identiques, la localisation est effectuée par rapport au centre de gravité du groupe. Ainsi, il semble judicieux de ne considérer les coordonnées géographiques qu'avec ± 5m de précision. Par rapport à la surface de la beine recensée (140 ha) et des aménagements prévus, il apparaît que cette précision est suffisante étant donné les objectifs du suivi.

TABLEAU 4 : COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES ZONES DE MACROPHYTES (CAMPAGNE 1996)

ZONE	COORD. X	COORD. Y
1	540.280	182.120
2	540.450	182.080
3	540.650	182.185
4	540.800	182.340
5	540.900	182.140
6	540.950	182.295
7	541.005	182.395
8	541.130	182.430
9	541.030	182.170
10	541.405	182.440
11	541.515	182.610
12	541.630	182.685
13	541.715	182.530
14	541.775	182.540
15	541.815	182.625
16	541.840	182.735
17	542.025	182.660
18	542.020	182.745
19	542.080	182.900

ZONE	COORD. X	COORD. Y
20	542.310	182.920
21	542.150	182.855
22	542.345	183.110
23	542.495	183.025
24	542.735	183.220
25	542.650	183.060
26	542.685	183.015
27	542.965	182.335
28	543.075	183.310
29	543.130	183.320
30	543.260	183.510
31	543.215	183.325
32	543.350	183.490
33	543.340	183.385
34	543.465	183.530
35	543.475	183.445
36	543.605	183.590
37	543.760	183.555

Les photos aériennes qui couvrent le tronçon pilote ont été effectuées le 13 juillet 1997 (ligne de vol n° 1, 9 photos couleurs 23x23cm n° 5690-5698, 60% de recouvrement, échelle env. 1:5'000). Le bureau ECOTEC a coordonné les conditions techniques et de période de vol avec les responsables du pilotage et des prises de vues de l'aéroport de Dübendorf afin d'optimiser la qualité des photos de l'ensemble de la rive sud.

Les photos aériennes ont été étudiées sans campagne de terrain en été 1997. En effet, l'état initial de la végétation aquatique est basé sur les recensements effectués en juillet 1996. De ce fait, seules certaines indications qualitatives sont interprétables à partir des photos aériennes mais aucun résultat quantitatif (mesures de surface, de densité, d'abondance) n'a été obtenu.

Le principal intérêt de l'analyse des photos aériennes 1997 consiste en un complément d'informations sur la variabilité annuelle de la colonisation du tronçon pilote par les macrophytes. Ainsi, les futurs résultats du suivi (campagnes 1998, 2000 et 2002) pourront être analysés de manière plus pertinente.

La comparaison des résultats obtenus lors de la campagne 1996 et de l'analyse visuelle des photos aériennes 1997 montre une variation importante de la colonisation de la zone littorale étudiée. Globalement, les herbiers étaient beaucoup plus étendus et denses en été 1996. Sur la base de notre connaissance du site et comme cela a été relevé dans le rapport de suivi 1996, cette situation semblait particulière. Les photos 1997 montrent une situation plus proche de l'image attendue, à savoir une colonisation qui apparaît comme faible en surface et en densité d'herbiers.

Cette variation interannuelle de la colonisation par les macrophytes submergés n'est probablement pas liée à une cause unique. Plusieurs paramètres interviennent généralement dans l'évolution annuelle de la colonisation de la beine lacustre par les macrophytes. D'une part, la dynamique propre à la rive sud est bien connue et particulière, comparée à d'autres lacs suisses où le développement des macrophytes est beaucoup plus stable d'une année à l'autre. Il en découle que l'implantation des macrophytes submergés dans le tronçon pilote est davantage tributaire des conditions météorologiques. Un hiver et un printemps avec des conditions limitantes pour la colonisation par les macrophytes, comme une redistribution des sédiments lors de tempêtes, liée à d'autres conditions particulières du milieu (niveau et température de l'eau), peuvent avoir des incidences sur le développement des macrophytes et en limiter l'expansion potentielle. Certaines données accessibles à ce stade de l'étude sont analysées dans ce sens.

Les mesures de niveau d'eau du lac (valeurs journalières, Annexe 2) montrent, par exemple, des différences entre fin janvier et fin mars avec des niveaux d'eau en 1997 inférieurs de 15-20 cm à ceux de 1996. L'évolution du niveau du lac d'avril à juin est comparable entre 1996 et 1997.

Pour la température de l'eau du lac et de l'air, les données disponibles proviennent du Service de la protection de l'environnement du canton de Neuchâtel. Des mesures ponctuelles (tableau 5) sont effectuées 7 à 8 fois par an

au centre du lac (coord. 554.610/194.980). Il ressort de ces quelques données que les différences de température de l'eau entre mars et juillet des années 1996 et 1997 ne sont pas suffisantes pour expliquer une variation importante de la colonisation de la zone littorale par les macrophytes. De plus, les valeurs absolues de température de l'eau au printemps 1997 ne sont pas limitantes pour le développement de la végétation aquatique (> 14 °C à 0 et 5 m de profondeur mi-juin). Un retard dans la croissance de la végétation aquatique au printemps 1997 est cependant possible, mais la présence d'herbiers, même peu développés, aurait dû être détectée sur les photos aériennes réalisées à la mi-juillet. A titre de comparaison, il faut relever que la végétation aquatique du Léman était normalement avancée au début de l'été 1997.

TABLEAU 5 : TEMPÉRATURE DE L'EAU DU LAC DE NEUCHÂTEL EN 1996 ET 1997 (DONNÉES SPE, CANTON DE NEUCHÂTEL)

Date	1996			1997		
	T°air	T°eau surface	T°eau 5 m	T°air	T°eau surface	T°eau 5 m
mars	1	5.0	5	8	6.4	5.6
avril	-	-	-	9	6.5	6.3
mai	14	10.5	10.4	-	-	-
juin	21	19.7	18.7	15	14.6	13.4
juillet	22	19.7	19.2	23	20.0	18.4
août	19	19.8	19.8	19	23.3	23.3
septembre	11	16.3	16.2	13	17.6	17.6
octobre	9	13.3	13.3	-	-	-
novembre	-	-	-	10	10.6	10.2

La répartition des vents a été analysée pour les premiers semestres de 1996 et 1997. Il est reconnu que le transport des sédiments dans la zone littorale est directement lié aux vagues induites par les vents tempétueux[1]. En théorie, l'énergie d'une vague est proportionnelle au carré de la hauteur de celle-ci. La hauteur d'une vague dépend de la longueur du fetch, de la vitesse et de la durée du vent. Les épisodes de forte bise concernant le tronçon pilote au début de la période de végétation de 1996 et 1997 ont été considérés en utilisant les données suivantes:

- fetch de 35 km pour des vents d'orientation 30-60° nord-est
- vitesse de vent supérieure à 7.5 m/s (force 4 Beaufort)
- durée de vent d'au moins 5 heures consécutives

[1] VAW-EPZH, 1990: Erosion de la rive sud du lac de Neuchâtel, Zürich, 61 p. + annexes.

Les données de l'Institut suisse de météorologie concernant la station de mesures la plus proche (station de Mathod, moins de 10 km du tronçon pilote) ont été utilisées. Les épisodes de forte bise ont été relevés puisqu'il est estimé que des vents compris entre 7.5 m/s (force 4 Beaufort) et 15 m/s (force 7 Beaufort) correspondent à des hauteurs de vagues de 1 à 2 mètres. Avec les paramètres cités plus hauts, ces vagues créent, en zone peu profonde, des vitesses horizontales au fond du lac comprises entre 1 et 2 m/s. Selon une étude du VAW[1] des vitesses horizontales sur les sédiments de l'ordre de 0.1-0.2 m/s suffisent à mettre en mouvement le sable (granulométrie 0.25-0.75 mm dans le tronçon pilote) en zone peu profonde. Il est donc vraisemblable que des vitesses dix fois plus élevées pendant plusieurs heures vont redistribuer les sédiments et, par conséquent, les herbiers à macrophytes plus ou moins bien enracinés.

Dans ce sens, la comparaison des vents des années 1996 et 1997 (Annexes 3 et 4) montre que le printemps 1997 comprend davantage d'épisodes de très fortes bises, essentiellement en avril et à fin mai. Il est probable que ces tempêtes soient survenues à une période critique pour la végétation aquatique et aient perturbé le maintien de certains herbiers dans le tronçon pilote.

Les observations effectuées en plongée en mai et en juillet 1997 (prélèvements de macrofaune benthique et de sédiments), ont permis de relever la très faible colonisation par les macrophytes submergés. De plus, le front de la roselière terrestre était nettement dégradé (anciens roseaux couchés ou arrachés) et un recul de la rive d'environ 50-100 cm depuis l'été 1996 a été relevé (voir photo en couverture et figure 1).

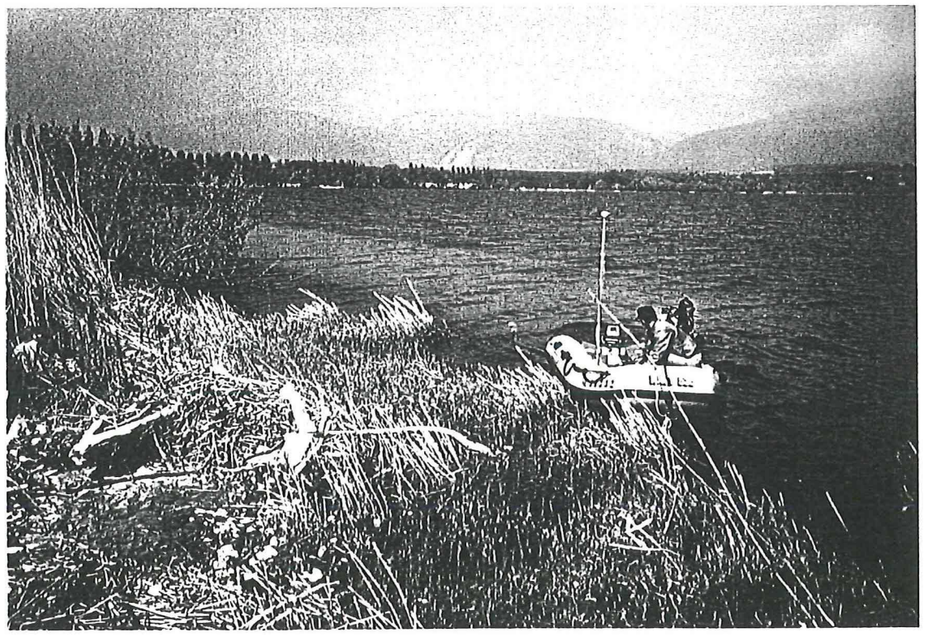


FIGURE 1 : FRONT DE LA ROSELIÈRE TERRESTRE TRÈS DÉGRADÉ PRÉSENTANT UN RECUL DE LA LIGNE DE RIVE DE 50-100 CM EN 1 ANNÉE (PHOTO PRISE LE 15 MAI 1997 LORS DES PRÉLÈVEMENTS DE MACROFAUNE)

3.2 Macrofaune

3.2.1 Rappels

Les résultats présentés ci-dessous fournissent un premier état de référence pour la macrofaune benthique dans le périmètre d'étude. Par la suite, cet état de référence sera confronté avec les données recueillies pendant et après les travaux de protection de la rive. C'est sur la base de ces comparaisons que les modifications de la faune benthique pourront être dégagées. Dans le cadre de ce suivi, l'interprétation des résultats doit être principalement axée dans les deux directions suivantes :

- les taxons indicateurs permettront d'appréhender l'évolution du niveau trophique des sédiments, notamment devant et derrière les ouvrages ;
- la structure des communautés benthiques et l'abondance de certains taxons serviront à apprécier l'impact des ouvrages sur la base alimentaire des poissons et des oiseaux.

3.2.2 Résultats

Les échantillonnages ont été effectués le 15 mai 1997 sur les 6 transects (24 stations) présentés au chapitre 2.3 et figurant sur la carte en annexe (Annexe 1). Les coordonnées des 24 stations échantillonnées figurent dans le tableau 6.

Les résultats bruts sont donnés dans les listes faunistiques reportées en annexe (Annexe 5). La détermination des oligochètes et chironomes a été prise en charge par le Dr. B. Lods-Crozet, ainsi que les premières indications du niveau trophique des sédiments dans la zone d'étude. Le tableau 7 donne la liste des chironomes et oligochètes trouvés, leur valeur bioindicactice[2,3] et leur habitat-écologie[4].

La première campagne d'étude fait apparaître une grande homogénéité entre les différentes stations. Cette situation est à mettre en relation avec la nature des sédiments qui est semblable sur toutes les stations. Ceux-ci sont essentiellement composés de sable avec peu de fines et une faible teneur en matières organiques (voir chapitre 3.5). Par ailleurs, toutes les stations comprises dans le périmètre d'étude sont situées sur la beine à faible profondeur (entre 1.5 et 2.5 m de fond).

---

2 Lang & Lods-Crozet (1997). Oligochaetes versus chironomids as indicators of trophic state in two Swiss lakes recovering from eutrophication - Conservation de la faune, St. Sulpice.

3 Lods-Crozet (1992). Etude des larves de Chironomidae (Diptera) du Léman. 1. Systématique et faunistique. Bull. Soc. entomologique suisse.

4 Lafont (1983). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises no3. Annélides Oligochètes. Ext. Bull. mens. Soc. Limn. Lyon no4, 134 p.

Les communautés comprennent entre 10 et 16 taxons avec une nette dominance des chironomidés et des oligochètes. Dans l'ensemble, la faune est caractéristique d'une zone littorale sableuse à sablo-limoneuse (Chironomidés Orthocladiinae et Tanytarsini, Oligochètes Branchiura sowerbyi, Psammoryctides barbatus, Potamothrix moldaviensis).

La faune des Chironomidés représente des conditions mésotrophes de qualité trophique des sédiments avec l'absence d'espèces typiques des sédiments eutrophes. Pour la faune des Oligochètes, l'interprétation est plus difficile à cause de la présence d'immatures ne permettant pas de connaître l'abondance relative des différentes espèces. Cependant on peut affirmer que les espèces présentes reflètent des conditions méso-eutrophes de qualité des sédiments.

TABLEAU 6 : LOCALISATION DES STATIONS DE PRÉLÈVEMENTS POUR LES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES

Transect n°	Type d'ouvrage	Stations de prélèvements	Coordonnées
1	plage pour baigneurs et accostage de bateaux	T1a	540.721/182.054
		T1b	540.700/182.110
		T1c	540.678/182.168
		T1d	540.668/182.197
2	brise-lames	T2a	541.245/182.225
		T2b	541.220/182.275
		T2c	540.190/182.324
		T2d	541.173/182.348
3	récif artificiel	T3a	541.770/182.542
		T3b	541.758/182.562
		T3c	541.724/182.622
		T3d	541.690/182.688
4	palissade	T4a	542.025/182.656
		T4b	542.021/182.677
		T4c	542.015/182.710
		T4d	542.007/182.760
5	épi en enrochements	T5a	542.285/182.741
		T5b	542.285/182.790
		T5c	542.285/182.868
		T5d	542.285/182.917
6	îlot pour oiseaux	T6a	543.055/183.240
		T6b	543.016/183.307
		T6c	542.997/183.340
		T6d	542.980/183.370

La quasi-totalité des organismes présents sont de petite taille et de type fouisseur. Globalement, la disponibilité alimentaire pour les poissons peut être considérée comme très limitée sur cette beine sableuse.

Les informations ont été complétées par un recensement visuel des gros mollusques sur les transects. Les anodontes sont présentes en quantité moyenne (environ 1 à 3 individus tous les 10 m linéaire ≈ 30 m^2), partiellement enfouies dans le substrat. Les moules zébrées sont très peu abondantes, on ne trouve que quelques petits nodules de 5 à 15 individus qui se développent sur certaines anodontes. Contrairement aux moules, les anodontes ne sont pratiquement pas consommées par les oiseaux. Le potentiel actuel de nutrition pour les oiseaux malacophages est insignifiant dans le périmètre d'étude.

TABLEAU 7 : VALEUR BIOINDICATRICE ET HABITAT-ÉCOLOGIE DES CHIRONOMES ET OLIGOCHÈTES TROUVÉS SUR LES DIFFÉRENTS TRANSECTS

		Valeur bioindicatrice	Habitat-Ecologie
Chironomidae			
Tanypodinae	Procladius (Holotanypus)		cosmopolite, eurytope
Orthocladiinae	Cricotopus bicinctus gr.		très euryèce et eurytope
	Cricotopus		très euryèce et eurytope
	Orthocladius oblidens-rubicundus gr.		zone littorale lac, rivière, étang
Chironomini	Cryptochironomus	M-E	sédiments sableux ou limoneux
	Demicryptochironomus vulneratus		sédiments sableux ou limoneux
	Polypedilum nubeculosum gr.	M-E	zone littorale des lacs
	Sergentia coracina	M	zones sublittorale et profonde des lacs
	Stictochironomus	O-M	fonds sableux littoraux des lacs
Tanytarsini	Cladotanytarsus mancus gr.		sédiments sableux ou limoneux
Oligochaeta			
Tubificidae	Branchiura sowerbyi		sédiments fins de rivières, lacs (zone littorale) et étangs
	Psammoryctides barbatus	M	sédiments fins de rivières, lacs
	Tubificidae + soies capillaires (immatures)		
	Limnodrilus claparedeanus	E	cosmopolite, eurytope
	Limnodrilus hoffmeisteri	E	cosmopolite, eurytope
	Limnodrilus udekemianus	E	cosmopolite, eurytope
	Potamothrix moldaviensis	M	sédiments sableux ou sableux-limoneux de rivières ou lacs
	Tubificidae - soies capillaires (immatures)		
Naididae			

3.3 Poissons

3.3.1 Généralités

L'état initial pour les poissons a été en grande partie défini lors de la campagne 1996 (plongées et pêches électriques) et seule la récolte de données auprès des pêcheurs professionnels a été réalisée cette année.

Dans ce but, une séance s'est tenue à Yverdon le 6 mai 1997. Elle réunissait MM. Chevalier et Ottonin, tous deux pêcheurs professionnels, et Monsieur Zbinden, collaborateur du bureau ECOTEC. Les autres pêcheurs professionnels ainsi que la garde-pêche Mme Amsler ont été excusés.

Lors de cette séance, les questions suivantes ont été abordées :

- Quels sont les pêcheurs qui pratiquent régulièrement la pêche dans le secteur du tronçon pilote?
- A quel(s) endroit(s), à quelle(s) profondeur(s) et à quelle(s) saison(s), pratique-t-on la pêche dans le secteur ?
- Quelles sont les espèces recherchées ? (perches, brochets, corégones, gardons)
- Quels sont les engins de pêche couramment utilisés ?
- Existe-t-il des secteurs plus poissonneux que d'autres, d'importance plus grande pour la pêche ?
- Existe-t-il des sites particuliers pour la reproduction ou le grossissement de certaines espèces dans le secteur ?

Les principaux éléments qui sont ressortis de la discussion sont traités ci-dessous.

Les pêcheurs qui fréquentent de temps à autre le tronçon pilote de la rive Sud ou ses abords sont au nombre de sept. Il s'agit de la famille Oberson (3 pêcheurs), de M. Chevalier, M. Ottonin, M. Nicolier et M. Arm.

La pêche de la beine ou du bord du mont se pratique plus ou moins tout au long de l'année, mais les espèces recherchées varient suivant la saison. Globalement, on distingue trois périodes :

- De février à mai : pêche du brochet
- De juin à octobre : pêche de la perche
- De novembre à janvier : pêche de la palée (corégones)

La pêche du **brochet** est effectuée sur la beine ou dans les lagunes lors de la période de reproduction. En effet, les géniteurs qui se rapprochent des rives et viennent frayer dans la végétation sont plus facilement capturables que le reste de l'année. Cette pêche se pratique au moyen de filets (maximum 2 m de haut

et 100 m de long) posés perpendiculairement à la rive. Le nombre de filet est limité à 5 par pêcheurs et il est interdit de poser des filets à moins de 300 m de l'entrée des lagunes de Champ-Pittet (périmètre d'interdiction). La pose de nasses ainsi que la pêche au filet en battue s'effectuent également dans la lagune principale du tronçon pilote. Les captures de brochets varient fortement d'une année à l'autre car elles dépendent des conditions météorologiques et en particulier du niveau du lac au printemps.

La pêche de la **perche** se déroule pendant toute la belle saison principalement sur le mont, entre 2 et 20 m de profondeur. La pose de filets sur la beine du tronçon pilote est très occasionnelle, mais elle s'effectue parfois tôt le matin lorsque les perches viennent chasser tout au bord. Le rendement de la pêche à la perche dans le lac de Neuchâtel est soumis à des fluctuations importantes car l'on observe chez cette espèce des cycles d'abondance assez marqués.

La **palée de bord** se capture sur la beine lorsqu'elle vient se reproduire. En effet, cette sorte de corégones se reproduit entre 0 et 3 m de fin novembre à mi-décembre. La beine du tronçon pilote est néanmoins peu exploitée pour la pêche de la palée de bord. La pêche de la palée de mont se pratique plus au large, cet écotype se reproduisant entre 5 et 15 m de profondeur.

En ce qui concerne les autres espèces, on peut dire que le gardon n'est plus particulièrement recherché par les pêcheurs professionnels depuis la suppression des subsides de la Confédération. Des pêches de cyprinidés (gardons, brèmes, chevaines) sont néanmoins organisées dans la région d'Yverdon par M. Nicolier afin d'obtenir des oeufs à incuber en pisciculture et produire des alevins qui servent de base alimentaire pour l'élevage de truites. La pêche des goujons, qui s'effectuait autrefois sur la beine du tronçon pilote, ne se pratique plus aujourd'hui en raison de la baisse des peuplements de cette espèce.

3.3.2 Suivi du rendement de la pêche

Des fiches de relevés concernant le rendement de la pêche professionnelle ont été distribuées aux pêcheurs lors de la séance du 6 mai 1997. Ces fiches doivent permettre de suivre l'évolution du rendement de la pêche sur le tronçon pilote.

Des contacts ont été pris dans le courant de l'automne afin de connaître les premiers résultats. Il s'avère que les activités de pêche se sont concentrées depuis le mois de mai en dehors du périmètre du tronçon pilote. En effet, les perches et les corégones ont plutôt été recherchés dans la région d'Yvonand-Estavayer et dans une moindre mesure sur le mont devant le tronçon pilote. Les pêcheurs n'ont donc pour l'instant pas rempli les fiches mises à disposition.

Des éléments plus concrets concernant le rendement de la pêche sur le tronçon pilote pourront être récoltés au printemps prochain, lors de la pêche du brochet, voire déjà cet hiver si des palées sont capturées sur ce secteur.

3.4 Avifaune

3.4.1 Données existantes (suivi OROEM)

En hiver, le secteur d'étude (en particulier la partie située devant Champ-Pittet) est pauvre, comparé aux autres secteurs de la rive du lac du Neuchâtel. Cela est dû à l'importance du dérangement (surtout au passage illégal d'avirons) mais aussi à l'absence de moules zébrées ou d'autres ressources alimentaires (cf. chapitres macrofaune benthique et macrophytes). On ne trouve des concentrations importantes de canards plongeurs que lorsque la baie d'Yvonand est dérangée (par exemple lors de pêches de reproduction de palées). En fait, c'est le seul secteur de la rive sud qui ne compte pas assez d'oiseaux pour être d'importance nationale.... Pour cette raison, aucune cartographie des canards n'est effectuée lors des recensements.

A la belle saison, le secteur est nettement plus important et justifie son statut OROEM, en particulier à cause de la nidification de grèbes huppés et de nettes rousses dans les étangs de Champ-Pittet. Cette nidification est toutefois aussi fortement perturbée par les dérangements, en particulier le stationnement de bateaux devant l'entrée des étangs, qui empêche les oiseaux d'entrer et de sortir. Les résultats des recensements estivaux 1997 des zones OROEM n'ont pas encore été analysés par le GEG, mais des données préalables nous ont été transmises pour le secteur de Champ-Pittet (secteur 8.1, données Laurent Willenegger). Ils figurent dans le tableau 8 avec quelques compléments issus de notre suivi complémentaire :

TABLEAU 8 : PREMIERS RÉSULTATS DES RECENSEMENTS ESTIVAUX RÉALISÉS PAR LE GEG DANS LE CADRE DU SUIVI DES ZONES OROEM

Espèces	Recensement mi-mai 97	Recensement mi-août 97	Commentaires
Grèbe castagneux	12	9	Au moins 6 territoires
Grèbe huppé	72	79 (+ 4 jeunes)	Recensement très partiel, population nicheuse estimée à ~ 200 couples les années précédentes
Cygne	4	2 (+ 3 jeunes)	
Canard Chipeau	1	-	Présence 1 couple début mai, mais pas de nidification constatée.
Canard Colvert	23	3	
Nette rousse	6	-	Jusqu'à 4 couples, mais apparemment pas de nidification.
Fuligule morillon	1	4	Pas de nidification.
Poule d'eau	-	6	
Foulque	54	11	15-20 territoires

On constate que les effectifs étaient relativement bas cette année, mais surtout que le taux de reproduction a été très mauvais, en particulier pour les grèbes huppés et les nettes rousses, une constatation qui se vérifie sur tout le lac de Neuchâtel.

Pour prendre l'exemple des grèbes huppés, on sait que les étangs de Champ-Pittet ont abrité jusqu'à 250 couples il y a quelques années (Benoît Renevey, comm. pers.), mais plus récemment ces nombres ont baissé et ces étangs abritent probablement moins de 200 couples. A noter que les recensements OROEM estivaux ne dénombrent qu'une fraction des oiseaux présents dans les roselières. Le succès de nidification pour cette colonie peut toutefois être évalué lors des regroupements qui ont lieu après la nidification devant les bois des Vernes (vers Yverdon). En août 1997, on ne dénombrait à cet endroit que 47 jeunes pour 278 adultes, ce qui est peu (M. Antoniazza, comm. pers.).

3.4.2 Suivi complémentaire

Huit séances d'observations, réparties entre le 28 avril et le 1er septembre 1997, ont été effectuées par Colette Gremaud, stagiaire du GEG. La durée moyenne des observations était de 163 minutes par séance (min/max: 90-210 min), ce qui représente un total d'environ 22 heures. La plus grande partie des observations à été faite depuis le point A (voir cartes en Annexe), avec quelques déplacements vers le point B quand la répartition des oiseaux le justifiait (meilleure précision des localisations).

Au total, plus de 286 pointages ont été effectués (moyenne 46 par séance), dont 79 (moyenne 10 par séance) concernaient des individus ou des groupes d'individus en train de plonger dans le secteur d'étude (les oiseaux observés à plus de 300 m n'ont pas été retenus pour l'analyse).

Le secteur d'étude observé depuis les points A et B a abrité 5 espèces d'oiseaux (voir tableau 9). La plupart des espèces et des individus observés ne fréquentent le secteur que pour se reposer, se nettoyer ou en transit entre les étangs et d'autres zones de nourrissages.

Seuls des grèbes huppés et des foulques plongent régulièrement dans le secteur étudié pour se nourrir (en moyenne 8 grèbes et 9 foulques par heure d'observation, et des maximum de 51 grèbes et 82 foulques). La répartition des sites de plongées des deux espèces est illustré sur les cartes en annexe (Annexes 6 et 7). On constate que presque toutes les plongées sont effectuées à l'intérieur du périmètre qui sera protégé par les futurs ouvrages (seuls quelques groupes de grèbes ont été observés plus au large).

Pour les grèbes, la plupart des plongées s'effectuent à faible distance des rives, de préférence à proximité de la sortie des étangs

Pour les foulques, la quasi-totalité des sites de nourrissages se trouve proche des rives (< 100 m), à moins de 1.5 m de profondeur sans concentration aussi marquée devant l'entrée des étangs.

A partir de fin mai, toutes les séances d'observation ont relevé la pénétration du secteur d'étude par des embarcations (13 observations, soit environ 0.8

embarcation par heure, presque toutes dans la deuxième moitié de la journée). La zone OROEM, a toujours été respectée, les bateaux accostant à l'ouest ou devant l'entrée des étangs. En général, l'arrivée des bateaux ne cause pas de panique mais les oiseaux s'écartent et ne reviennent pas avant leur départ. Le dérangement est nettement plus important lorsque des baigneurs débarquent (augmentation de la distance d'évitement).

TABLEAU 9 : RÉSULTATS DES OBSERVATIONS EFFECTUÉES DANS LE CADRE DU SUIVI COMPLÉMENTAIRE DE L'AVIFAUNE

Espèces	Effectifs moyens	Minimum/ maximum	Commentaires
Grèbe huppé	36	20-50	Beaucoup de mouvements depuis les étangs, vers le large ou d'autres rives.
Cygne	4	0-24	Toujours le même couple (et ses jeunes) sauf un grand groupe en début de saison.
Canard Colvert	4	0-8	Mouvements avec l'étang.
Nette rousse	1	0-3	Mouvements avec l'étang.
Foulque macroule	18	7-46	Beaucoup de mouvements depuis les étangs.

3.5 Sédiments

Les prélèvements de sédiments ont été effectués le 25 juillet 1997 sur les 24 stations définies en mai 1997 lors des prélèvements de macrofaune.

Un système de positionnement différentiel par satellites (DGPS, voir chap. 2.3) a permis de déterminer les coordonnées géographiques de chaque station.

Les échantillons récoltés ont été analysés en laboratoire après séchage. Les résultats des analyses figurent dans le tableau 10. La granulométrie de chaque prélèvement est également représentée graphiquement en annexe (Annexe 8).

Les sédiments situés sur la beine lacustre présentent une grande homogénéité. Ils sont marqués par une très nette dominance de sable (plus de 90% en moyenne) et une faible proportion de sédiments plus fins. Cette dominance de sable s'explique par le fait que la beine peu profonde est régulièrement battue par les vagues, en particulier en période de bise, ce qui empêche la sédimentation des limons.

La teneur en matière organique dans les sédiments est très faible (0.25% en moyenne) et témoigne également de la faible importance des phénomènes de sédimentation sur le tronçon pilote.

Finalement, la teneur en calcaire est de l'ordre de 10% en moyenne, ce qui démontre que les sédiments présents sur le tronçon pilote ont une origine principalement détritique (érosion de la rive) et que la sédimentation carbonatée est très peu importante sur cette beine.

TABLEAU 10 : RÉSULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES SÉDIMENTS PRÉLEVÉS LE 25 JUILLET 1997

Transect n°	Stations de prélèvements	Granulométrie			$CaCO_3$ total	Matière organique
		% sable	% silt	% argile	(%)	(%)
1	T1a	89.3	6.2	4.5	15	0.4
	T1b	94.3	2.5	3.2	12	0.3
	T1c	95.6	2.0	2.4	11	0.2
	T1d	94.9	1.9	3.2	10	0.3
2	T2a	86.8	9.6	3.6	11	0.5
	T2b	93.8	3.4	2.8	10	0.2
	T2c	96.1	1.2	2.7	9	0.2
	T2d	79.8	18.6	1.6	11	0.2
3	T3a	97.7	2.3	0.0	8	0.1
	T3b	97.3	1.9	0.8	8	0.2
	T3c	97.1	2.6	0.3	10	0.1
	T3d	92.5	5.0	2.5	16	0.7
4	T4a	96.8	2.2	1.0	9	0.1
	T4b	94.7	3.4	1.9	10	0.2
	T4c	96.5	2.2	1.3	10	0.0
	T4d	95.6	3.0	1.4	12	0.1
5	T5a	93.5	4.4	2.1	10	0.3
	T5b	96.3	2.5	1.2	9	0.1
	T5c	94.3	4.2	1.5	12	1.0
	T5d	93.7	4.3	2.0	11	0.3
6	T6a	97.2	1.4	1.4	9	0.1
	T6b	97.3	1.3	1.4	8	0.1
	T6c	94.8	3.2	2.0	13	0.1
	T6d	96.0	2.6	1.4	11	0.2
Moyenne		**94.2**	**3.8**	**1.9**	**10.6**	**0.25**

4. CONCLUSIONS

Le suivi réalisé cette année a permis de préciser l'état initial du tronçon pilote pour les macrophytes et les poissons et de définir l'état de référence pour la macrofaune benthique. A noter que des investigations complémentaires ont également été réalisées dans le domaine de l'avifaune et de la sédimentologie.

Les conclusions sont les suivantes :

Macrophytes

La comparaison des relevés effectués en juillet 1996 et des photos aériennes de juillet 1997 montre que la distribution des herbiers dans le tronçon pilote peut varier fortement d'une année à l'autre. L'action mécanique des vagues sous l'effet de la bise semble être le principal facteur qui limite le développement des macrophytes. Suite à la réalisation des aménagements anti-érosion, cette variabilité interannuelle devrait s'atténuer, étant donné qu'une diminution significative du transport des sédiments est attendu.

La prochaine campagne d'étude des macrophytes est prévue en été 1998, alors que les travaux auront commencé mais ne couvriront pas l'ensemble du tronçon pilote. Il sera très intéressant de constater si la colonisation par les macrophytes est comparable à l'état initial et surtout si des différences apparaissent entre les secteurs aménagés et non aménagés.

Macrofaune benthique

Les communautés d'invertébrés qui colonisent la beine du tronçon pilote présentent une grande homogénéité, en raison principalement de la nature très uniforme des sédiments. La faune observée est caractéristique d'une zone littorale sableuse à sablo-limoneuse dominée nettement par les chironomidés et les oligochètes. Les organismes indicateurs correspondent à des conditions mésotrophes à méso-eutrophes en ce qui concerne la qualité trophique des sédiments.

La base alimentaire pour les oiseaux malacophages est insignifiante sur le tronçon pilote, les moules zébrées y étant très peu abondantes.

Poissons

La concertation réalisée auprès des pêcheurs professionnels montre que le tronçon pilote constitue au printemps un important lieu de pêche pour le brochet. Les captures de brochets varient néanmoins fortement d'une année à l'autre, cela en relation avec le niveau du lac pendant la période de reproduction.

L'exploitation du tronçon pilote en hiver pour la palée de bord et en été pour la perche est beaucoup plus occasionnelle.

Avifaune

La répartition des grèbes s'explique par leur nidification dans les roselières des étangs de Champ-Pittet. Selon des observations réalisées en plongée (août 1997), leur zone de nourrissage préférée est fréquentée en été par des goujons et des alevins d'autres cyprinidés. Toutefois, la valeur du secteur d'étude n'est certainement pas optimale. En effet, la grande majorité des grèbes huppés de la colonie de Champ-Pittet quitte le secteur pour aller vers des zones plus favorables (vers Yverdon), une fois que les éclosions des jeunes ne les retiennent plus à proximité des roselières.

Pour les foulques, la présence de macrophytes accessibles joue certainement un rôle important (consommation en surface vérifiée dans plusieurs cas). On constate que deux des trois principaux sites de nourrissage coïncident (en tenant compte des erreurs de mesure pour les localisations) avec la partie la moins profonde des bancs de macrophytes 5 et 10 (cf. carte de 1996).

L'absence d'observations de plongées pour les nettes rousses dans le secteur d'observation est à mettre en rapport avec la relative rareté de ces oiseaux et l'absence de nidification. Cette rareté peut s'expliquer en partie par la baisse importante des macrophytes dans le secteur en 1997.

L'importance des dérangements par les bateaux, régulièrement signalée par le GEG, est confirmée. Vu la fréquentation relativement faible de la beine par les oiseaux, le dérangement est surtout sensible devant l'entrée des étangs où elle empêche le passage des oiseaux (grèbes en particulier).

Les observations effectuées constituent la première étape du suivi complémentaire de l'avifaune, à savoir la description de l'état initial. La technique adoptée s'est revélée fiable et reproductible. La deuxième étape est prévue après la fin des travaux. La prochaine année de suivi pourrait néanmoins être modifiée en fonction des résultats du suivi dans les autres domaines (en particulier macrophytes, macrofaune benthique et poissons) et des comptages ornithologiques effectués dans le cadre du suivi OROEM.

Sédiments

Les sédiments présents sur la beine du tronçon pilote sont dominés par les sables et la sédimentation de particules plus fines (silts, argiles) est quasiment inexistante. La teneur en matière organique est très faible. Finalement, la faible teneur en calcaire confirme l'origine principalement détritique des sédiments.

5. ANNEXES

Annexe 1 : Carte du tronçon pilote avec localisation des transects et des stations de prélèvement pour la macrofaune et les sédiments.

Annexe 2 : Courbes de niveau du lac de Neuchâtel en 1996 et 1997.

Annexe 3 : Episodes de bise en 1996 avec une vitesse moyenne du vent supérieure à 7.5 m/s pendant plus de 5 heures consécutives.

Annexe 4 : Episodes de bise en 1997 avec une vitesse moyenne du vent supérieure à 7.5 m/s pendant plus de 5 heures consécutives.

Annexe 5 : Liste des invertébrés benthiques récoltés pour chaque station

Annexe 6 : Carte de répartition des plongées de grèbe huppé

Annexe 7 : Carte de répartition des plongées de foulque macroule

Annexe 8 : Granulométrie des sédiments sur les 6 transects étudiés

ENTREPRISE DE CORRECTION FLUVIALE
RIVE SUD DU LAC DE NEUCHATEL

TRONCON PILOTE DE CHESEAUX-NOREAZ

Suivi biologique des mesures anti-érosion

Annexe 1

Légende

échelle 1 : 5'000

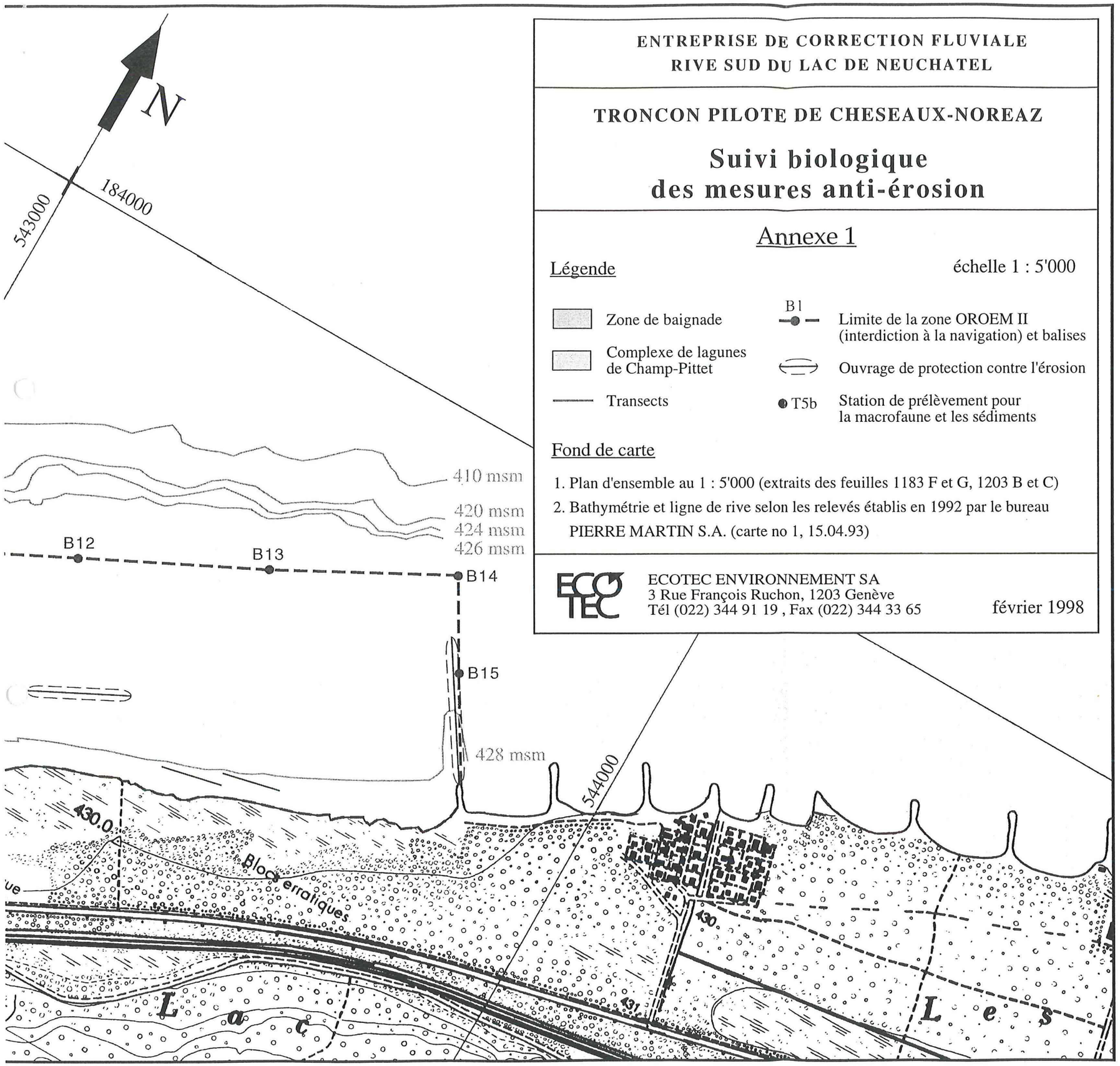
- Zone de baignade
- Complexe de lagunes de Champ-Pittet
- Transects
- B1 — Limite de la zone OROEM II (interdiction à la navigation) et balises
- Ouvrage de protection contre l'érosion
- T5b — Station de prélèvement pour la macrofaune et les sédiments

Fond de carte

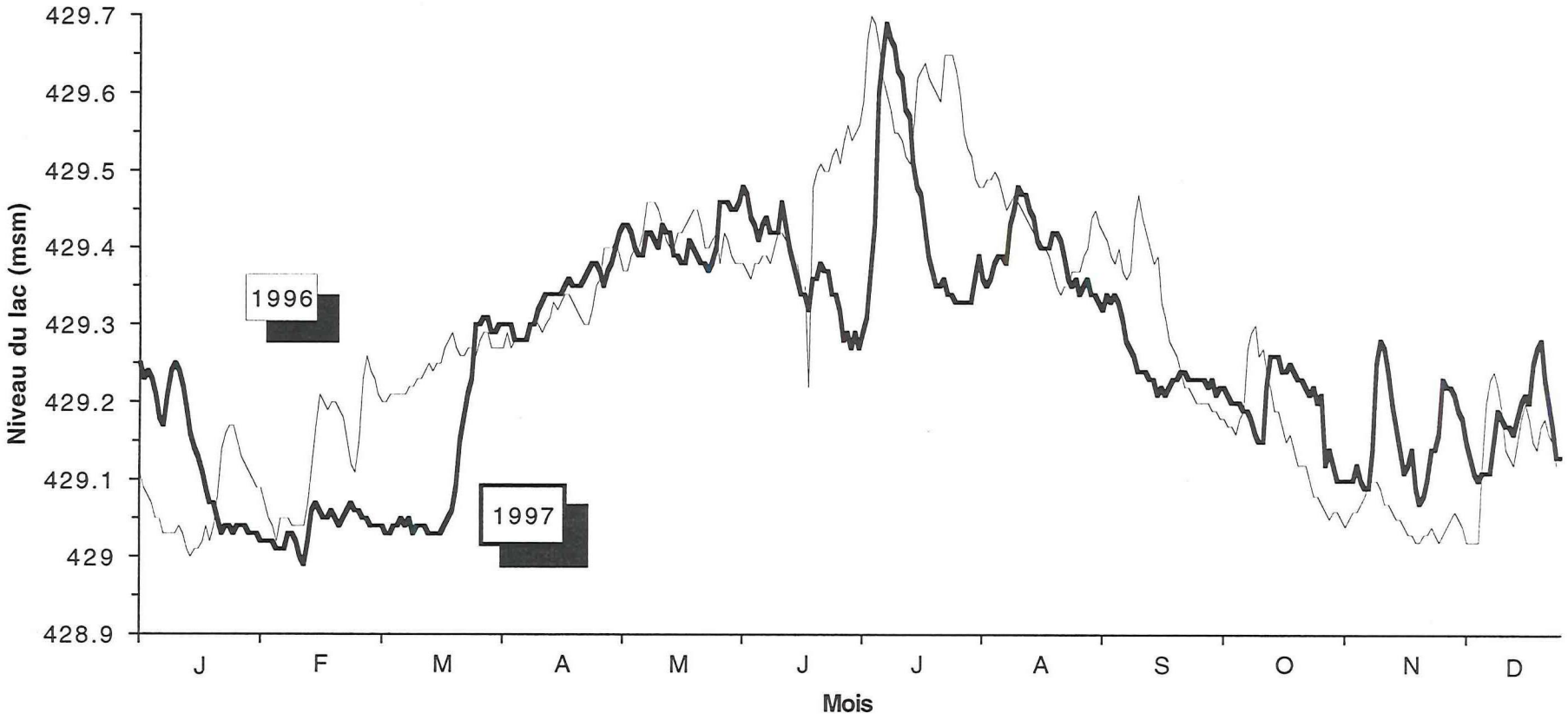
1. Plan d'ensemble au 1 : 5'000 (extraits des feuilles 1183 F et G, 1203 B et C)
2. Bathymétrie et ligne de rive selon les relevés établis en 1992 par le bureau PIERRE MARTIN S.A. (carte no 1, 15.04.93)

ECOTEC ENVIRONNEMENT SA
3 Rue François Ruchon, 1203 Genève
Tél (022) 344 91 19 , Fax (022) 344 33 65

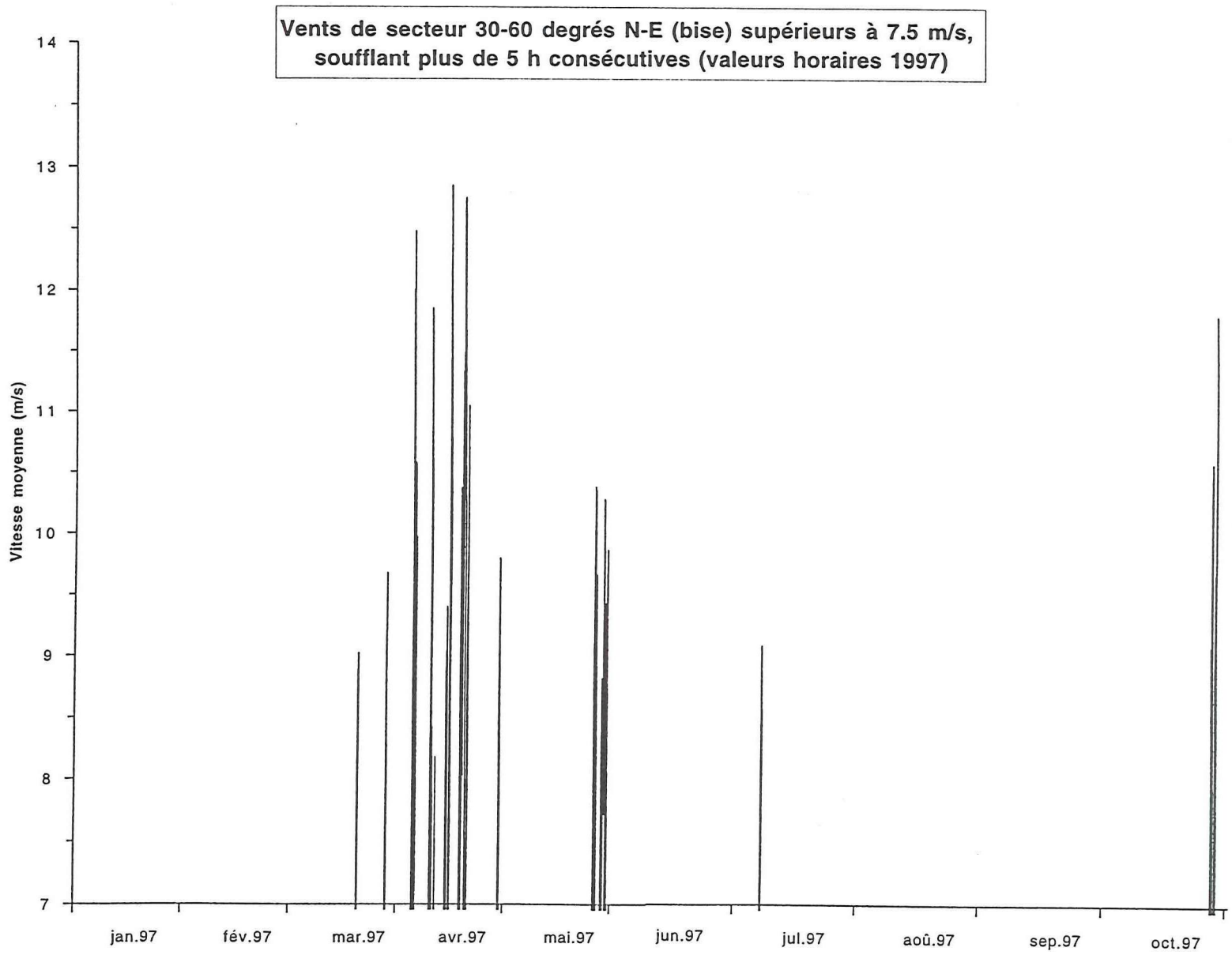
février 1998



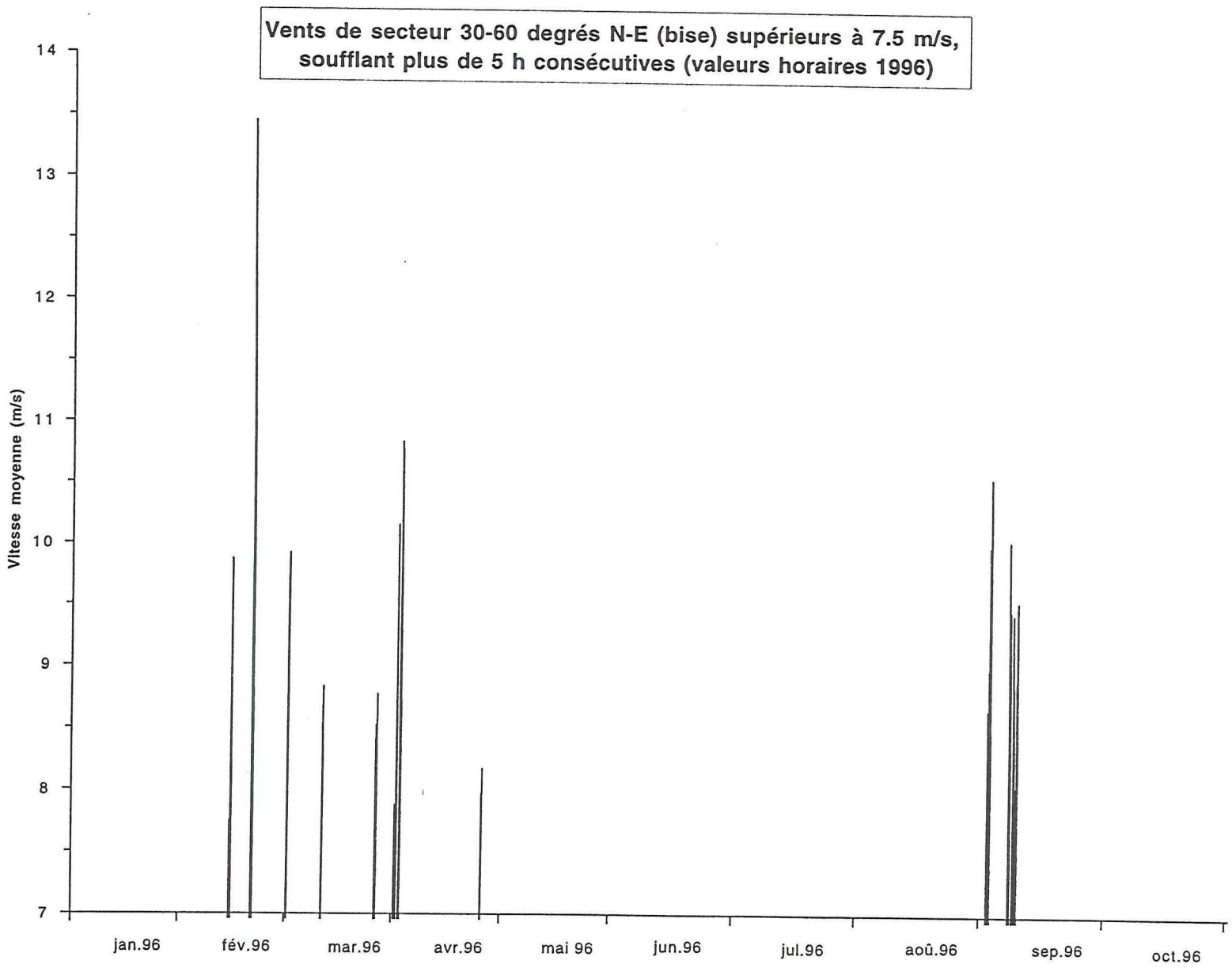
ANNEXE 2


Courbes de niveau du lac de Neuchâtel en 1996 et 1997 (données SEPE-VD)
Niveau du lac (msm)
429.7
429.6
429.5
429.4
429.3
429.2
429.1
429
428.9
1996
1997
J
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
Mois

ANNEXE 3


Vents de secteur 30-60 degrés N-E (bise) supérieurs à 7.5 m/s, soufflant plus de 5 h consécutives (valeurs horaires 1997)
Vitesse moyenne (m/s)
14
13
12
11
10
9
8
7
jan.97
fév.97
mar.97
avr.97
mai.97
jun.97
jul.97
aoû.97
sep.97
oct.97

ANNEXE 4


Vents de secteur 30-60 degrés N-E (bise) supérieurs à 7.5 m/s, soufflant plus de 5 h consécutives (valeurs horaires 1996)
Vitesse moyenne (m/s)
14
13
12
11
10
9
8
7
jan.96
fév.96
mar.96
avr.96
mai 96
jun.96
jul.96
aoû.96
sep.96
oct.96

ANNEXE 5

Liste des invertébrés benthiques récoltés sur les transects

Transect (15.5.97)	T1a	T1b	T1c	T1d	T2a	T2b	T2c	T2d	T3a	T3b	T3c	T3d	T4a	T4b	T4c	T4d	T5a	T5b	T5c	T5d	T6a	T6b	T6c	T6d
Profondeur (m)	**2.1**	**2**	**1.7**	**1.8**	**1.8**	**1.9**	**2**	**2**	**1.5**	**1.6**	**2**	**2.4**	**1.4**	**1.5**	**2.1**	**1.8**	**1.5**	**1.6**	**1.7**	**1.8**	**1.7**	**1.6**	**2.5**	**2.1**
Substrat	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**	**sable**
NEMATODA	4	23	60	13	4	18	3	5	3		1	12	2	4	1	6		8	2	3	1	7	18	13
OLIGOCHAETA																					°			
Naididae	7	4	15	12	3	100	4	20	6	27	9	7	65	19	31	8	8	8	27	16	17	2	10	12
Tubificidae																								
Branchiura sowerbyi													1											
Psammoryctides barbatus	3	2	5	2	1	15	3	3	4	6	5		3	3	9	12	6	5	1	1	4	2	14	
Limnodrilus claparedeanus	1	1	2			2		1		1	2	1		1				2	4		2	1	8	2
Limnodrilus hoffmeisteri							1	1	1			1					1			1	2	2	5	
Limnodrilus udekemianus	1			1									1		1			1	2			5		
Potamothrix moldaviensis						1	1			1			1							1	2			
Tub. + soies capillaire (immature)	1		1	1	1	2		1	2	3	6		4	7	3	5	1	3	2	2				1
Tub. - soies capillaire (immature)	2	1	3		1	4		1	3	1	1		5	2		1	5	2			1		10	8
HIRUDINEA																								
Hemiclepsis sp.						1				1									1					
Glossiphonia complanata		1			1				1			1			4								2	
Erpobdella octocullata						1					1							1						
MOLLUSCA																								
Valvatidae sp.					1									1								3	4	3
Bythinellidae sp.		1																		1		2		7
Planorbidae sp.	1		1	2			1		2	1		1			1		1		1		1			
Dreissena polymorpha	1		2		1							1		1	2		2	1		3				8
Pisidium sp.	2	1	3	1	2	4	3	1	3		5		2	4		3	2	3		7	2	5	5	9
DIPTERA																								
Tanypodinae																								
Procladius (Holotanypus)																							1	
Orthocladiinae																								
Cricotopus bicinctus gr.				1	1	8		1		2		1			3	1		2	1		3		1	1
Cricotopus										1									1	1				
Orthocladius oblidens-rubicundus gr.																		1						2
Chironomini																								
Cryptochironomus		1				3		1					1	1			1		1	4		5	2	
Demicryptochironomus vultneratus												1									2			
Polypedilum nubeculosum gr.	102	15	61	30	13	8	2	4	5	7	1	10		4	3	8								
Sergentia corcina												2			2									
Stictochironomus		7	10	11	1	2		4		2	2	2	1		8		2	1		3	4	1		1
Tanytarsini																								
Cladotanytarsus mancus gr.	4	1	3		1	18	2		2		1	21		5	5	4	12		5	1		3		6
Ceratopogonidae		1		1	1	3	1	2	3	6	3			7		5	3							
Total individus	125	36	106	62	28	172	18	40	32	59	36	49	84	55	72	47	44	30	46	41	40	31	62	60
Total US	12	13	12	11	14	16	10	13	12	13	12	13	11	14	13	10	12	13	12	13	12	12	12	13
Diversité $H=\sum ni/N \times Ln(ni/N)$	0.96	2.17	1.82	1.86	2.25	1.85	2.36	2.06	2.49	1.87	2.22	2.13	1.07	2.25	1.99	2.24	2.13	2.57	1.67	2.16	2.04	2.60	2.49	2.54

ENTREPRISE DE CORRECTION FLUVIALE
RIVE SUD DU LAC DE NEUCHATEL

TRONCON PILOTE DE CHESEAUX-NOREAZ

Carte de répartition des plongées de grèbe huppé

Légende :

Nombre d'individus observé

- 1 - 2
- 3 - 4
- 5 - 7
- 8 - 9
- 10 - 17

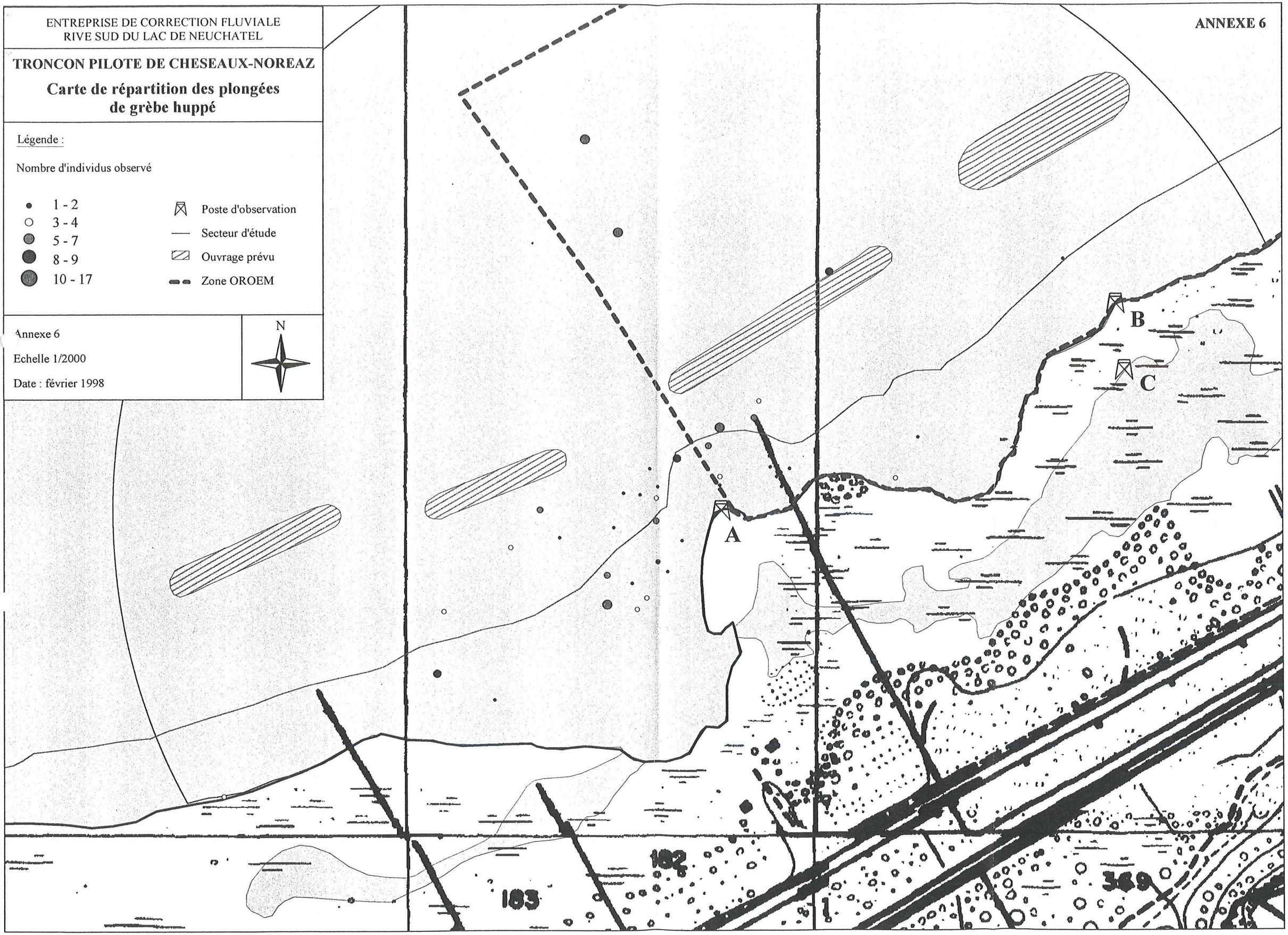
- Poste d'observation
- Secteur d'étude
- Ouvrage prévu
- Zone OROEM

Annexe 6

Echelle 1/2000

Date : février 1998

N



ENTREPRISE DE CORRECTION FLUVIALE
RIVE SUD DU LAC DE NEUCHATEL

TRONCON PILOTE DE CHESEAUX-NOREAZ

Carte de répartition des plongées de foulque macroule

Légende :

Nombre d'individus observé

- 1 - 2
- 3 - 4
- 5 - 7
- 8 - 9
- 10 - 17
- 18 - 65

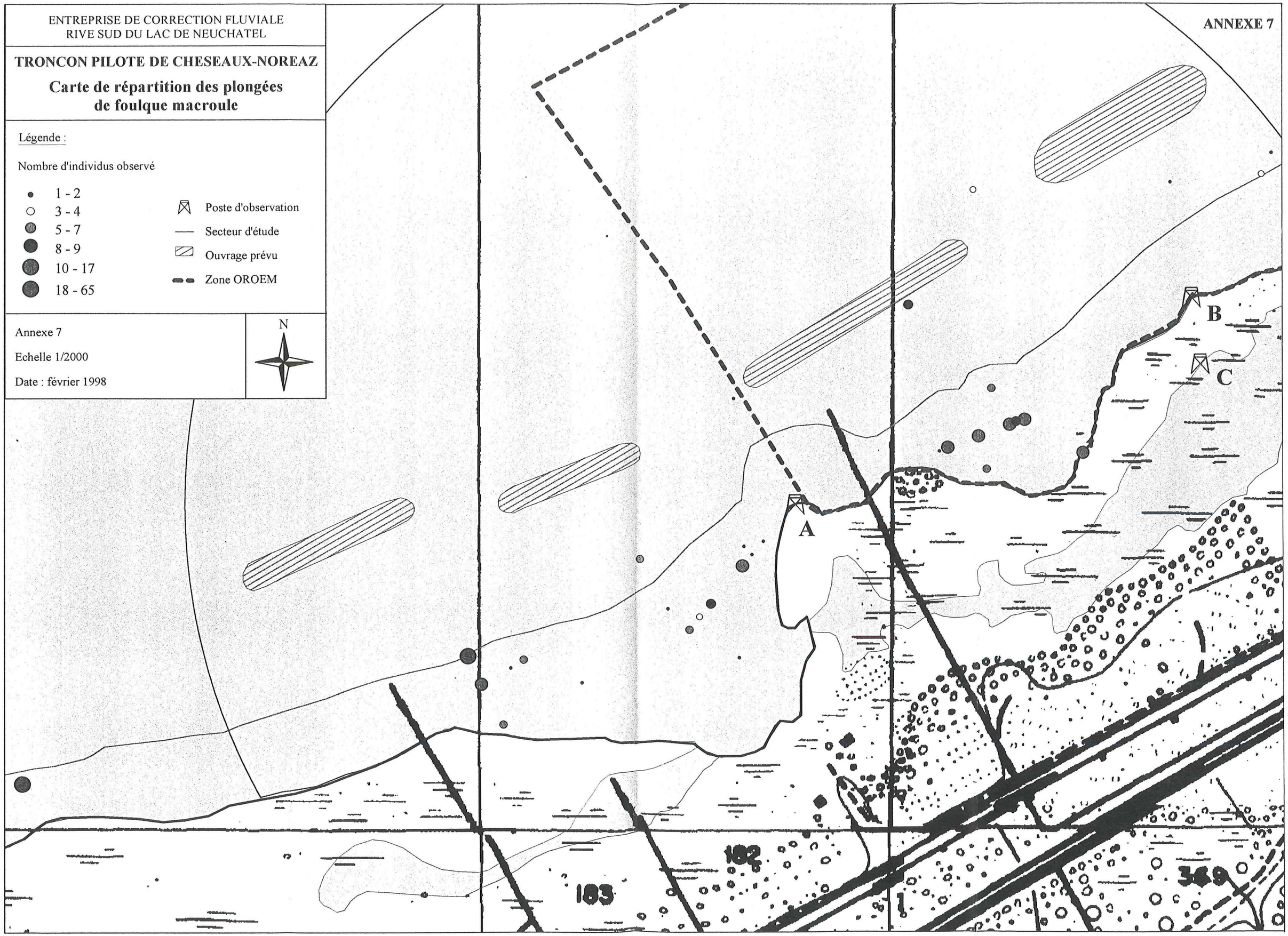
- Poste d'observation
- Secteur d'étude
- Ouvrage prévu
- Zone OROEM

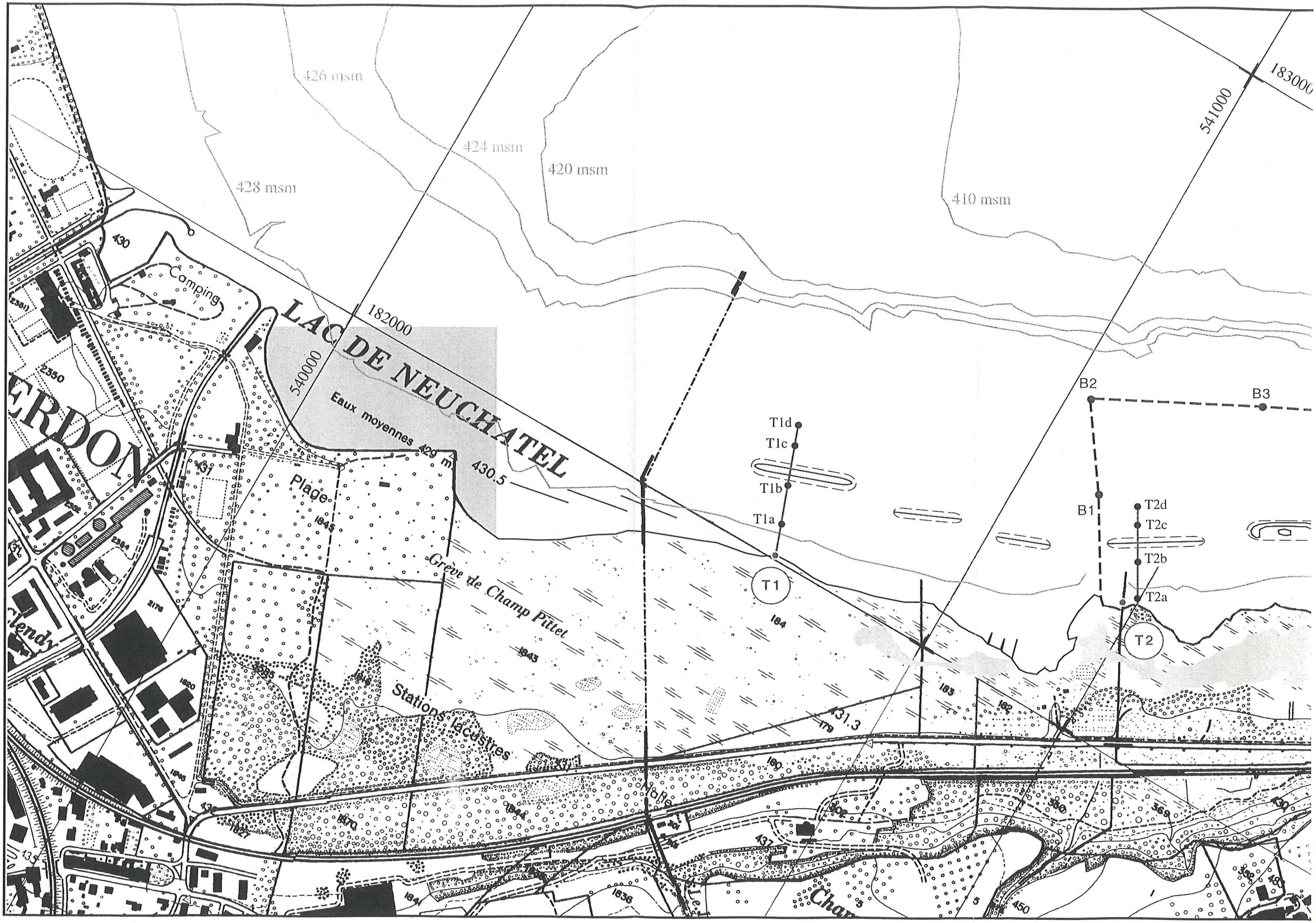
Annexe 7

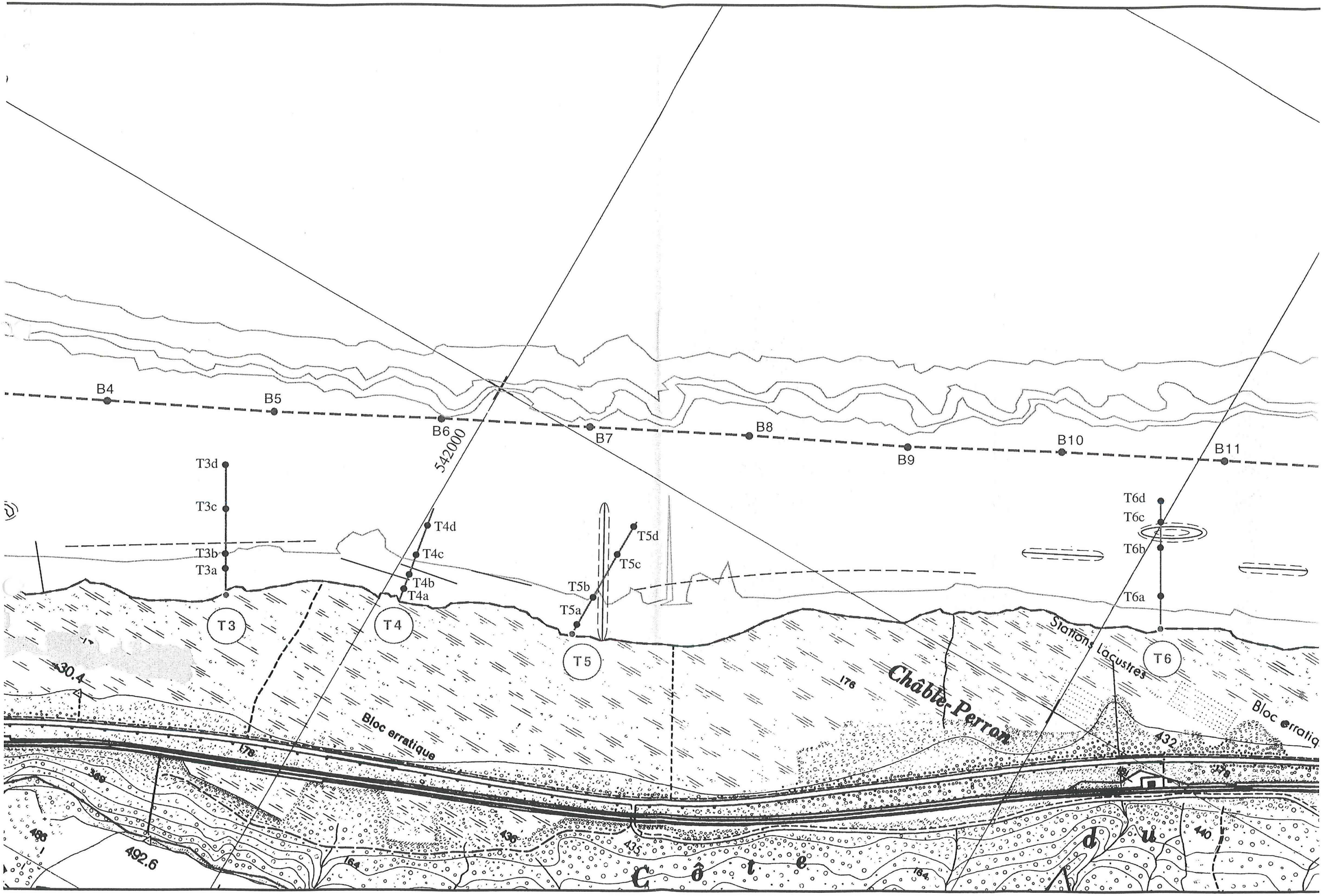
Echelle 1/2000

Date : février 1998

N




426 msm
424 msm
420 msm
428 msm
410 msm
183000
541000
182000
540000
LAC DE NEUCHATEL
Eaux moyennes 429 m
430.5
Camping
Plage
Grève de Champ Pittet
Stations lacustres
431.3
B2
B3
B1
T1d
T1c
T1b
T1a
T1
T2d
T2c
T2b
T2a
T2



B4
B5
B6
B7
B8
B9
B10
B11
542000
T3d
T3c
T3b
T3a
T4d
T4c
T4b
T4a
T5d
T5c
T5b
T5a
T6d
T6c
T6b
T6a
T3
T4
T5
T6
Stations Lacustres
Châble-Perron
Bloc erratique
Bloc erratiq
430.4
492.6
432
176
178
164
435
440
Côte du