Erosion sur la rive sud du lac de Neuchâtel

Bilan 1979-2003

Introduction

Les objectifs fixés par le plan de gestion 2006-2011 visant essentiellement la conservation des surfaces marécageuses ainsi que celle des milieux et des espèces les plus rares qu'elles abritent, la compétition spatiale que se livrent lac et surfaces marécageuses doit donc être suivie régulièrement, de façon à pouvoir rendre compte de la situation et fixer les priorités et les modalités d'éventuelles actions. Ce rapport de synthèse donne des bilans chiffrés et commentés du phénomène de l'érosion* observé sur une période de plus de 20 ans. Il complète celui spécifiquement consacré au tronçon pilote de lutte anti-érosion de Cheseaux-Noréaz (Matthey et al., 2004).

*à prendre au sens large : mouvements de sédiments conduisant à la modification de la ligne séparant les terres immergées des terres émergées sur le littoral lacustre.

Méthode de cartographie utilisée et combinaison des produits cartographiques obtenus

La méthode de cartographie utilisée consiste à interpréter la position de la ligne de rive à partir de photographies aériennes redressées. Ces interprétations ont été réalisées sur des photographies aériennes datées 1979/1981/1992/1994/2000/2001/2003 couvrant complètement ou partiellement la rive sud du lac de Neuchâtel (Tableau 1)

Année du vol photographique	Secteur de rive	Produit cartographique
1979	Yverdon-les-Bains-Yvonand	Carte 1979-1981
1981	Yvonand-Cudrefin	Carte 1979-1981
1992	Portalban-Cudrefin	Carte 1992-1994
1994	Yverdon-les-Bains-Portalban	Carte 1992-1994
2000	Yverdon-les-Bains-Yvonand	Carte 2000
2001	Yverdon-les-Bains-Cudrefin	Carte 2001
2003	Yverdon-les-Bains-Môle de la Broye	Carte 2003

Tableau 1 : Produits cartographiques utilisés pour l'analyse de l'évolution chronologique de la position de la ligne de la rive sud du lac de Neuchâtel.

La ligne de rive a été définie comme étant celle qui sépare les surfaces émergées où à végétation émergente de celles sans végétation émergente et submergées. Cette définition permet de concilier efficacement l'objectif cartographique fixé (situer au mieux la ligne de séparation terre ferme-lac) et le support méthodologique à disposition (photo aérienne). Des visites de terrain ont permis d'affiner l'interprétation des photos des vols1992 / 1994 / 2000 / 2001 / 2003.

La précision des résultats de l'interprétation de la position de la ligne de rive dépend :

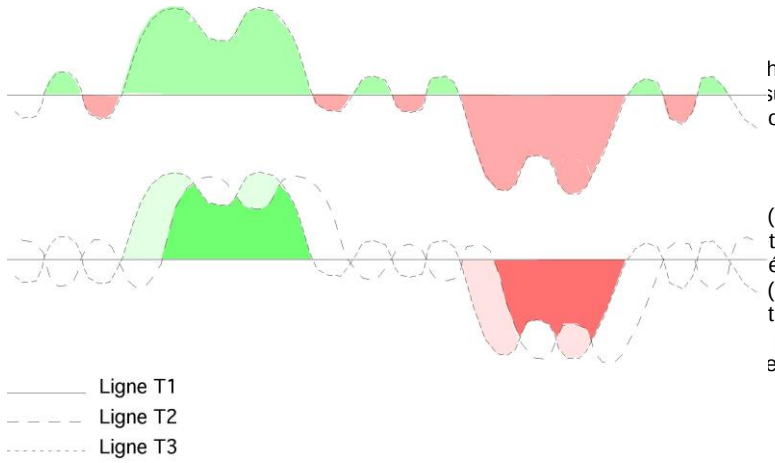
- de la précision liée au redressement des photographies aériennes : pour une zone aussi plate que la rive sud, celle-ci est de l'ordre de 1 m pour des photos à l'échelle environ 1 :20'000 et de 0.25 m pour des photos à l'échelle environ 1 :5'000 ; ces estimations résultent de la comparaison, pour des points caractéristiques, entre les résultats obtenus par levés de géomètre sur le terrain et ceux obtenus en laboratoire par photogrammétrie; cette précision est relativement homogène sur l'ensemble des surfaces couvertes par un vol photo ;

- de l'interprétation, en fonction de sa définition, de la ligne de rive lors de sa restitution ; la définition adoptée ne permet pas d'indiquer une précision régulière sur l'ensemble des surfaces couvertes par un vol photo : les zones de rives ou croissent des roselières lacustres sont les plus problématiques (où s'arrête la roselière lacustre ? d'éventuelles surfaces sans végétation émergente, isolées par ces roselières, sont-elles déconnectées des eaux du lac ? etc.), des visites de terrain (ou des comparaisons avec des séries photographiques chronologiquement proches) ayant cependant permis de lever un grand nombre d'incertitudes ; d'autres facteurs modulent la précision de l'interprétation lors de la restitution : état de développement de la végétation lors du vol photographique, présnce d'ombre, inclinaison naturelle de la végétation, inclinaison de la végétation liée à l'angle de prise de vue ; il est raisonnable d'affirmer que ces derniers facteurs peuvent induire des erreurs de l'ordre de 1 m, même pour des photos à petite échelle.

Les produits cartographiques obtenus peuvent faire l'objet de différentes combinaisons chronologiques permettant de mettre en évidence l'évolution de la position de la ligne de rive ; parmi elles, deux combinaisons ont été retenues (Figures 1 et 2):

- combinaison du produit cartographique le plus ancien (carte 1979-1981) avec le plus récent (carte 2003) ;

- combinaison de quatre produits cartographiques (carte 1979-1981 / carte 1992-1994 / carte 2001 / carte 2003), en ne retenant que les surfaces révélatrices de mouvements réguliers de la ligne de rive (surfaces gagnées durant une période et jamais reperdues, même partiellement, lors de périodes ultérieures ou surfaces perdues durant une période et jamais regagnées, même partiellement, lors de périodes ultérieures.



combinaison chronologique du produit
hique le plus ancien avec le plus récent ;
surfaces gagnées (avancée de la ligne de
ouge : surfaces perdues (recul de la ligne

combinaison chronologique de trois
cartographiques ; en vert : surfaces
(avancée de la ligne de rive) durant une
t jamais reperdues, même partiellement,
ériodes ultérieures ; en rouge : surfaces
(recul de la ligne de rive) durant une
t jamais regagnées, même partiellement,
périodes ultérieures ; en foncé : 1ère
en clair : 2ème période.

Figure 2:
Exemple de combinaisons chronologiques, selon l'alternative présentée dans la figure 1.
A gauche : combinaison chronologique du produit cartographique le plus ancien (1979-1981) avec le plus récent (2003).
A droite : combinaison de 4 produits cartographiques (1979-1981 / 1992-1994 / 2001 / 2003)
Réserve de Cheyres (échelle : environ 1 :10'000)

Afin de pouvoir quantifier localement les résultats des combinaisons des produits cartographiques, celles-ci ont été découpées selon une grille régulière (maillage : 100m), dont l'orientation (48^0) correspondrait à celle de la rive sud du lac de Neuchâtel (Figure 3). La division des surfaces comprises dans chaque maille par la largeur de la maille et par le nombre d'années de la période considérée a permis de calculer le mouvement (avancée ou recul) annuel moyen de la ligne de rive pour la maille et la période considérée.

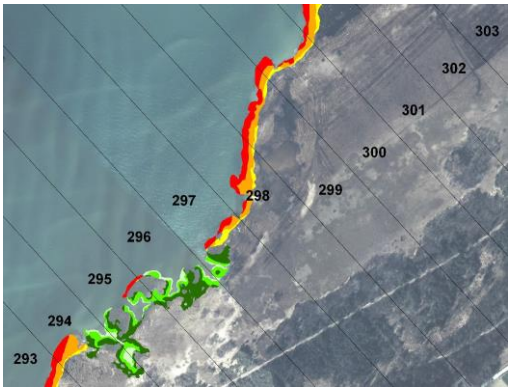


Figure 3 :
Exemple du découpage des résultats de la combinaison de 4 produits cartographiques (1979-1981 / 1992-1994 / 2001 / 2003) selon les mailles (largeur 100 m ; orientation 48^0) numérotées d'une grille
Réserve des Grèves de La Motte (échelle : environ 1 :10'000).

Evolution de la position de la ligne de rive entre (1979)-1981 et 2003

Amplitude des mouvements

La valeur du mouvement annuel moyen de la ligne de rive varie fortement suivant le littoral communal considéré :

Littoraux communaux où le mouvement annuel moyen est le plus important (> 0.5 m / année) :

Avancée de la ligne de rive	Recul de la ligne de rive
Chevroux	Yverdon-les-Bains Cheseaux-Noréaz Châbles

Littoraux communaux où le mouvement annuel moyen est le plus faible (< 0.1 m / année) :

Stabilité de la ligne de rive
Font Estavayer-le-Lac

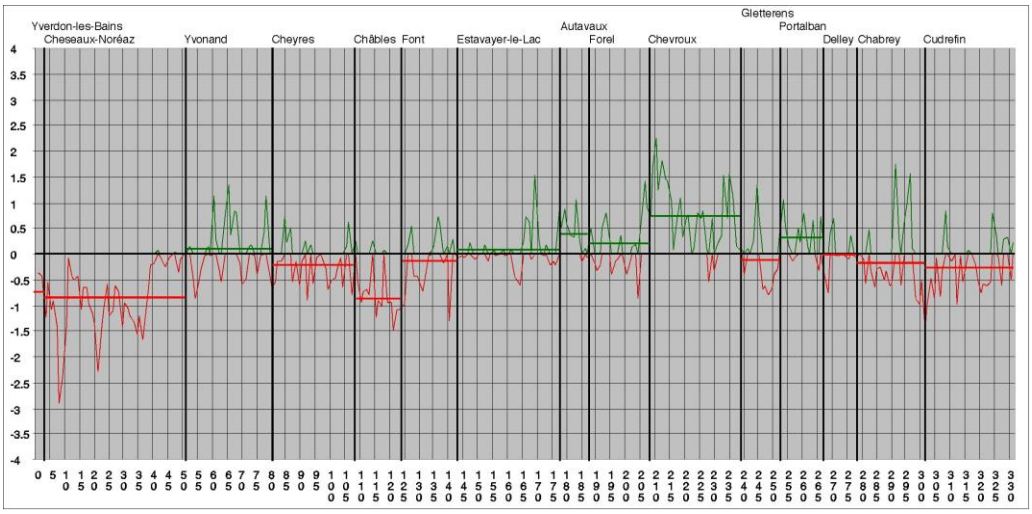
Gletterens Delley Cudrefin

Le fetch de bise et/ou la largeur de la beine lacustre et/ou la présence d'obstacles (naturels ou artificiels) et/ou la forme de la rive et/ou la nature de la rive peuvent expliquer cette discrimination.

La proportion élevée de littoral bâti et/ou la présence d'importantes surfaces de molasse affleurante et/ou la présence de secteurs de rive concave (zones d'atterrissement supposé et/ou zone à l'abri du fetch de bise) sur la beine lacustre peuvent expliquer ce particularisme ; la commune d'Estavayer-le-Lac, appartenant déjà au groupe de littoraux communaux de faible mouvement annuel moyen, semble détenir la palme du littoral le plus stable, globalement et localement, de la Rive Sud ;

- littoraux au sein desquels les mouvements annuels moyens sont contrastés : Yvonand, Chevroux, Gletterens et Chabrey ; l'alternance de secteurs de rive concaves (zones d'atterrissement supposé et/ou zone à l'abri du fetch de bise) ou convexes peutventexpliquer ce particularisme; les principales baies de la Rive Sud sont la Baie d'Yvonand (Yvonand), la Baie aux Chevaux, que le môle du port protège de surcroît, et la Baie d'Ostende (Chevroux), la Baie d'Ostende (Gletterens) et la Baie de La Motte (Chabrey).

Régularité des mouvements



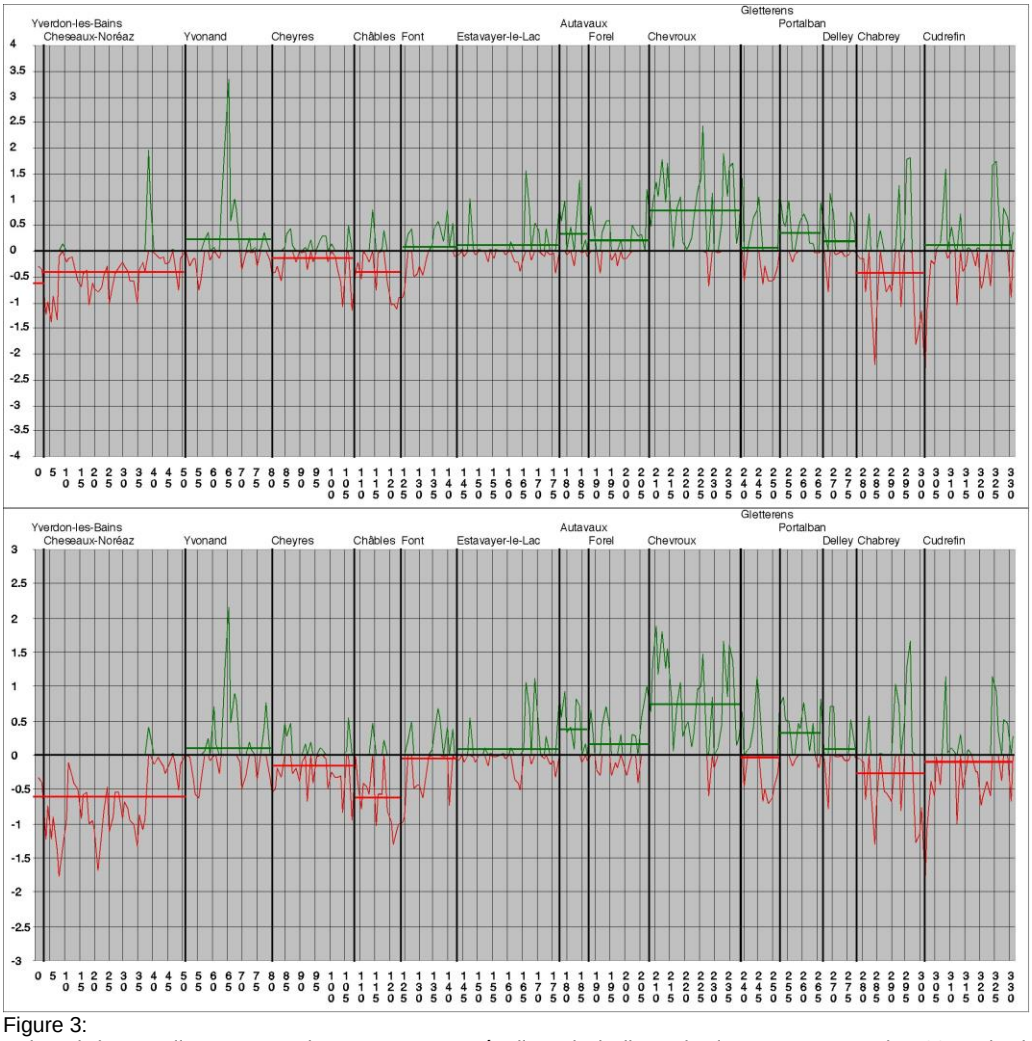
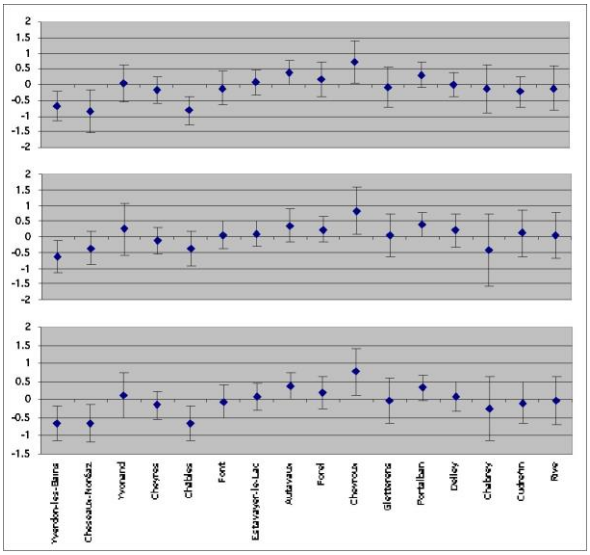


Figure 3:
Valeur (m) annuelle moyenne des mouvements réguliers de la ligne de rive par tronçon de 100 m de rive (courbe) et bilan par commune (barre)
En haut : Période (1979)/1981 - (1992)/1994 Au milieu: Période (1992)/1994 - 2003 En bas: Période (1979)/1981 - 2003



et l bilan des surfaces majoritairement recouvertes par une végétation émergée et disparues pendant cette période donne 31 ha ; celui des surfaces apparues donne 29.5 ha. Ces bilans, qui se neutralisent globalement, tiennent compte de l'ouverture ou la fermeture de lagunes ainsi que de la surfaces couvertes par les ouvrages anti-érosion mis en place sur le tronçon pilote Yverdon-Yvonand. Ils correspondent à une avancée moyenne ou un recul moyen d'environ 0.4 m le long des 33 km de rive considérée d'Yverdon à Cudrefin. Ces mouvements (avancée ou recul) se répartissent comme suit le long de la rive :

Avancées principales :
- Baie d'Yvonand
- Ouest et Est du port de Chevroux
- Grèves de la plage de Gletterens
- Grèves des dunes de Portalban
- Grèves de la plage de Chabrey
- Grèves de Trouville

Sur ces tronçons le bilan Avancée-recul est favorable à l'avancée.

Reculs principaux :
- Tronçon-pilote Yverdon-Yvonand
- Grèves de Crevel
- Grèves de la Réserve de Cheyres
- Grèves de part et d'autre de la plage de Gletterens
- Grèves de part et d'autre de la plage de Chabrey
- Grèves entre Trouville et Cudrefin.

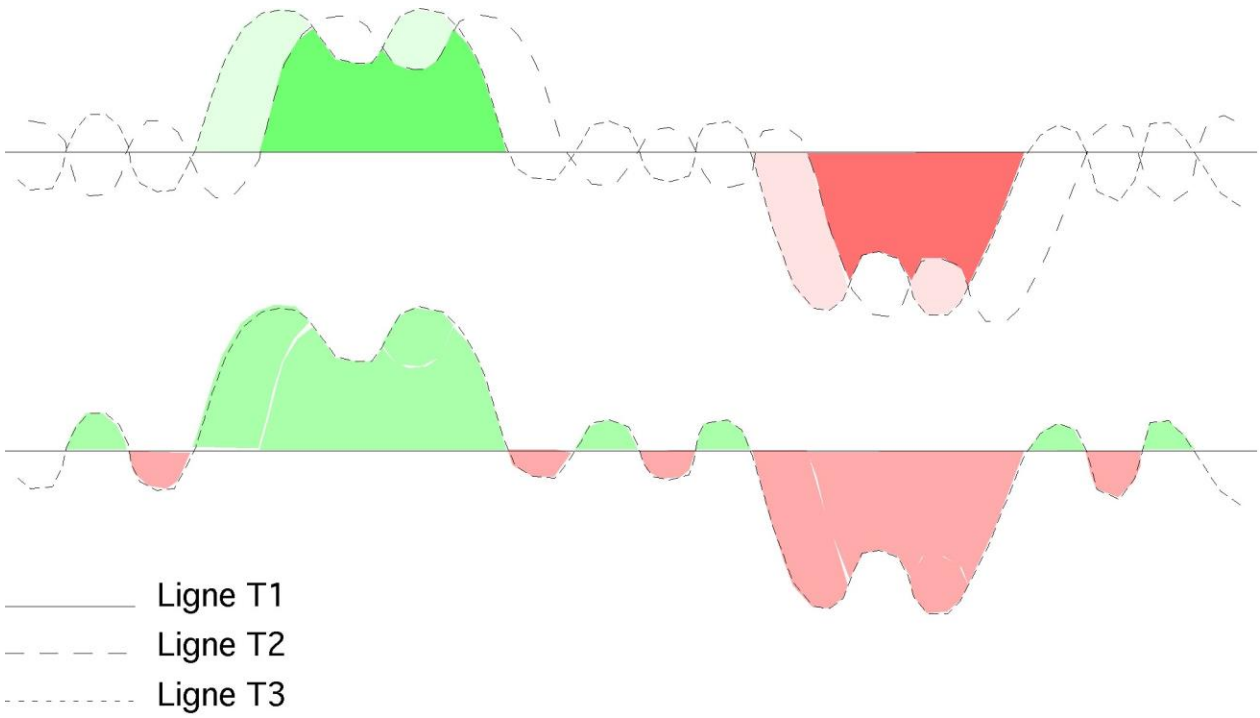
Sur ces tronçons le bilan Avancée-recul est favorable au recul.

Les reculs peuvent toucher tout type de milieu (boisé, non-boisé et aux sein de ces derniers roselières, prairies à grands ou petits carex).
Les avancées concernent essentiellement les roselières lacustres.

Les secteurs de rive entre les réserves naturelles sont ceux qui présentent les avancées ou les reculs les moins spectaculaires (la ligne de rive y est massivement stabilisée par des ouvrages artificiels).

Mouvements réguliers constatés entre (1979)-1981 et 2003 en considérant les périodes (1979)-1981/(1992)-1994, (1992)-1994/2001 et 2001/2003 ? (cf Graphe 2)

En considérant comme réguliers des mouvements de ligne de rive qui conduisent au gain ou à la perte de surfaces jamais reperdues ou regagnées lors de périodes ultérieures et contiguës entre elles d'une période à l'autre, le bilan des surfaces majoritairement recouvertes par une végétation émergée et disparues régulièrement pendant ces 3 périodes donne 27.5 ha ; celui des surfaces apparues donne 24.5 ha.



Les secteurs de rive et les types de milieux concernés par ces avances ou reculs réguliers correspondent à ceux déjà énoncés dans la réponse à la question précédente.

Si on considère comme fort les mouvements de la ligne de rive ayant conduit à un recul régulier ou une avance régulière cumulé sur les 3 périodes considérées supérieur ou égal à 1000 m2 / 100 m de ligne de rive (selon grille CC) on obtient :
10.1 km de ligne de rive en progression régulière
11.4 km de ligne de rive en régression régulière

La régularité spatiale des mouvements s'accompagne-t-elle d'une régularité temporelle pour les périodes (1979)-1981/1992-1994, (1992)-1994/2001 et 2001/2003 ? (cf Tableau)

Les résultats du tableau ci-dessous montrent que le rythme annuel d'une progression régulière ou d'un recul régulier peut varier d'une valeur allant jusqu'à 50 % d'une période à l'autre. De plus, il n'y a pas de « synchronisation » des types de mouvement, autrement dit une période de forte régression peut aussi correspondre une période de forte progression (typiquement : la période 2001/2003).

	(1979)-1981/(1992)-1994 : 13 ans	(1992)-1994/2001 : 7 ans	2001/2003 : 2 ans
Progression régulière (ha/année)	1	1.2	1.5
Régression régulière (ha/année)	1.4	1	1.5

Les caractéristiques des mouvements de la ligne de rive ont-elles changé pour le tronçon-pilote depuis la mise en place des ouvrages anti-érosion ?

Les résultats suivant doivent être consultés en ayant pris connaissance de toutes les considérations formulées dans la réponse à la question préliminaire formulée au début de ce texte.
Des éléments de réponse à cette question ne peuvent être formulé qu'en s'appuyant sur une comparaison des mouvements de ligne de rive avant et après mise en place des ouvrages sur le tronçon-

pilote et en dehors de celui-ci. Il est évidemment ici impossible de prétendre trouver, en dehors du tronçon-pilote, un secteur de rive aux caractéristiques parfaitement identiques à celui-ci. 2 possibilités s'offrent cependant pour permettre cette comparaison qui reste de toute façon approximative : choisir un secteur de rive d'un seul tenant, de longueur équivalente à celle du tronçon-pilote et ayant subi des mouvements de ligne de rive relativement semblable à ceux du tronçon-pilote avant la mise en place des ouvrages anti-érosion ; choisir un secteur de rive d'un seul tenant, le plus proche possible du tronçon-pilote et ayant subi des mouvements de ligne de rive relativement semblable à ceux du tronçon-pilote avant la mise en place des ouvrages anti-érosion.
La réserve de Cheyres répondrait au mieux aux exigences formulées pour la première option.
Le secteur de rive non-protégé (ou presque puisque 2 palissades en bois couvrant un secteur de rive d'environ 160 m y ont été installées en 200 ?) entre la plage d'Yverdon et Champ-Pittet répondrait aux exigences formulées pour la deuxième option.
Les résultats du tableau ci-dessous révèlent des appréciations totalement opposées :
- si on compare le tronçon-pilote au secteur de Cheyres : l'érosion sur le tronçon-pilote n'aura jamais été aussi forte que durant la période 2001-2003
- si on compare le tronçon-pilote au secteur de la Plage d'Yverdon : l'érosion sur le tronçon-pilote n'aura jamais été aussi faible que durant la période 2001-2003.

On doit ici faire une remarque importante : le secteur de la réserve de Cheyres, bien que de longueur équivalente à celui du tronçon-pilote, présente 2 différences majeures avec celui-ci :
- d'une part il abrite des roselières lacustres dont on sait qu'elles peuvent freiner l'érosion du rivage à proximité ;
- d'autre part la rive de ce secteur, sur plus de la moitié de sa longueur, est boisée ; les observations faites sur différents secteurs de rive semblent montrer que sur des périodes longues une rive boisée s'érode tout autant qu'une rive herbacée, mais que le rythme de cette érosion est plus « discontinue » ; peut-être a-t-on pour la réserve de Cheyres et une période aussi courte que 2001-2003 un effet de l'érosion qui ne se concrétise pas encore par la chute des arbres présents sur le rivage.

En vertu de ces 2 remarques la préférence devrait être donnée à une comparaison entre le tronçon-pilote et le secteur plage d'Yverdon-Champ-Pittet.

	1979-1981/1992-1994	1992-1994/2001	2001/2003
Plage d'Yverdon-Champ-Pittet (Créneaux 1-6)	0. 66 m (72 %)	0.68 m (148 %)	1.48 m (206 %)
Tronçon-pilote (Créneaux 12-38)	0.92 m	0.46 m	0.72 m
Réserve de Cheyres (Créneaux 105-131)	0.78 m (85 %)	0.66 m (144 %)	0.41 m (57 %)

Les caractéristiques des mouvements de la ligne de rive sur le tronçon-pilote permettent-elles de déceler des effets différenciés des ouvrages suivant leurs qualités ?

A compléter

CC
Champ-Pittet, le 18 mars 2006