

COMPTE RENDU DU SUIVI DE CHAINES D'EROSION SUR LE SITE D'INGRANDES

9/10/2003

1. RAPPEL DES OBJECTIFS DE L'ETUDE ET DE LA METHODE UTILISEE

Dans le cadre du suivi morpho-sédimentologique du site d'Ingrandes, nous avons proposé l'implantation de « chaînes d'érosion » afin de mieux cerner les processus d'érosion/dépôt de la charge de fond. Cette méthode est encore relativement expérimentale et rarement utilisée en « routine », aussi cette première expérimentation se présente avant tout comme un test de sa faisabilité et de vérification de l'intérêt.

1.1. PRINCIPES DE LA METHODE

Le principe consiste à faire pénétrer dans le plancher alluvial, sur environ 2 m de profondeur, des chaînes métalliques dont les maillons font environ 1 cm de diamètre (voir figure 1). Ces chaînes sont repérées en x,y,z (par exemple au moyen d'un GPS différentiel) puis sont relevées, en fonction de l'objet de la recherche, après une crue, n crues, une années complète etc.

Par rapport à une simple comparaison de données topographiques, cette méthode offre l'intérêt de fournir des éléments sur les processus d'érosion dépôt s'étant produits entre les deux périodes.

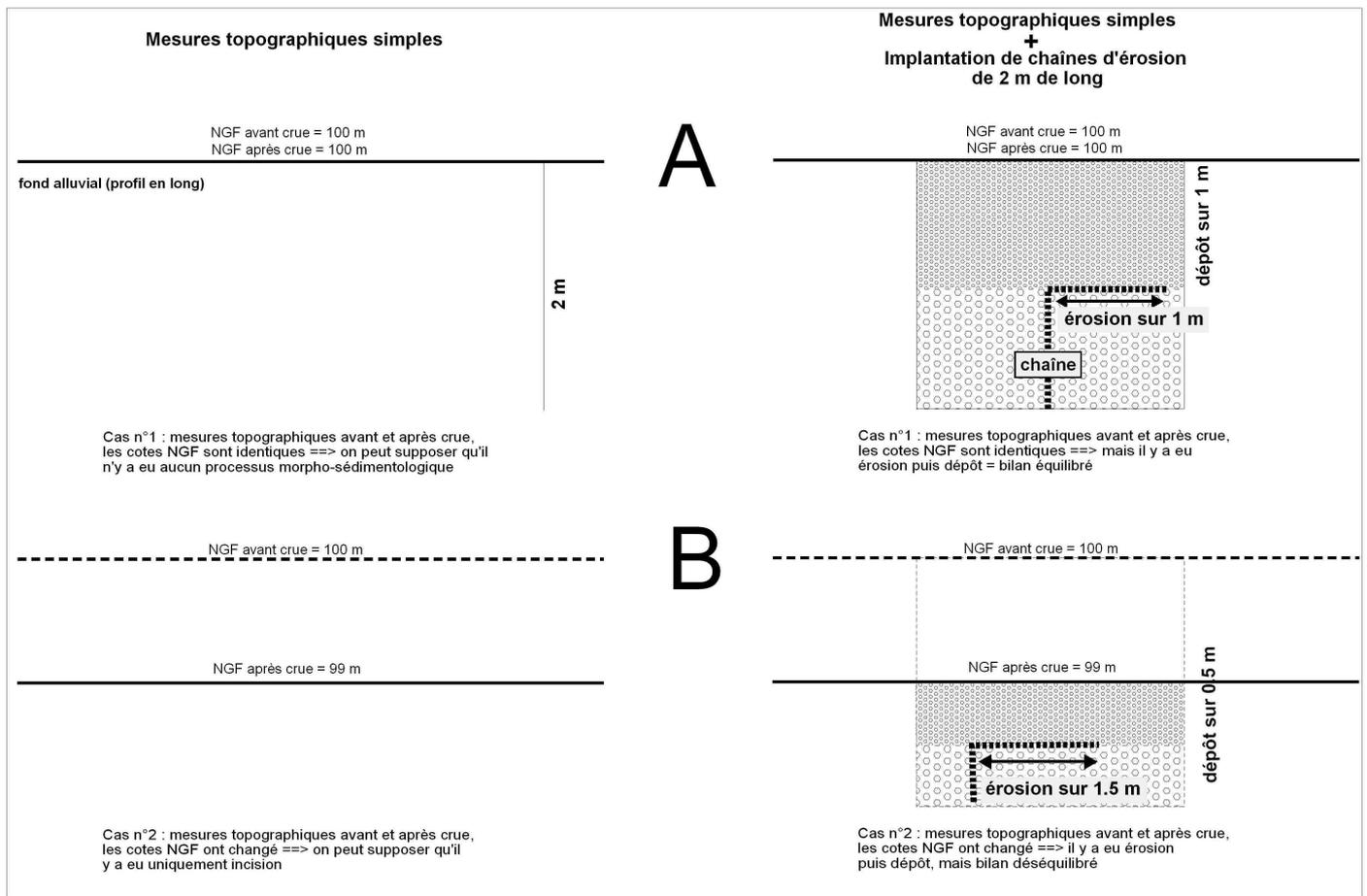


Figure 1

La figure 1 montre qu'avec de simples mesures topographiques, on a une image tronquée des processus.

- En A, on peut imaginer, sans application de la méthode de la chaîne, que l'on a eu aucun mouvement : stabilité des fonds ? Avec la chaîne, on sait que l'on a eu une érosion du fond sur 1 m et un remblaiement sur la même épaisseur. Le bilan local est toujours équilibré mais on saisit mieux les processus d'équilibrage sédimentaire.
- En B, on sait que l'on a eu un abaissement du fond sur 1 m dans les 2 cas, mais avec la chaîne on comprend que l'incision a été plus intense que la simple différence de cote (1.5 m et non 1 m) et qu'elle a été en partie compensée par un dépôt.

1.2. MISE EN ŒUVRE

20 chaînes ont été implantées dans le bras de cul de Bœuf (chenal sud de l'île Meslet) les 4 et 5 septembre 2002.



Figure 2 : localisation des sites d'implantation des chaînes (fond photo SIEL, 1995).

S'agissant de tester la méthode, nous avons choisi 3 sites et 3 modes d'implantation des chaînes.

Sur le site 1, le plus amont, 6 chaînes ont été installées dans l'axe longitudinal, le long d'une « grosse » dune en cours de migration. Une chaîne supplémentaire a été implantée sur le sommet de cette grosse dune (voir la topographie détaillée figures 3 et 4).

Sur le site 2, 5 chaînes ont été installées perpendiculairement au bras, au travers d'un point d'inflexion entre 2 mouilles (zones de surcreusement, voir figure 5 et 6).

Sur le site 3, 8 chaînes ont été disposées sur une dune en migration dont 6 en amont (sur la dune) et 2 en aval immédiat du front de dune (voir figures 7 et 8).

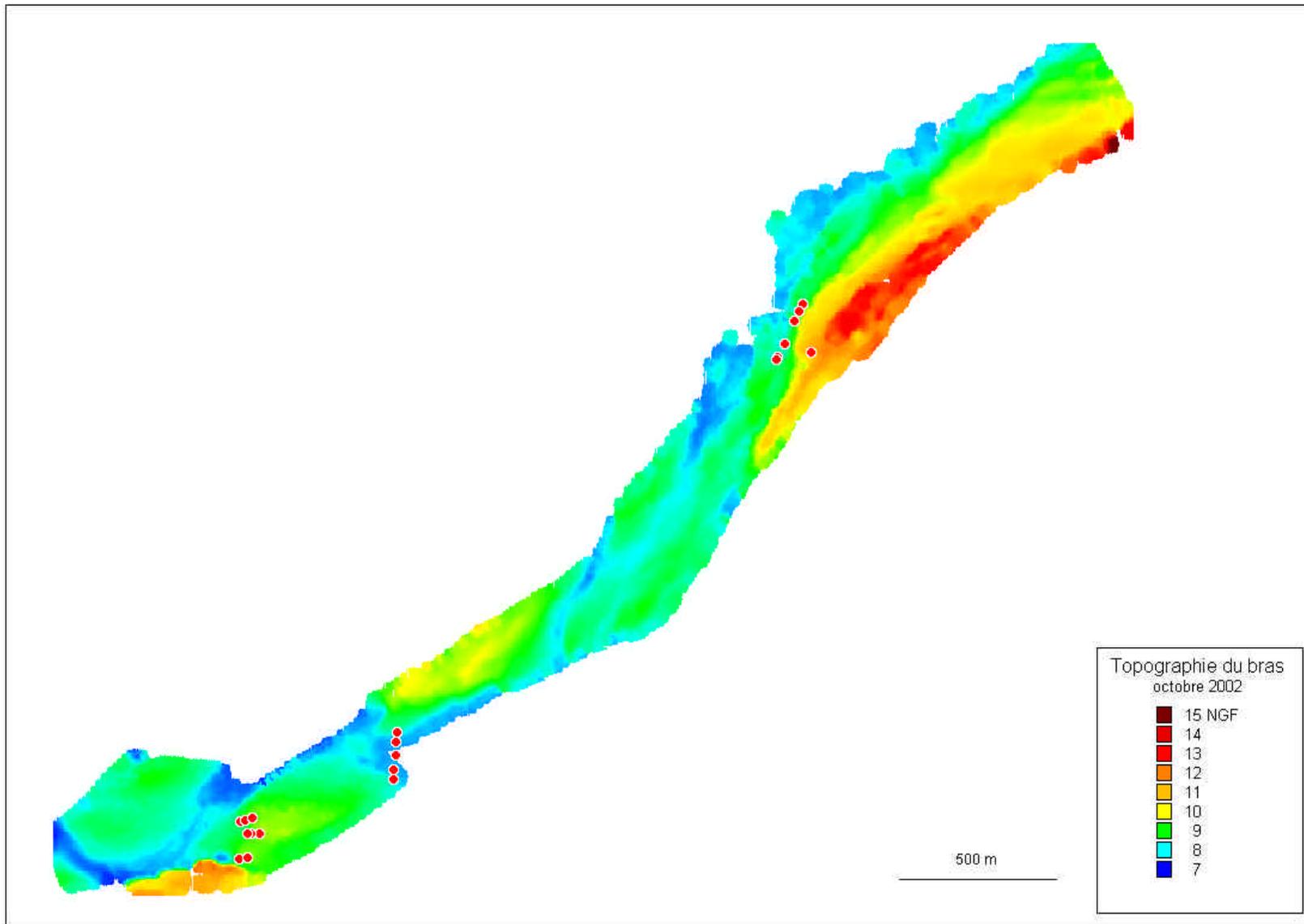


Figure 3 : topographie du bras 1 mois après l'implantation des chaînes (octobre 2002)

1.2.1. SITE 1

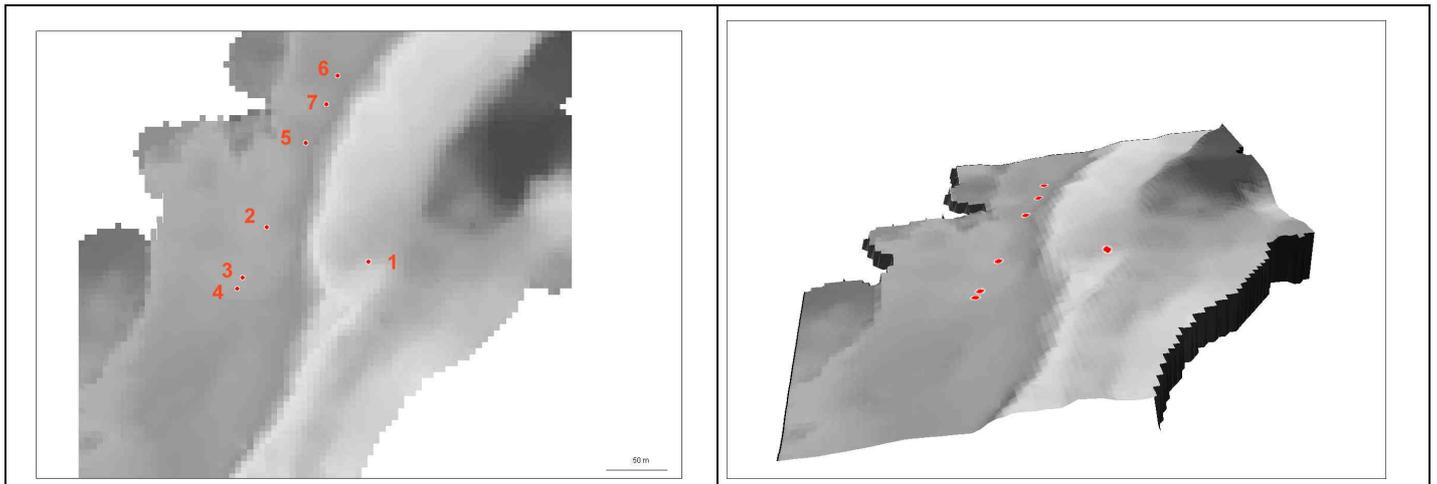


Figure 4 : site 1 (octobre 2002) : localisation des chaînes



chaîne 1 sur le front de la dune la plus haute

prélèvement de sable dans le cœur de la dune

implantation de la chaîne 3

chaînes 3 (arrière plan sur le front de la petite dune)
et 4 (premier plan)

1.2.2. SITE 2

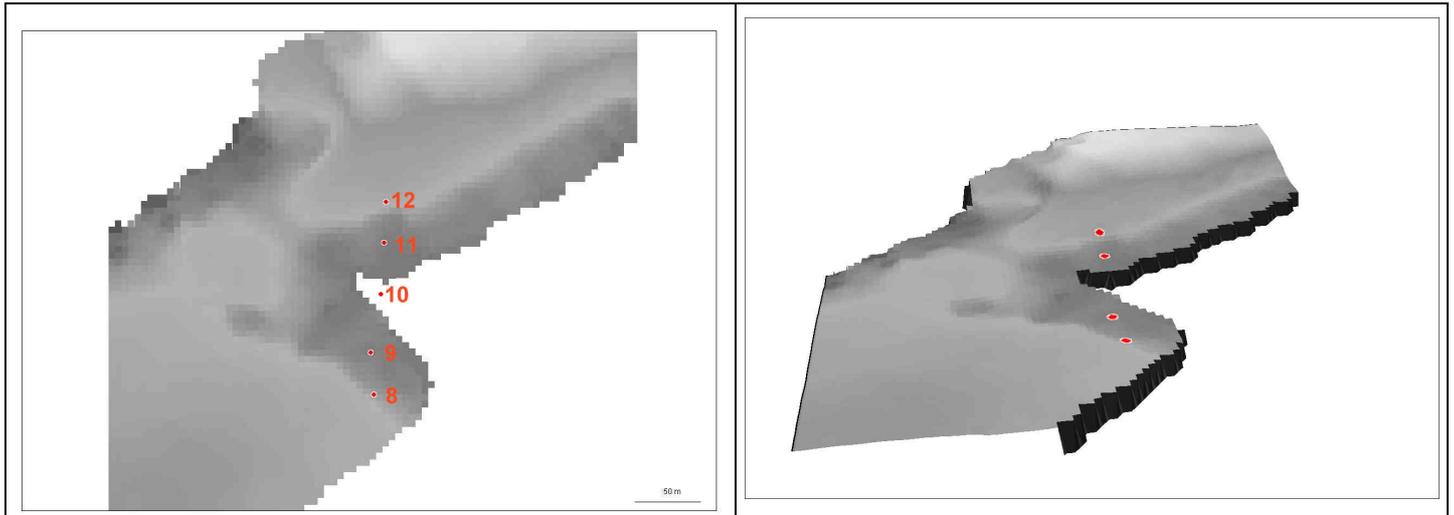


Figure 5 : site 2 (octobre 2002) : localisation des chaînes



site d'implantation des chaînes 8 et 9

chaîne 12

planche photo 2

1.2.3. SITE 3

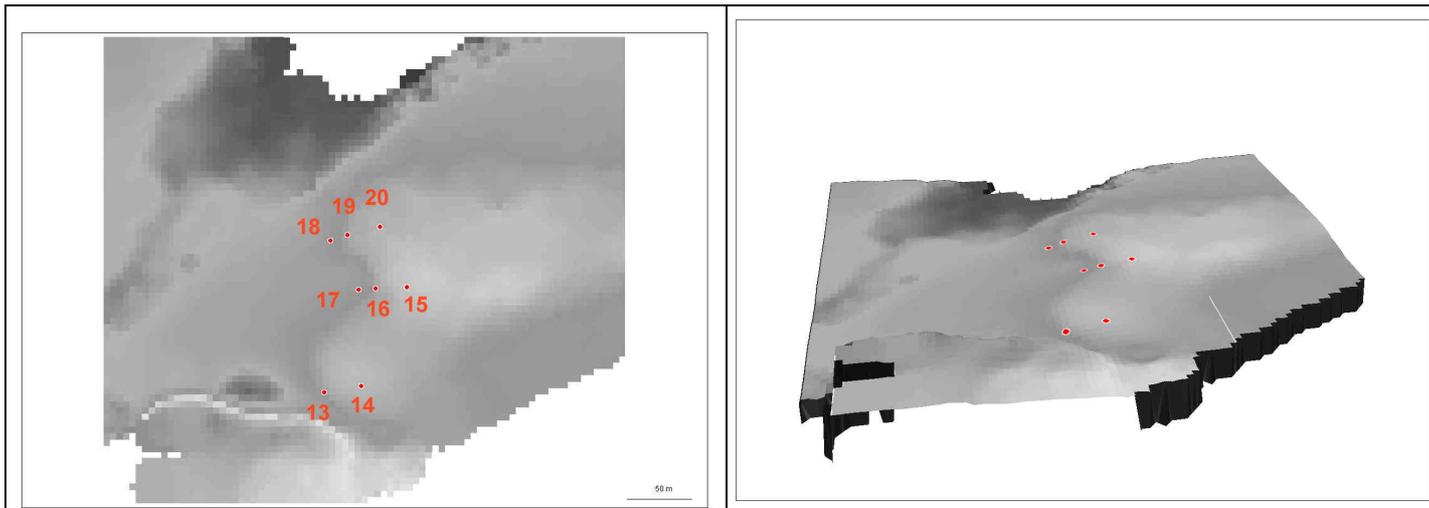


Figure 6 : site 3 (octobre 2002) : localisation des chaînes sur une dune en progression



2. RESULTATS

Les chaînes ont été relevées le 9 septembre 2003, soit sensiblement 1 an jour pour jour après leur implantation. 4 n'ont pas été retrouvées :

- sur le site 1 :

⇒ la 5 a été arrachée par quelqu'un (dires d'un témoin), la 7 se trouvait dans un secteur en eau derrière l'épi et il n'a pas été possible de prospector le site. Cet affouillement n'existant pas au moment de la pose en 2002, il est très probable qu'elle a été emportée.

- sur le site 2 :

⇒ les chaînes 9 et 10 étaient dans une zone en eau, la zone de surcreusement ayant manifestement progressé de quelques dizaines de mètres entre 2002 et 2003. N'ayant pu prospector, nous ne savons pas si elles ont été emportées.

2.1. RESULTATS GLOBAUX

Tableau 1 : résultats

num	Z1 (terrain 09/02)	Z2 (terrain 09/03)	delta Z (Z2-Z1)	Z3 (coude chaîne 09/03)	épaisseur décapée (Z1-Z3)	épaisseur déposée (Z2-Z3)
1	11.37	10.77	-0.60	10.5	0.87	0.27
2	8.17	7.9	-0.27	7.17	1.00	0.73
3	8.40	8.41	0.01	7.35	1.05	1.06
4	8.16	8.57	0.41	7.52	0.64	1.05
5	8.65	8.2				
6	8.56	8.2	-0.36	7.81	0.75	0.39
7	8.36					
8	7.72	7.16	-0.56	6.71	1.01	0.45
9	7.45					
10	7.26					
11	7.57	7.47	-0.10	6.82	0.75	0.65
12	8.19	9.28	1.09	7.34	0.85	1.94
13	9.35	9.22	-0.13	8.79	0.56	0.43
14	9.35	9.22	-0.13	8.89	0.46	0.33
15	9.49	9.77	0.28	9.18	0.31	0.59
16	9.38	9.76	0.38	9.13	0.25	0.63
17	8.49	9.78	1.29	8.49	0.00	1.29
18	8.77	9.56	0.79	8.77	0.00	0.79
19	9.38	9.53	0.15	8.96	0.42	0.57
20	9.32	9.34	0.02	8.89	0.43	0.45

Si l'on regarde la simple différence de cote topographique entre les 2 campagnes, on observe les évolutions suivantes (quelques exemples).

- « L'érosion » maximale est observée sur le site 1, chaîne 1 : -60 cm. Il s'agit du site de la « grosse » dune en migration, qui s'est propagée sur une centaine de mètre vers l'aval.
- Le « dépôt » maximal s'observe sur le site 3, chaîne 17 : +1.29 m. Il s'agit d'un point situé immédiatement en aval d'un front de dune. Un dépôt important est aussi noté sur le site 2, chaîne 12 : +1.09 m, sur le sommet d'une petite dune en migration.
- Certains sites n'ont pas bougé en altitude :
 - ⇒ Site 1, chaîne 3 : +1cm
 - ⇒ Site 3, chaîne 20 : +2 cm.

Si l'on prend les mêmes exemples en utilisant les résultats fournis par les chaînes, l'interprétation peut être notablement améliorée :

- Site 1, chaîne 1 : différence de cote : -60 cm. En réalité il y a eu 87 cm d'érosion et 27 cm de dépôt.
- Site 3, chaîne 17 : différence de cote : +1.29 m. Il y a eu 1.29 m de dépôt mais aucune érosion. La dune n'a fait que progresser vers l'aval sans modifier le substrat en place, fortement végétalisé.
 - ⇒ Site 2, chaîne 12 : différence de cote : +1.09 m. La dune s'est bien exhaussée de 1.09 m mais il y a eu en réalité 87 cm d'érosion puis 1.94 m de dépôt.
- Sites n'ayant pas bougé :
 - ⇒ Site 1, chaîne 3 : différence de cote : + 1cm avec 1.05 m érodés et 1.06 m déposés.
 - ⇒ Site 3 chaîne 20 : différence de cote : + 2 cm avec 43 cm érodés et 45 cm déposés.

2.2. RESULTATS SITE PAR SITE

2.2.1. SITE 1

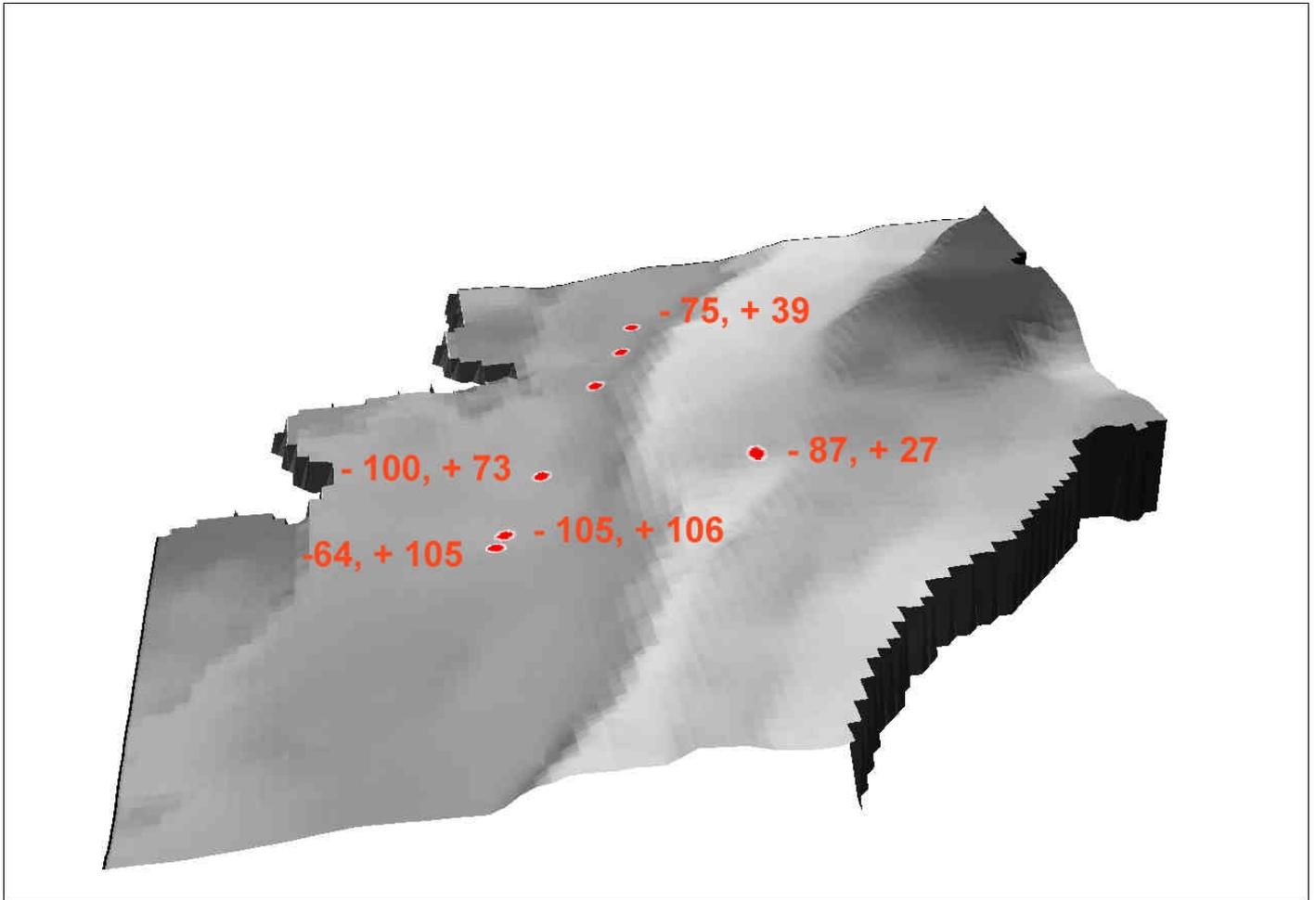


Figure 7 : évolution du site 1

La chaîne située sur le sommet de la dune massive indique essentiellement un déstockage, ce qui est aussi le cas sur la chaîne la plus amont.

Les 3 chaînes aval indiquent une érosion suivi d'un dépôt. Il est intéressant d'analyser en particulier le bilan donné par les 2 chaînes les plus aval (3 et 4, revoir planche photo 1). La chaîne 3, située sur le front d'une petite dune (le delta Z initial par rapport à la chaîne 4 située en aval est de 24 cm) indique une progression de la dune par érosion/sédimentation de la même épaisseur d'alluvions alors qu'il est couramment admis qu'une dune se propage par érosion de la partie amont de la dune (queue de dune) et que le front n'est mobilisé que bien plus tard, lorsqu'il se situe lui même sur la partie la plus amont de la dune (voir figure 8).

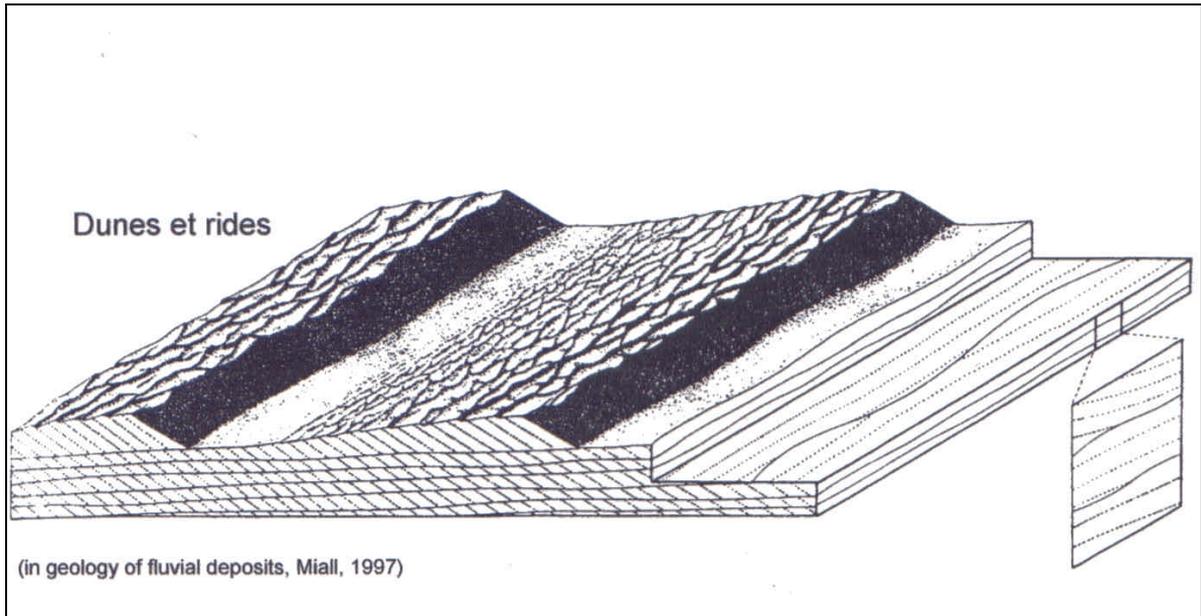


Figure 8

De même la chaîne 4, située en aval immédiat du front, indique effectivement une propagation de la dune ($\Delta Z + 41 \text{ cm}$), mais après qu'il y ait eu 64 cm d'érosion puis 1.05 m de dépôt.

Nous verrons, dans des conditions similaires sur le site 3, que l'évolution y a été relativement différente.

2.2.2. SITE 2

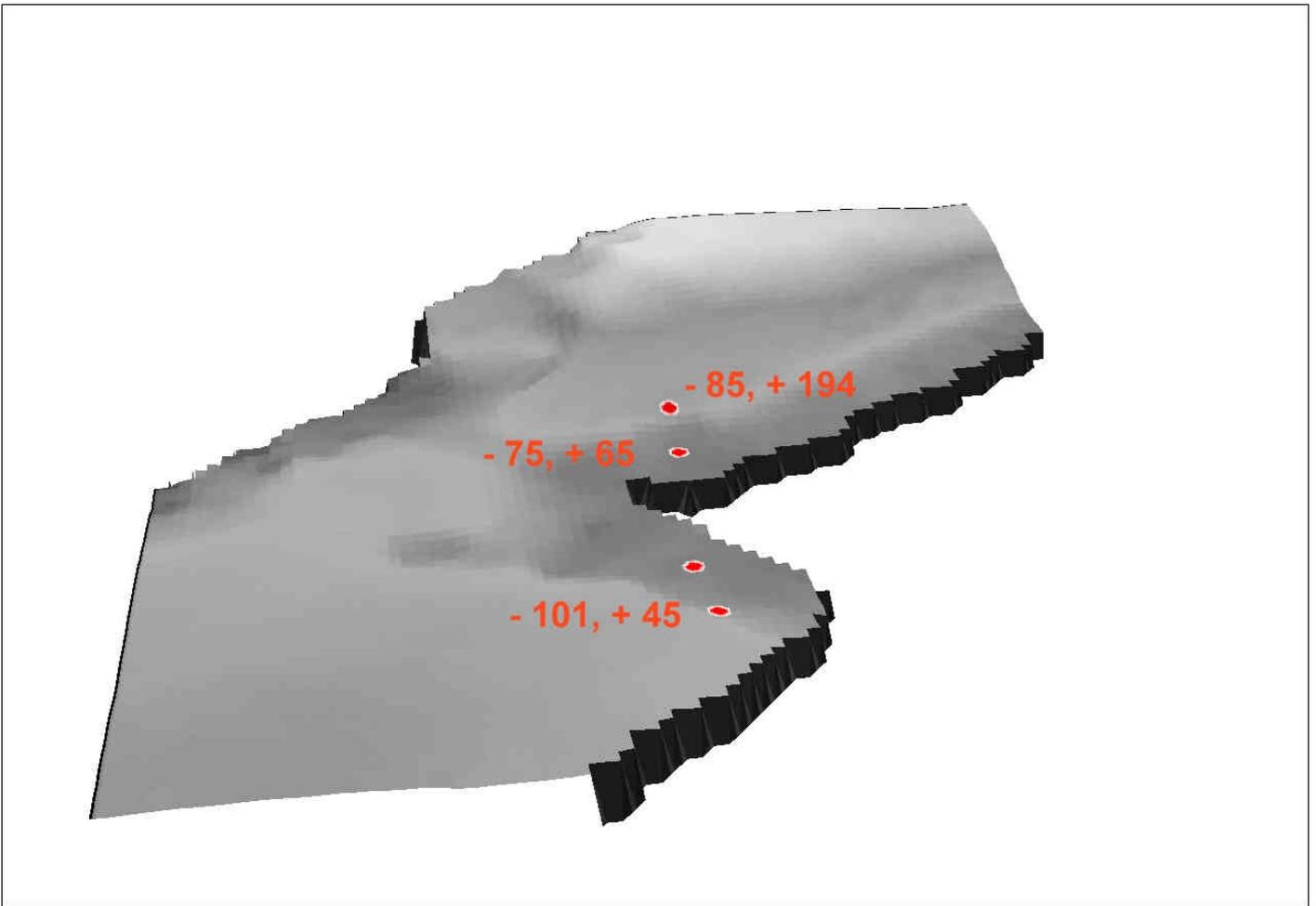


Figure 9 : évolution du site 2

La dune située à l'arrière plan a progressé vers l'aval de la même façon que sur le site 1 avec à la fois érosion (-85 cm) puis dépôt (+ 1.94 m).

Dans la dépression située en contrebas, l'incision a été le processus dominant (delta Z – 10 cm) bien qu'il y ait eu aussi érosion (- 75 cm) puis dépôt (+ 65 cm).

Le même schéma en plus marqué s'observe de l'autre côté de la dépression avec une incision de 56 cm décomposable en une phase d'érosion (-1.01 m) et de dépôt (+45 cm).

(rappel nous n'avons pas retrouvé les chaînes intermédiaires, dans l'eau le jour du retrait des chaînes).

2.2.3. SITE 3

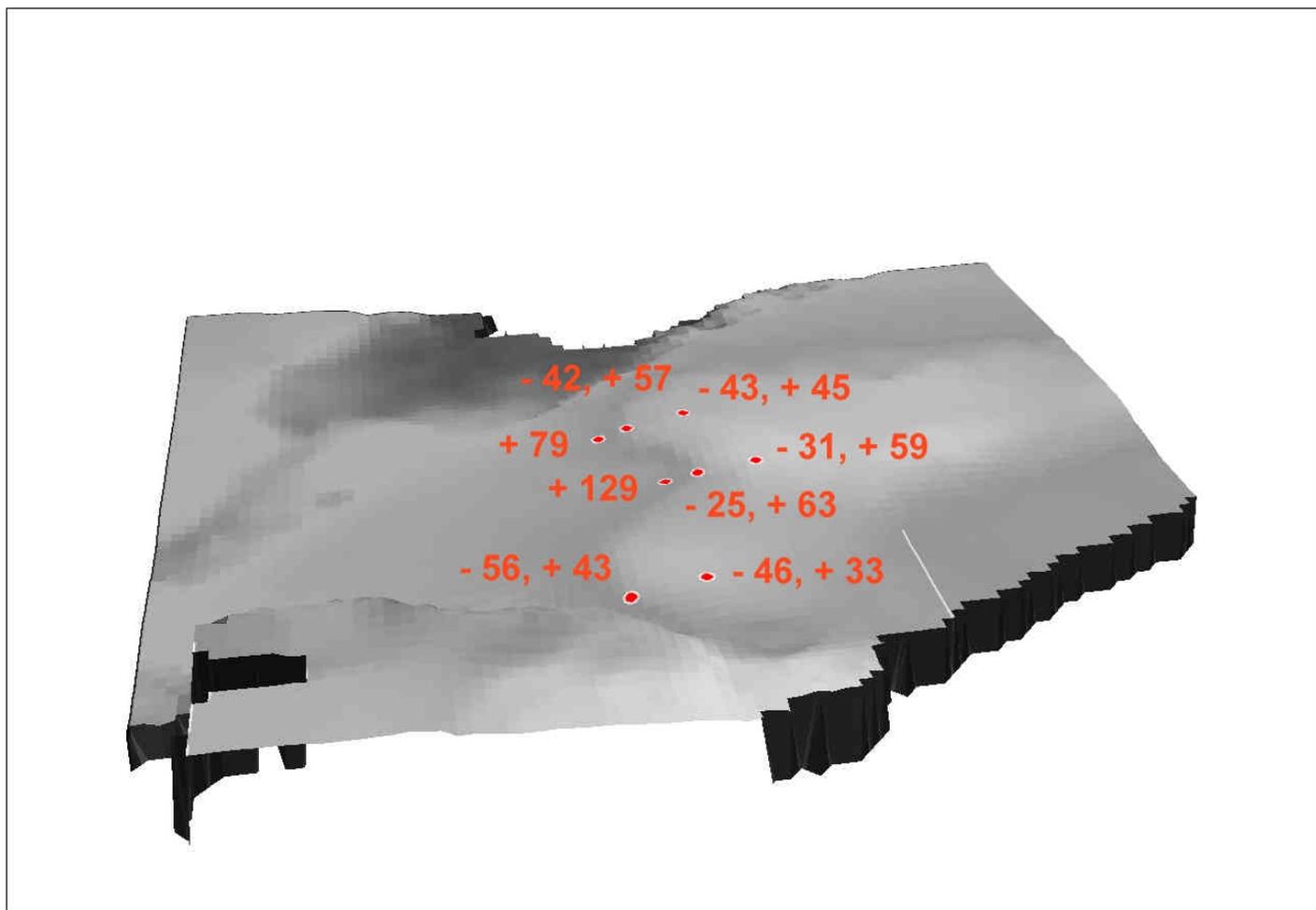


Figure 10 : évolution du site 3

Sur ce site, où les chaînes ont été implantées de manière à suivre l'évolution d'un front de dune, les processus ont été un peu différents.

Sur le sommet de dune, les 3 chaînes indiquent, comme sur les 2 autres sites, une propagation de la dune par érosion/dépôt, variable selon les secteurs : plutôt déficitaire sur les chaînes 13 et 14 (au premier plan), plutôt excédentaire sur les chaînes 15 et 16, plutôt équilibrée sur les chaînes 19 et 20 (à l'arrière plan).

Ce qui est plus frappant est l'évolution des 2 chaînes implantées immédiatement en aval du front de dune : il n'y a eu aucune érosion et uniquement du dépôt lié à la progradation de la dune (+1.29 m et +79 cm).

Compte tenu d'une évolution très différente de celle du site 1, où la zone aval de la dune avait subi une érosion avant la progradation de la dune, il semble possible d'émettre l'hypothèse d'une plus grande stabilité du substrat en aval de la dune sur le site 3 du fait de la présence d'une végétation herbacée beaucoup plus dense que sur les sites 1 et 2 (revoir les planches photos).

3. CONCLUSION

La période septembre 2002, septembre 2003 a été marquée par une hydrologie assez forte de la Loire dans le secteur d'étude, ce qui a permis une évolution notable du bras de Cul de Bœuf avec près de 220 jours où le débit a dépassé le débit théorique de mise en eau du bras (425 m³/s).

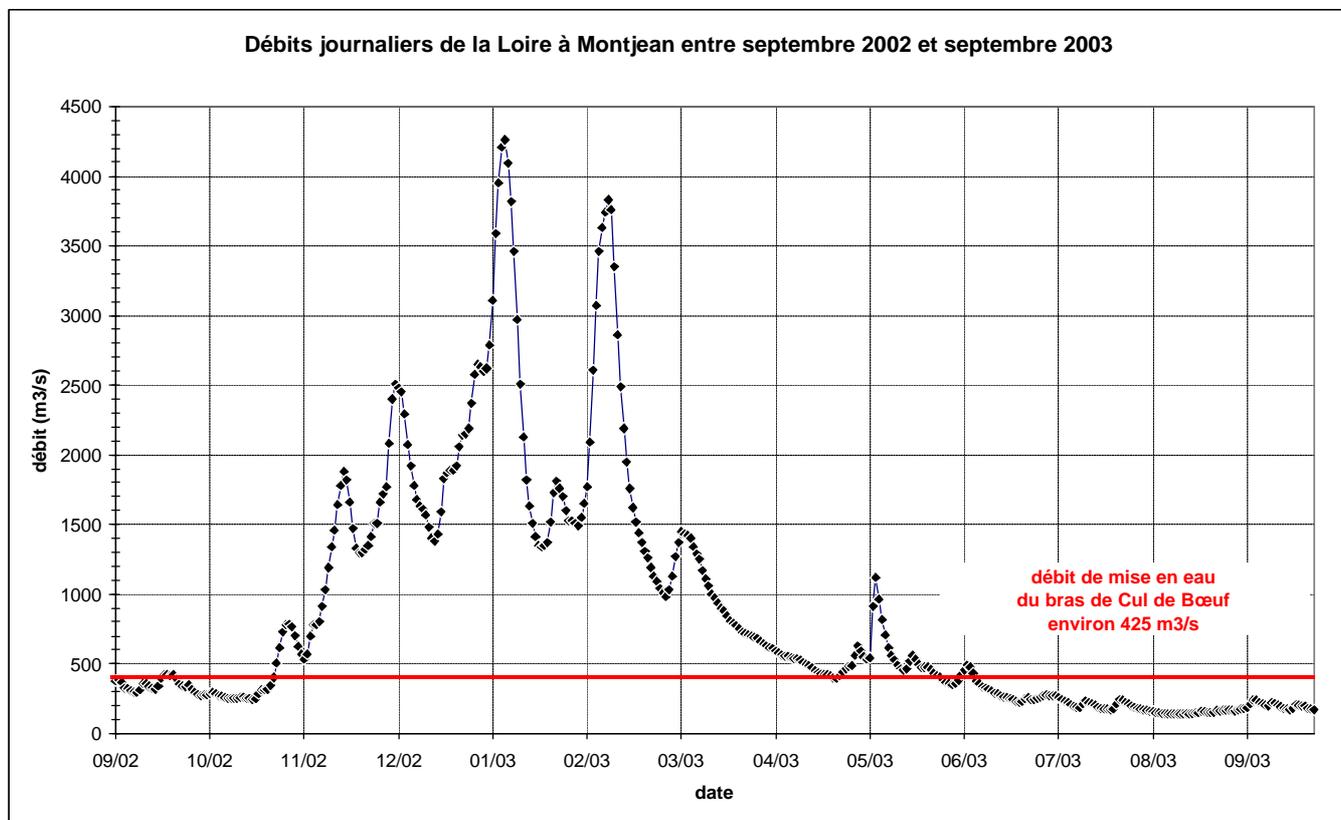


Figure 11 : hydrologie de la Loire à Montjean (source Diren de bassin Loire-Bretagne)

Les résultats de l'analyse des chaînes d'érosions, installées dans un premier temps à titre expérimental, permettent de mettre en évidence que la progression vers l'aval des macroformes sédimentaires (dunes) se fait par l'intermédiaire d'un processus d'érosion/dépôt sur le front de dune lui-même et non par une érosion/transport de particules provenant uniquement de la « queue de dune ».

Selon les sites, et probablement en fonction de la présence et de la densité de la végétation pionnière herbacée, les dunes progressent après érosion du fond sur les espaces qui les précèdent (site 1, non végétalisé) ou par simple « glissement » sur une surface non remaniée (site 3, très végétalisé).

Le bilan sédimentaire global du bras ne peut être réalisé avec les seules données recueillies à l'occasion de ce test. Cependant, à titre d'exemple, si l'on n'analyse que les résultats obtenus sur les corps de dunes (étant admis qu'en aval immédiat le bilan est généralement positif puisque la dune y progresse) on peut faire un commentaire simpliste du tableau 2.

On constate ainsi un bilan plutôt négatif sur le site 1 (plus d'érosion que de dépôt), positif sur le site 2, et plutôt positif aussi sur le site 3 (plus de dépôt que d'érosion).

Tableau 2

	épaisseur décapée (Z1-Z3)	épaisseur déposée (Z2-Z3)	bilan érosion/dépôt
1	0.87	0.27	-0.60
3	1.05	1.06	0.01
6	0.75	0.39	-0.36
7			
8			
9			
10			
11			
12	0.85	1.94	1.09
13	0.56	0.43	-0.13
14	0.46	0.33	-0.13
15	0.31	0.59	0.28
16	0.25	0.63	0.38
19	0.42	0.57	0.15
20	0.43	0.45	0.02

Compte tenu de ces premiers résultats, il nous semble intéressant de reconduire la méthode des « chaînes d'érosion » sur le site d'Ingrandes avec une plus grande densité de chaînes (40 à 50) afin de mieux cerner les processus hydrosédimentaires dans le bras de Cul de Bœuf.