Publié dans Eclogae Geologicae Helvetiae 2005,
qui doit être utilisée pour toute référence à ce travail

Nouvelles données pour l'histoire des fluctuations holocènes du niveau du lac de Neuchâtel (Suisse): la séquence sédimentaire de Marin-Les Piécettes

MICHEL MAGNY[1], MATTHIEU HONEGGER[2] & LAURENT CHALUMEAU[3]

Key words: Changes in lake-level, climatic variations, Holocene, Swiss Seeland, River Aar, prehistoric lake-dwellings
Mots clefs: Fluctuations du niveau d'eau, oscillations climatiques, Holocène, Région des Trois-Lacs, Aar, habitats lacustres préhistoriques

RESUME

Les fouilles archéologiques réalisées de 1998 à 2002 sur le site néolithique de Marin-Les Piécettes sur la rive nord-ouest du lac de Neuchâtel ont offert l'opportunité d'observer deux séquences sédimentaires intéressantes pour la reconstitution des variations holocènes du niveau du lac, en particulier au cours de la période correspondant au changement de cours de l'Aar en direction du nord-est, vers 5650–5500 cal BP. La géométrie des corps sédimentaires et les changements lithologiques permettent de reconnaître plusieurs phases majeures de bas niveaux relatifs du plan d'eau vers 6870, 5660, 5060–3990, 3580, 2280, 1640 et 1170 cal BP. Le site néolithique de Marin-Les Piécettes s'est développé vers 5454–5433 cal BP à la faveur d'un court épisode de bas niveau du lac qui a interrompu une importante phase de haut niveau au début du Subboréal. Les événements paléohydrologiques identifiés à Marin-Les Piécettes apparaissent cohérents avec ceux reconstitués sur le site de Montilier au bord du lac de Morat, ainsi qu'avec les variations paléohydrologiques reconstituées à partir des lacs du Jura, du Plateau suisse et des Préalpes du Nord françaises. Ceci suggère qu'ils témoignent d'un signal climatique. La séquence sédimentaire de Marin-Les Piécettes met enfin en évidence la formation d'un cordon littoral sur la rive nord-ouest du lac juste après 5660 cal BP.

ABSTRACT

Archaeological excavations of the Neolithic site Marin-Les Piécettes in 1998–2002 gave the opportunity to observe two sediment sequences of interest to reconstruct the Holocene fluctuations of the level of Lake Neuchâtel, particularly during the period of change in the course of river Aar to nord-east at around 5650–5500 cal BP. Geometry of sediment layers and changes in the lithology lead to recognise major phases of lake-level lowering at ca 6870, 5660, 5060–3990, 3580, 2280, 1640 et 1170 cal BP. The Neolithic settlement developed at ca 5454–5433 cal BP thanks to a short episode of low lake-level interrupting a major phase of high water table during the beginning of the Subboreal pollen zone. The palaeohydrological events recognised from the sequence of Marin-Les Piécettes appear to be in agreement with others defined from the sediment sequence of Montilier (lake Morat) and from lakes in west-central Europe. This suggests a common climatic origin of these lake-level changes. Finally, the sediment sequence of Marin-Les Piécettes gives evidence of a littoral sediment bar on the north-western shore of Lake Neuchâtel just after 5660 cal BP.

1. Introduction

Avec une surface de 215 km^2 et une profondeur maximale de 153 m, le lac de Neuchâtel, situé à 429 m d'altitude, est le plus grand plan d'eau de la région des Trois Lacs (Seeland) en Suisse occidentale (Fig. 1). Il reçoit les eaux d'un bassin versant de 2672 km^2 qui inclut une partie du Plateau suisse au sud et à l'est, et de la chaîne du Jura à l'ouest. Au cours de la seconde moitié du 19^e siècle, le lac a subi une modification et une régularisation artificielles de son niveau pour réduire les risques d'inondation dans la région du Seeland. La première Correction des Eaux du Jura (1^e CEJ) entre 1861 et 1891 a ainsi abaissé le niveau de 2,73 m. Avant cette correction, le niveau moyen du lac était de 432,07 m, les cotes maximale et minimale enregistrées entre 1817 et 1868 étant respectivement de 433,35 et 431,01m. Le régime naturel du lac avait alors une forte tonalité jurassienne avec de hautes eaux au printemps, lors de la fonte des neiges, et de basses eaux en automne, au moment de l'étiage des cours d'eau (Quartier 1948).

Les investigations menées par W. Lüdi (1935) dans la région du Grand Marais entre les trois lacs sub-jurassiens de Neuchâtel, Bienne et Morat (Fig. 1) ont mis en évidence le rôle clef joué dans l'histoire tardiglaciaire et holocène de ces trois plans d'eau par les changements de cours de l'Aar qui, depuis le cône d'Aarberg, s'écoulait tantôt vers le nord-est en évitant le système des trois lacs sub-jurassiens, tantôt vers l'ouest en rejoignant le lac de Neuchâtel après avoir traversé le Grand Marais. Dans ce dernier cas, l'étendue du bassin d'alimentation du lac de Neuchâtel passait de 2672 à près de 8000 km^2,

[1] Laboratoire de Chrono-Ecologie, Faculté des Sciences et Techniques, 16 route de Gray, 25 030 Besançon, France. E-mail: michel.magny@univ-fcomte.fr.
[2] Institut de Préhistoire, Université de Neuchâtel LATENIUM, Espace Paul Vouga, 2068 Hauterive, Suisse. E-mail: matthieu.honegger@ne.ch
[3] Institut de Géologie, Université de Neuchâtel, Rue Emile Argand 11, 2007 Neuchâtel, Suisse. E-mail: laurent.chalumeau@unine.ch

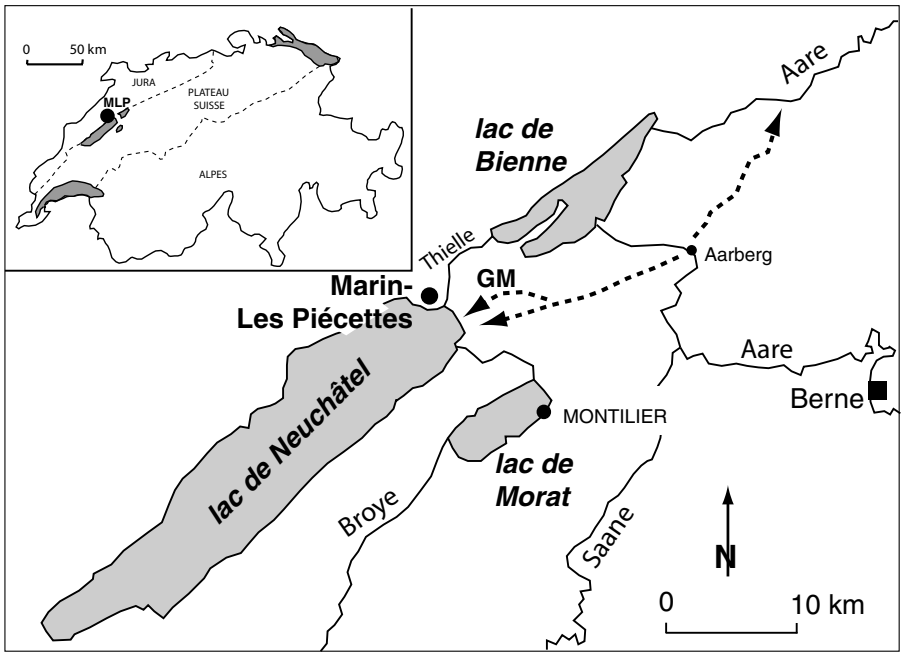

Fig. 1. Le site de Marin-Les Piécettes dans le contexte régional des lacs du Seeland et du Grand Marais. Les traits en tiretés indiquent les deux anciens cours de l'Aar à partir du cône d'Aarberg. GM: Grand Marais.

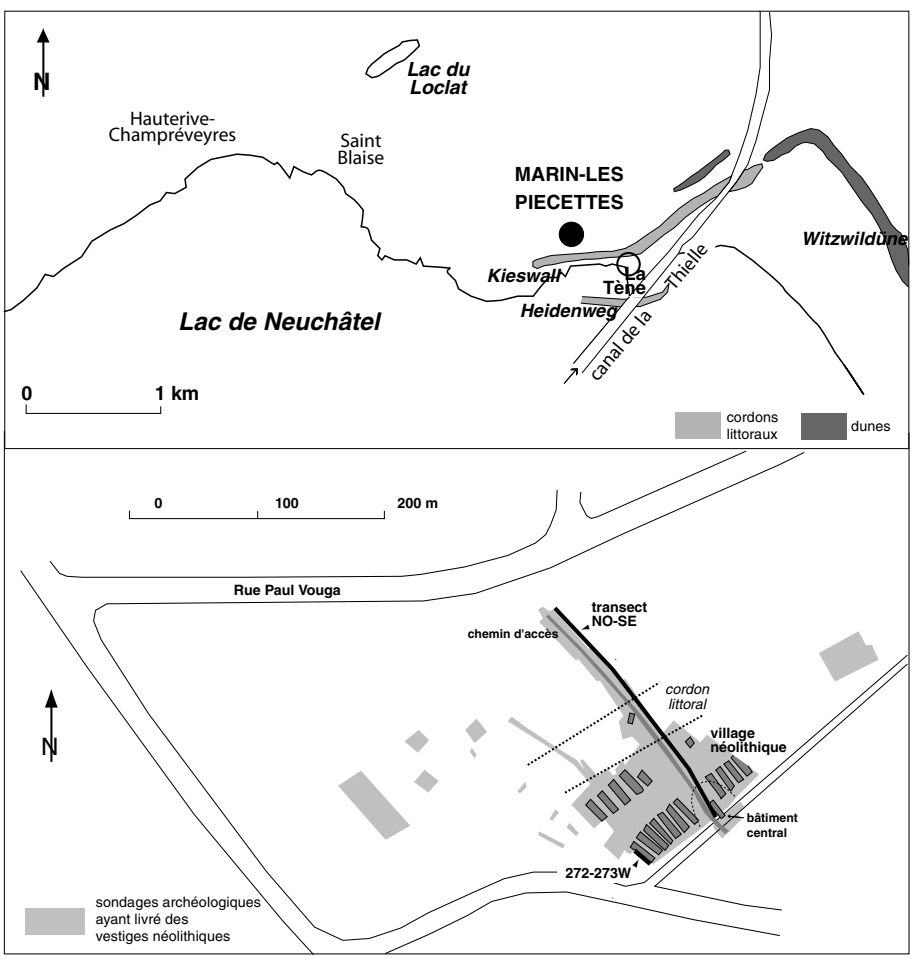

Fig. 2. Le site de Marin-Les Piécettes à l'extrémité nord-ouest du lac de Neuchâtel.
En haut: Contexte morphologique et archéologique. Le tracé des dunes a été indiqué d'après Schär et al. (1971), et celui des cordons littoraux d'après Lüdi (1935).
En bas: Position des coupes du transect NO-SE et 272–273W.

Tab. 1. Dates radiocarbone obtenues à partir des séquences de Marin-Les Piécettes. Les dates concernant la couche archéologique ont été livrées par des échantillons prélevés en différents points du site archéologique.

séquence sédimentaire	unité sédimentaire	âge radiocarbone	âge calibré (1 sigma)	âge calibré (2 sigmas)	N° de laboratoire (Zürich)	matériel
transect nord-sud	US 7	4930 ± 55 BP	5718-5601 cal BP	5855-5589 cal BP	ETH-27433	rameau de bois
transect nord-sud	US 8-2	5105 ± 50 BP	5915-5752 cal BP	5934-5731cal BP	ETH-25555	rameau de bois
transect nord-sud	US 9	6050 ± 50 BP	6968-6764 cal BP	7142-6745 cal BP	ETH-27432	rameau de bois
coupe 272-273W	US 3	1240 ± 50 BP	1260-1071 cal BP	1286-1012 cal BP	ETH-27394	tourbe
coupe 272-273W	US 4	1435 ± 50 BP	1352-1293 cal BP	1412-1274 cal BP	ETH-25554	rameau de bois
coupe 272-273W	US 5	1740 ± 60 BP	1712-1561 cal BP	1819-1524 cal BP	ETH-27393	tourbe
coupe 272-273W	US 7	2315 ± 50 BP	2352-2215 cal BP	2428-2160 cal BP	ETH-27392	tourbe
coupe 272-273W	US 9	3350 ± 75 BP	3688-3472 cal BP	3826-3399 cal BP	ETH-25553	rameau de bois
coupe 272-273W	US 13	3660 ± 60 BP	4087-3892 cal BP	4150-3782 cal BP	ETH-27391	tourbe
coupe 272-273W	US 13	4420 ± 65 BP	5258-4870 cal BP	5299-4847 cal BP	ETH-27390	tourbe
couche archéologique		4605 ± 65 BP	5449-5295 cal BP	5571-5050 cal BP	ETH-18704	rameau de bois
couche archéologique		4660 ± 50 BP	5467-5315 cal BP	5579-5301 cal BP	ETH-25957	rameau de bois
couche archéologique		4690 ± 60 BP	5576-5320 cal BP	5588-5304 cal BP	ETH-18706	rameau de bois
couche archéologique		4725 ± 65 BP	5584-5326 cal BP	5596-5311 cal BP	ETH-18705	rameau de bois
couche archéologique		4735 ± 60 BP	5586-5328 cal BP	5596-5316 cal BP	ETH-18703	rameau de bois

et son altitude moyenne de 780 à 1200 m, l'Aar apportant en outre une forte influence alpine au régime du lac. Les études hydrauliques réalisées par R. Müller (1973) ont montré que les afflux moyens passaient de 52 à 244 m^3/s (de 10 à 80 m^3/s en période d'étiage). De nouvelles investigations menées dans la région du Grand Marais (Meyer-Wohlfarth 1987), et dans les lacs de Bienne (Wohlfarth & Ammann 1991; Wohlfarth & Schneider 1991; Wohlfarth et al. 1993) et de Neuchâtel (Schwalb 1992; Schwalb et al. 1998) ont permis de préciser cette histoire. Les données acquises par l'étude d'une carotte profonde du lac de Neuchâtel suggèrent en particulier que durant l'Holocène, l'Aar a évité le lac entre 10000 et 8900 BP, au cours de deux courtes périodes vers 7200 et 6950 BP et enfin, de façon continue, depuis les environs de 4850 BP (Schwalb 1992). L'abandon définitif par l'Aar de la région du Seeland à partir du milieu de l'Holocène a été attribué par Schwalb et al. (1998) à la combinaison de facteurs naturels, notamment l'effet d'un rebond isostatique associé au retrait du glacier rhodanien, et de facteurs anthropiques, en particulier l'impact de forts alluvionnements qu'auraient provoqués les défrichements néolithiques dans le bassin de l'Aar.

De 1998 à 2002, des fouilles de sauvetage archéologiques ont été entreprises par le Service et Musée d'Archéologie de Neuchâtel sur la commune de Marin-Epagnier (Canton de Neuchâtel, Suisse) en raison de la menace de destruction d'un gisement néolithique par la construction d'un complexe de villas (Honegger 2001, 2002). Ces travaux ont offert l'opportunité d'observer des séquences sédimentaires qui documentent avec une bonne résolution temporelle et chronologique l'histoire du plan d'eau au cours de la transition du milieu de l'Holocène, et apportent de nouveaux éclairages sur la seconde moitié de notre interglaciaire.

2. Le site et les séquences sédimentaires

Le site de Marin-Les Piécettes se trouve au pied des premières pentes jurassiennes, à une altitude d'environ 431 m et à près de 300 m du rivage actuel au nord du lac de Neuchâtel (Fig. 2), à proximité de la station éponyme de la Tène (Vouga, 1923) et de l'embouchure de la Thielle qui constitue l'exutoire du lac. Une fouille extensive de quelque 3000 m^2 a permis de mettre au jour les restes d'un village néolithique attribué à la civilisation de Cortaillod (type Port-Conty). Encore approximative parce que s'appuyant sur un faible nombre de pieux, la datation dendrochronologique indique que certaines phases d'abattage s'inscrivent dans l'intervalle 3504–3483 BC (soit 5454–5433 cal BP). Ce résultat est en accord avec les datations radiocarbone AMS obtenues à partir de charbons de bois issus de la couche archéologique (Tableau 1) ainsi qu'avec la typologie du mobilier (Honegger 2001). Les contraintes budgétaires n'ont pas permis d'entreprendre une analyse sédimentologique systématique du site. Les données que nous présentons ici se limitent donc essentiellement à la géométrie des corps sédimentaires (Mitchum et al. 1977) et aux changements lithologiques (Digerfeldt 1986; Magny 1998) observés sur deux séquences sédimentaires qui offrent un intérêt particulier pour l'histoire des variations holocènes du niveau du lac de Neuchâtel:

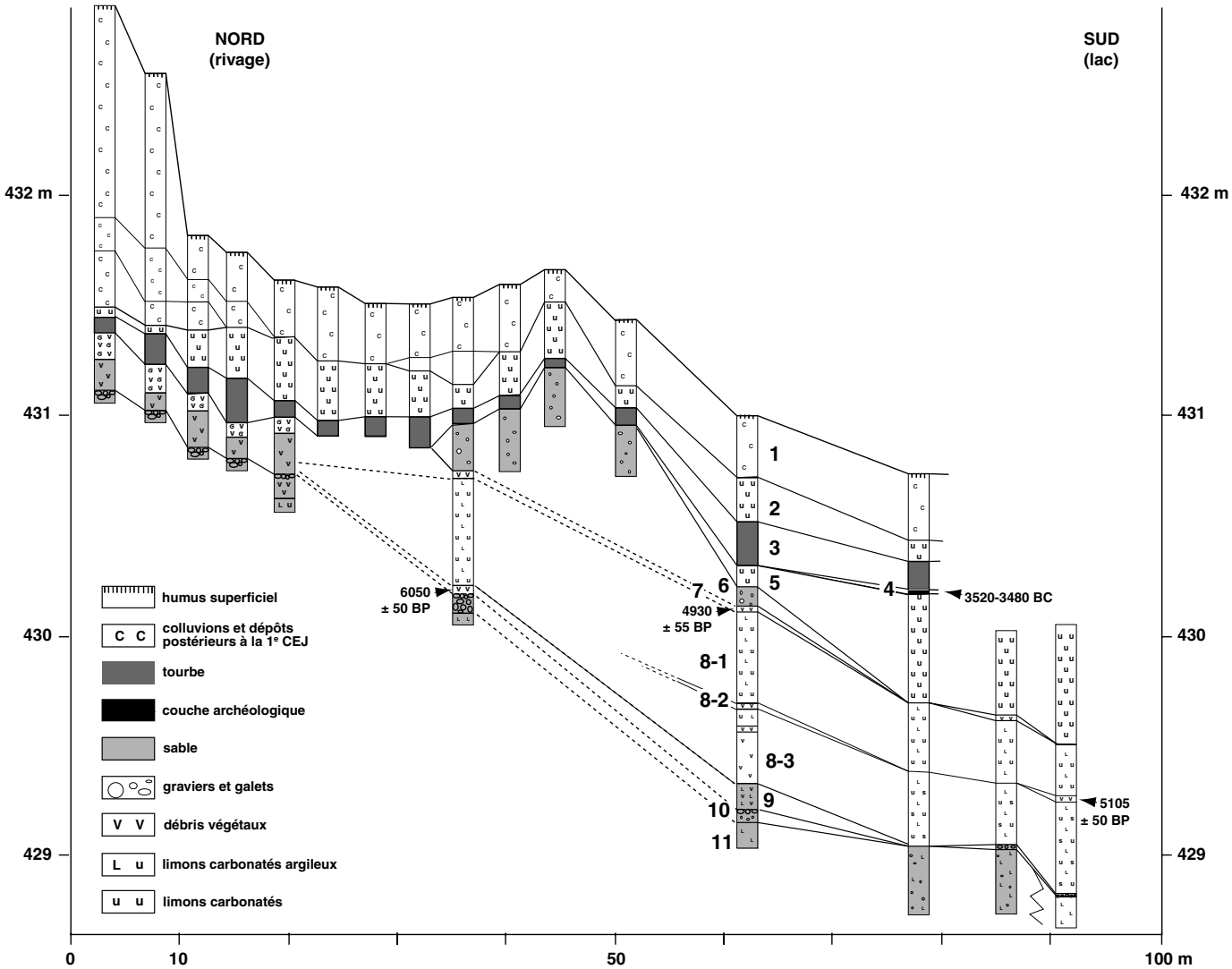

Fig. 3. La séquence sédimentaire du transect NO-SE. Les numéros indiquent les unités sédimentaires.

– une série de sondages à la pelle mécanique le long d'un transect Nord-Ouest/Sud-Est (NO-SE) a permis d'établir une coupe stratigraphique générale du site (Fig. 3). Elle intéresse plus précisément le milieu de l'Holocène;
– plus modeste, la coupe stratigraphique 272–273W a été relevée au Sud-Ouest des excavations archéologiques et offre un enregistrement relativement détaillé des variations du niveau du lac survenues dans la seconde moitié de l'Holocène (Fig. 4).

La coupe stratigraphique du transect NO-SE

La figure 3 présente la coupe stratigraphique du transect NO-SE où onze unités sédimentaires peuvent être distinguées du haut au bas de la séquence:

– l'unité sédimentaire 1 (US 1) est constituée par l'humus de surface qui, sur la partie haute du site, coiffe plusieurs couches de colluvions héritées des pentes au pied desquelles se trouve le gisement;
– l'US 2, reconnue sur l'ensemble du site, se compose de limons carbonatés de couleur beige;
– l'US 3 correspond à une couche de tourbe. Elle a été observée sur toute la longueur de la séquence stratigraphique. Elle a été stratigraphiquement corrélée à l'US 13 de la coupe 272–273W (cf. infra);
– la couche archéologique, constituée principalement d'éléments organiques résultant de l'occupation néolithique du site vers 3504–3483 BC, forme l'US 4. Elle est présente uniquement sur la partie basse du site;
– l'US 5 est constituée d'une couche de limons carbonatés de couleur beige dont l'épaisseur dépasse 50 cm au sud et qui

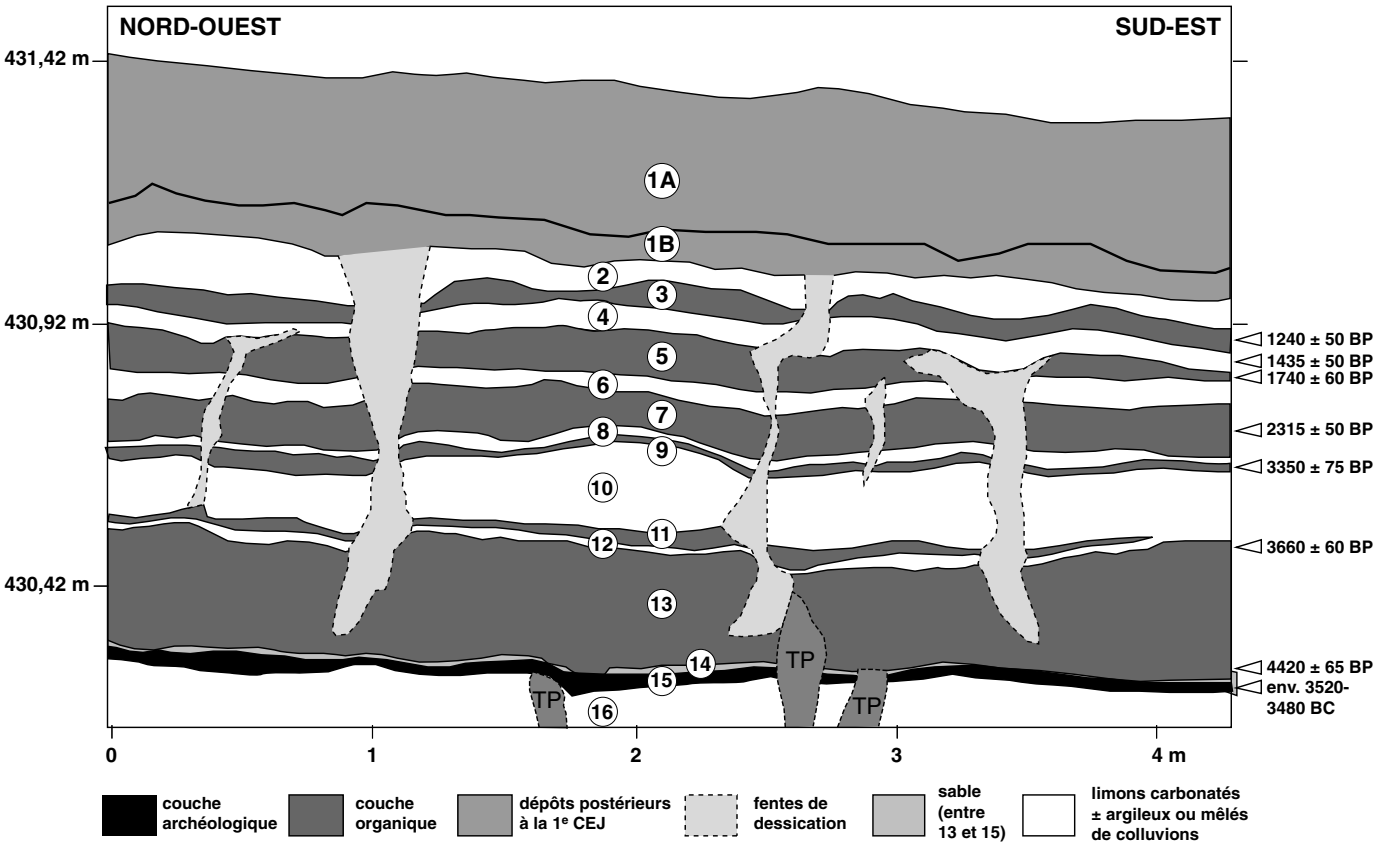

Fig. 4. La séquence sédimentaire de la coupe 272–273W. TP: trous de poteaux. Noter les fentes de dessiccation provoquées par la 1e CEJ. Les numéros marquent les unités sédimentaires (voir Fig. 3).

se biseaute et disparaît dans la partie médiane du site (discordance stratigraphique);
- l'US 6 forme une accumulation de sable, graviers et galets (cordon littoral) dont l'extension se limite à 30 m dans la zone médiane du site et qui atteint près de 0,5m d'épaisseur;
- l'US 7 se compose de limons carbonatés de couleur beige mêlés de débris végétaux et de nombreux tests de mollusques aquatiques. De faible épaisseur (quelques cm) et discontinue dans les zones basses, elle est mieux développée (10 à 20 cm) sur la zone haute du site. Elle a livré la date radiocarbone de 4930 ± 55 BP, soit 5718–5601 cal BP;
- l'US 8 correspond au dépôt d'une couche de limons carbonatés argileux et de couleur beige qui recouvre la quasi-intégralité du site. Elle atteint près de 80 cm d'épaisseur et se subdivise en deux ensembles (8–1 et 8–3) séparés par une couche mince (quelques cm) et discontinue de sable et de débris végétaux (US 8–2) datés de 5105 ± 50 BP, soit 5915–5752 cal BP. L'US 8–3 est plus sableuse que l'US 8–1;
- l'US 9 apparaît uniquement dans la partie médiane du site. Elle est formée de limons carbonatés de couleur beige et de nombreux végétaux qui ont livré la date de 6050 ± 50 BP (soit 6968–6764 cal BP);
- l'US 10 correspond à une plage de réduction (galets vermiculés) que l'on suit sur l'ensemble du site;
- enfin, l'US 11 est constituée de sables gris et de limons qui, dans la partie basse du site, passent à des limons argileux.

La coupe stratigraphique 272–273W

Seize unités sédimentaires ont été distinguées dans la coupe stratigraphique 272–273W (Fig. 4). L'US 1 représente les formations superficielles postérieures à la 1e CEJ; elle se divise en deux ensembles, l'US 1A, composée de sédiments grossiers (sables, graviers et galets), correspond à un cordon littoral, tandis que l'US 1B est formée, pour l'essentiel, de sédiments plus fins (limons et sables avec quelques rares graviers et galets). Sous l'US 1, la séquence sédimentaire montre une alternance de couches de limons carbonatés plus ou moins argileux de couleur claire, et de couches plus organiques soulignées par une couleur foncée et par un pic des valeurs de carbone organique total déterminées par pyrolyse Rock-Eval (Behar et al. 2001) (Fig. 5). L'US 13 qui marque la plus forte accumulation de tourbe est corrélée avec l'US 3 du transect NO-SE (cf. supra), tandis que les US 2 à 10 sont stratigraphiquement équivalentes à l'US 2 du transect NO-SE. La figure 4 et le tableau 1

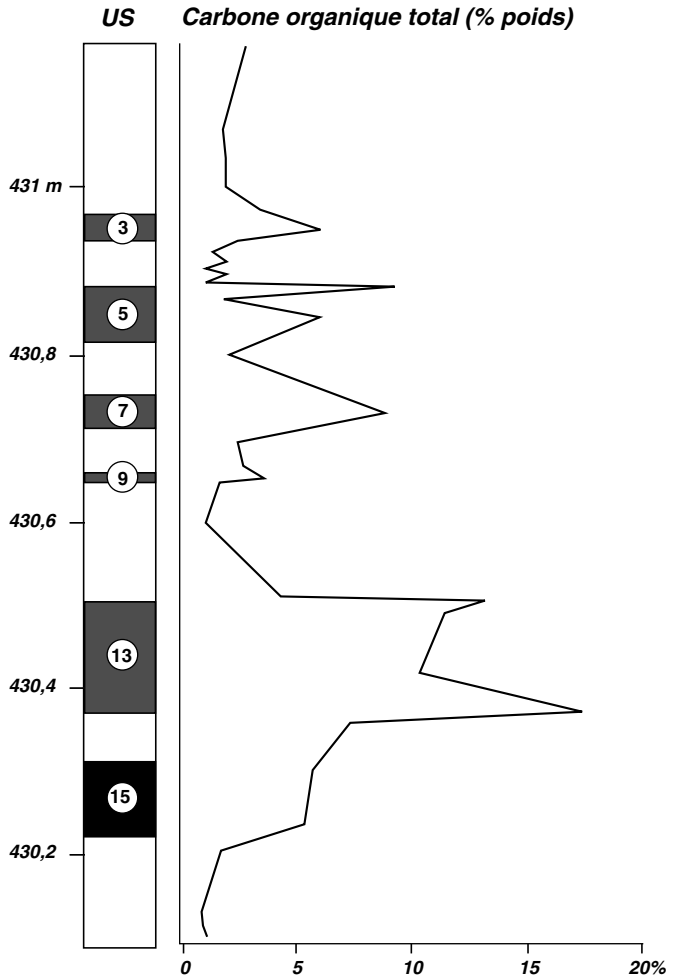

Fig. 5. Teneur en carbone organique total (analyses par pyrolyse Rock-Eval) mesurée sur la séquence sédimentaire de la coupe 272–273W (analyses L. Chalumeau, 2003).

présentent les âges radiocarbone obtenus pour les US 3 (1240 ± 50 BP, soit 1260–1071 cal BP), US 4 (1435 ± 50 BP, soit 1352–1293 cal BP), US 5 (1740 ± 60 BP, soit 1712–1561 cal BP), US 7 (2315 ± 50 BP, soit 2352–2215 cal BP), US 9 (3350 ± 75 BP, soit 3688–3472 cal BP) et US 13 dont la base est datée de 4420 ± 65 BP (soit 5258–4870 cal BP) et le sommet de 3660 ± 60 BP (soit 4087–3892 cal BP).

La coupe 272–273W livre donc un enregistrement beaucoup plus détaillé et contrasté pour la période postérieure au dépôt de l'épaisse couche de tourbe de l'US 3 du transect NO-SE. D'autre part, la coupe 272–273W montre qu'entre cette couche de tourbe et la couche archéologique (US 15), s'intercale une couche de sables renfermant de nombreux tests de mollusques aquatiques (US 14). La distinction des US 11 et 12 dans la coupe 272–273W au sommet de l'US 13 met enfin en évidence une image plus complexe que celle livrée par le transect NO-SE pour la même période.

Interprétation

Par la géométrie des corps sédimentaires et les changements lithologiques que l'on peut y reconnaître, les deux séquences stratigraphiques relevées sur le site de Marin-Les Piécettes apportent un éclairage précieux sur les variations du niveau du lac de Neuchâtel au cours de la seconde moitié de l'Holocène. Les reconstitutions présentées dans la Figure 6 ne sont que des approximations qui doivent tenir compte des incertitudes associées aux hiatus et surfaces d'érosion qui affectent la géométrie des corps sédimentaires. Les quinze dates radiocarbone et la date dendrochronologique obtenues sur le gisement permettent de les retracer comme suit (Figure 6).

- les US 10 et 9 du transect NO-SE indiquent une période de bas niveaux relatifs du lac vers 6050 ± 50 BP bien marqués par la formation d'une plage de réduction et l'accumulation de débris végétaux sans doute hérités du rivage. L'US 10 fait apparaître une déclivité plus prononcée entre 429,2 m et 430,7 m, cotes qui pourraient correspondre au niveau moyen du lac;
- l'US 8 (transect NO-SE) correspond à la reprise de la sédimentation crayeuse jusqu'à la cote 430,7 m. Il s'agit d'une période de haut niveau du plan d'eau qui peut atteindre alors une cote moyenne de 432 m si l'on se réfère aux variations naturelles du lac observées avant la 1e CEJ. Cette phase est interrompue par un bref épisode régressif vers 5105 ± 50 BP, souligné par l'US 8–2 constitué de sable et de débris végétaux.
- après la phase précédente, l'US 7 (transect NO-SE) vers 4930 ± 55 BP marque le retour à une période de bas niveau favorisant l'accumulation de dépôts caractéristiques d'eaux peu profondes où se mêlent débris végétaux et nombreux tests de mollusques. La coupe du transect NO-SE montre une déclivité légèrement plus marquée entre 429,7 et 430,8 m, cotes qui peuvent être équivalentes au niveau moyen du lac;
- la géométrie et la composition lithologique de l'US 6 du transect NO-SE caractérisent la formation d'un cordon littoral dont la cote maximale se situe vers 431,2 m. En se basant sur l'exemple offert par les processus sédimentaires qui ont suivi la 1e CEJ, Meia et al. (1971) ont associé la construction de ces cordons littoraux à l'action des hautes eaux saisonnières au cours de périodes séculaires à pluri-séculaires de baisse du plan d'eau. Selon ces observations, la cote moyenne du lac pouvait se trouver alors aux environs de 429,8 m, soit légèrement plus bas que pendant le dépôt de l'US 7, ce qui pourrait expliquer la faible épaisseur de l'US 8–1 dans la partie basse du site (reprise d'érosion);
- en discordance sur les ensembles précédents, l'US 5 du transect NO-SE indique une hausse du plan d'eau qui favorise la sédimentation de craie lacustre jusqu'à la cote 430,3 m, soit un niveau moyen du lac d'environ 431,7 m;
- les structures d'habitat observées lors des fouilles archéologiques (Honegger 2001) indiquent que vers 3504–3483 BC

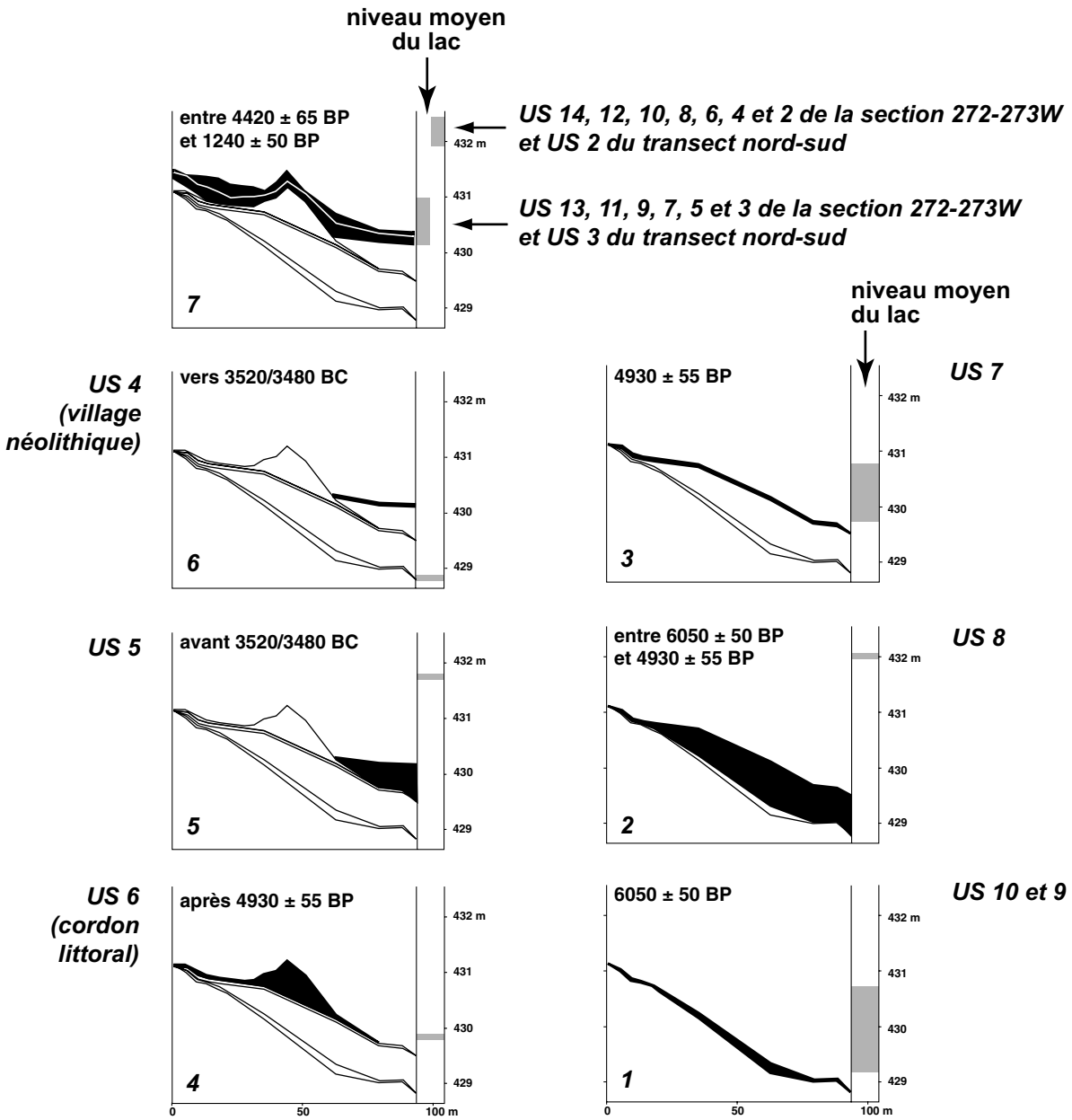

Fig. 6. Cotes du niveau moyen du lac de Neuchâtel (en gris dans les colonnes à droite des diagrammes) reconstituées pour chaque unité sédimentaire (en noir dans les diagrammes) des séquences stratigraphiques observées à Marin-Les Piécettes. Les diagrammes 1 à 6 se rapportent au transect nord-sud (voir Fig. 3).

le niveau moyen de l'eau s'est abaissé jusqu'aux environs de 428,8 m. Toutefois, le dépôt de plusieurs lits de limons carbonatés à l'intérieur de la couche archéologique ainsi que les rehaussements successifs du tertre, supportant le bâtiment central du village, suggèrent que l'habitat n'était pas toujours à l'abri des crues exceptionnelles.

A ce point de la reconstitution de l'histoire du plan d'eau, les données livrées par la coupe du transect NO-SE apparaissent relativement schématiques comme l'indique le dépôt des US 3 et 2: la formation de la tourbe de l'US 3 situe le niveau moyen du lac vers 430,2–431,4 m, tandis que la reprise de la sédimentation carbonatée marquée par l'US 2 jusqu'à la cote 431,5 m suggère un niveau moyen de l'eau aux alentours de 432,9 m. La coupe 272–273W offre une séquence sédimentaire tout à la fois plus complexe et plus contrastée qui, ajoutée aux 7 datations radiocarbone dont elle a fait l'objet, permet de documenter avec plus de précision la période postérieure à l'habitat néolithique de 3504–3483 BC.

D'une manière générale, l'alternance de dépôts organiques plus ou moins évolués et de sédiments carbonatés plus ou moins argileux ou mêlés de colluvions que l'on observe dans la coupe 272–273W est caractéristique d'une succession de hauts et de bas niveaux du plan d'eau dont la cote moyenne oscille entre 431,9–432,4 m et 430,3–431 m: les US 14 (entre 3480 BC et 4420 ± 65 BP), US 12 (juste après 3660 ± 60 BP), US 10 (juste avant 3350 ± 50 BP), US 8 (entre 3350 ± 75 BP et 2315 ± 50 BP), US 6 (entre 2315 ± 50 BP et 1740 ± 60 BP), US 4 (entre 1740 ± 60 BP et 1240 ± 50 BP) et US 2 (juste après 1240 ± 50 BP) documentent des hauts niveaux du lac tandis que les couches organiques intermédiaires reflètent des phases de bas niveaux. En l'absence de coupe extensive qui permette de suivre la géométrie de ces corps sédimentaires, les cotes indiquées ci-dessus ne peuvent être qu'indicatives. On notera également que la partie médiane de l'US 13 de la coupe 272–273W montre un affaiblissement des valeurs de carbone organique total (Fig. 5) qui pourrait être le reflet d'une hausse mineure du niveau du lac, insuffisante en amplitude ou en durée pour entraîner l'arrêt de la tourbification. Enfin, dans des sondages effectués récemment à proximité du site, le cordon littoral qui constitue l'US 1A a été repéré entre les cotes 430,7 et 431,4 m, c'est à dire à une cote moyenne de 431.05 m proche du niveau des hautes eaux du lac après la 1° CEJ (soit 429,94–431,18 m); cette observation corrobore les corrélations proposées par Meia et al. (1971) entre la formation d'un cordon littoral et le niveau atteint par les hautes eaux saisonnières lors de phases séculaires à pluriséculaires d'abaissement du niveau du lac.

3. Discussion et conclusions

Les variations paléohydrologiques que permettent de reconstituer les deux séquences sédimentaires observées à Marin-Les Piécettes trouvent des équivalents sur d'autres sites du lac de Neuchâtel ou du Seeland bien que, si l'on excepte la précision des âges dendrochronologiques livrés par les villages littoraux du Néolithique et de l'âge du Bronze, les corrélations soient parfois handicapées par le manque de datages radiocarbone systématiques. Les comparaisons qui suivent se limitent à la périodisation (chronologie) et à la nature des fluctuations lacustres (bas/hauts niveaux du plan d'eau), car si les auteurs proposent parfois des cotes pour les niveaux du lac qu'ils reconstituent, ils ne précisent que trop rarement s'il s'agit du niveau maximum, moyen ou minimum.

Les recherches sédimentologiques entreprises par Brochier (1986a) et Moulin (1991) à l'occasion de la fouille des sites archéologiques de la baie d'Auvernier et de Hauterive-Champréveyres offrent les meilleurs points de comparaison. Elles confirment notamment l'existence d'abaissements du niveau du lac (1) à la transition entre les zones polliniques de l'Atlantique ancien et récent, soit vers 6000 BP (ou 6850 cal BP) (Ammann 1989; Richoz 1998), (2) vers 3800–3700 BC (soit 5750–5650 cal BP) à la transition Atlantique- Subbooréal (développement des villages du Cortaillod classique), et (3) vers 3250–2400 BC (soit 5200–4350 cal BP) au cours du Néolithique final (développement des villages littoraux des cultures de Horgen, Lüscherz et Auvernier). L'abaissement du plan d'eau enregistré par l'US 9 de la coupe 272–273W peut être rapproché des habitats littoraux de l'âge du Bronze ancien datés de 1801–1645 BC par la dendrochronologie, soit 3751–3595 cal BP (Wolf et al. 1999) récemment fouillés à Concise sur la rive sud-est du lac. Par contre, dans la suite des nombreuses oscillations du plan d'eau enregistrées par la coupe 272–273W, aucune trace de l'abaissement du lac n'apparaît vers 1000–800 BC (soit vers 2950–2750 cal BP), c'est à dire au cours de l'âge du Bronze final, alors qu'il est bien reconnu ailleurs (Brochier, 1986 b; Moulin 1991). Il faut supposer l'existence d'un hiatus sédimentaire que ne permet pas de reconnaître la géométrie des remplissages. Enfin, l'US 7 de la coupe 272–273W indique clairement un abaissement du niveau du lac au cours du second Age du Fer, abaissement qui a pu favoriser le développement de la station de la Tène (Vouga, 1923).

La figure 7 illustre les corrélations qu'il est possible d'établir entre (1) les fluctuations paléohydrologiques reconstruites à partir des séquences de Marin-Les Piécettes, (2) celles enregistrées par les séquences sédimentaires de Montilier-Strandweg et Montilier-Dorfmatte au bord du lac de Morat (Magny & Richoz 2000; Magny et al. sous presse; Bugnon et al., sous presse), et (3) celles reconnues à l'échelle régionale sur la base de données issues de 29 lacs du Jura, du Plateau suisse et des Préalpes françaises du Nord (Magny 2004). En tenant compte des lacunes liées aux hiatus sédimentaires et des marges d'incertitude définies par la calibration des âges radiocarbone, on observe de fortes similitudes entre ces enregistrements paléohydrologiques. La similitude des événements enregistrés pour la période de l'Atlantique récent par les séquences de Marin-Les Piécettes et de Montilier-Strandweg est à souligner. Ces événements ont pu être identifiés également à partir de la séquence de Saint-Jorioz au bord du lac d'Annecy (Magny et al. 2003; Magny et al. sous presse).

Ces corrélations suggèrent non seulement que les lacs de Neuchâtel et de Morat ont connu des histoires similaires à l'intérieur d'un même ensemble hydrologique (les trois lacs subjurassiens du Seeland), mais aussi que les fluctuations de leur niveau ont répondu à des oscillations du climat de plus grande échelle, rythmées elles-mêmes par des variations de l'activité du soleil (Magny 1993, 2004; van Geel et al. 1998; Bond et al. 2001). Dans ce contexte d'ensemble, le village néolithique de Marin-Les Piécettes, comme celui de la couche V de la Motte aux Magnins au bord du Grand Lac de Clairvaux (Pétrequin 1989; Magny 1992, 1993), s'inscrit à l'intérieur d'une courte phase de renforcement de l'activité solaire entre 3550 et 3425 BC (soit 5470–5430 cal BP) enregistrée par un minimum de la teneur de l'atmosphère en ^{14}C résiduel (Stuiver et al. 1998).

Si l'on s'intéresse maintenant à la question des changements de l'Aar, de leurs causes et de leur impact possible sur les fluctuations du niveau des trois lacs du Seeland, il faut tout d'abord rappeler que les investigations les plus récentes réalisées dans la région du Grand Marais ont mis en évidence la fin

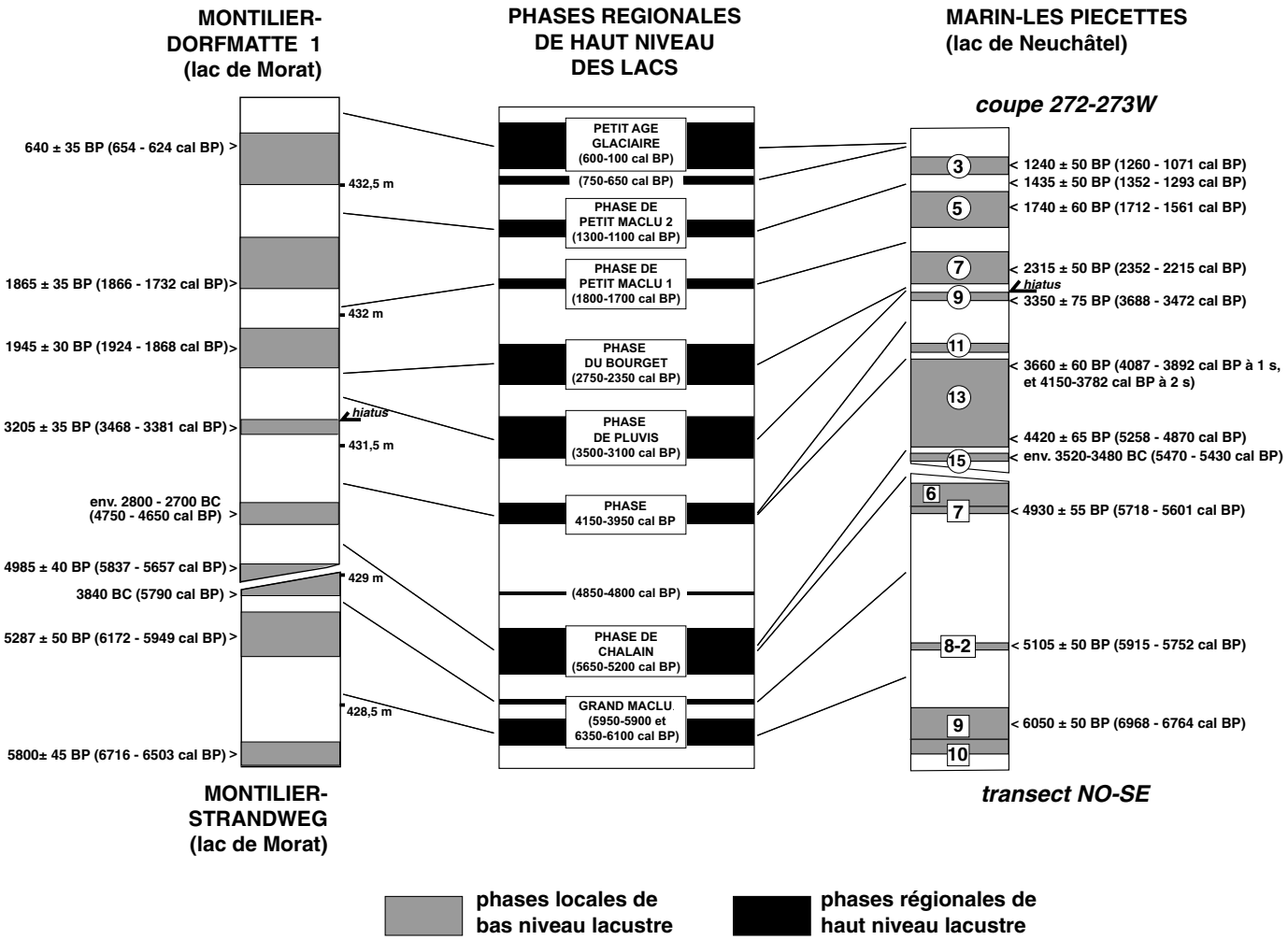

Fig. 7. Comparaison entre les séquences sédimentaires de Marin-Les Piécettes, de Montilier-Strandweg (Magny et al. sous presse) et de Montilier-Dorfmatte (Bugnon et al. sous presse) et les variations du niveau des lacs au centre-ouest de l'Europe (Magny 2004).

de l'écoulement de l'Aar dans le lac de Neuchâtel au cours de la transition Atlantique/Subboréal, soit vers 5000 BP, c'est à dire 5700 cal BP (Meyer-Wohlfarth 1987; Wohlfarth & Ammmann 1991). D'autre part, sur la base de marqueurs géochimiques, minéralogiques et biologiques observés à partir de sondages profonds dans le lac de Neuchâtel, la fin de l'écoulement de l'Aar vers le lac de Neuchâtel a été identifiée et datée par le radiocarbone comme survenant juste avant 4795 ±60 BP (soit 5595–5472 cal BP) et 4725 ± 60 BP (soit 5584–5326 cal BP) (Schwalb 1992; Schwalb et al. 1998). Ces auteurs ont également attribué cette modification de cours à des causes climatiques, isostatiques ou anthropiques. En accord avec Meyer-Wohlfarth (1987), ce changement survient bien au cours d'une phase de refroidissement majeure du climat marquant la transition entre *Hypsithermal* et *Neoglacial* et qui a été reconnue dans les deux hémisphères (Magny & Haas 2004). Elle coïncide avec une hausse du niveau du lac de Neuchâtel enregistrée par l'US 5 du transect NO-SE de Marin-Les Piécettes.

Deux dernières remarques s'imposent sur ce sujet:

– si le changement de cours de l'Aar en direction du nord-est est bien contemporain de l'US 5 du transect NO-SE de Marin-Les Piécettes comme le suggèrent les dates radiocarbone disponibles, les fluctuations du niveau du lac de Neuchâtel retracées à partir de ce site apparaissent en accord avec un signal climatique (tel qu'enregistré par le niveau des lacs régionaux; Magny 2004) aussi bien avant qu'après cet événement;
– en se référant aux cotes proposées ci-dessus, on ne note pas, après le changement de cours de l'Aar, de modifications majeures dans les niveaux moyens atteints par le lac au cours des différentes phases d'abaissement ou de hausse retracées à partir des séquences sédimentaires de Marin-Les Piécettes. Cette observation étonnante pourrait amener à s'interroger sur le bien-fondé de la méthode utilisée pour la restitution des cotes passées du niveau du lac. On

remarquera cependant qu'une autre approche indépendante, basée sur les séquences de la baie d'Auvernier (Brochier 1986a) ne met pas davantage en évidence de changement majeur dans les cotes du lac après 4800/4700 BP (soit 5600–5500 cal BP).

Il reste à s'interroger enfin sur la signification réelle de la formation du cordon littoral reconnu à Marin-Les Piécettes. Il s'agit d'un nouveau cordon qui s'ajoute aux deux autres (*Kieswall* et *Heidenweg,* Fig. 2), plus internes, repérés par les recherches antérieures (Lüdi 1935). Ces cordons, constitués de matériel hétérométrique (sable, graviers, galets) ont été observés en d'autres points sur les rives du lac de Neuchâtel. Les plus fameux sont ceux relevés dans la zone d'Yverdon au sud du lac où Kasser (1975) en recense 7; leur formation ponctuerait l'ensemble de l'Holocène mais leur chronologie reste mal établie, excepté celle des deux plus récents qui sont l'un contemporain du second Age du Fer, et l'autre antérieur au XIII^{e} siècle (Kasser 1975; Wohlfarth-Meyer 1987). Plus près de Marin-Les Piécettes, dans la baie d'Auvernier, Meia et al. (1971) en identifient quatre qui s'intercalent entre des dépôts de craie et de tourbe mais pour lesquels aucune chronologie n'a pu être proposée.

Ces cordons se différencient de la série des quatre dunes littorales observées sur la rive nord du lac et qui résulteraient de processus éoliens lors de phases de retrait du lac au cours du Dryas récent et de l'Atlantique (van der Meer 1976; Meyer-Wohlfarth 1987). Cependant, le manque de précision du calage chronologique de ces dunes et de ces cordons fait qu'il n'est pas encore possible de vérifier leurs relations chronologiques. La rive nord-ouest du lac apparaît être, sur ce plan, une zone d'investigation privilégiée en raison de la proximité des cordons littoraux avec la dune de Witzwil et une autre plus externe (Fig. 2; Lüdi 1935). Il faut reconnaître en outre que les processus sédimentaires à l'origine de la formation de ces cordons littoraux ne sont pas encore clairement identifiés. Certains auteurs ont proposé de les associer à des constructions des hautes eaux saisonnières (fréquence accrue des tempêtes), ou encore à des phases de retrait du plan d'eau par analogie aux processus observés après la 1^{e} CEJ. Les observations faites plus haut à propos de l'US 1A semblent conforter cette hypothèse. Mais il faut également se poser la question de la signification exacte de ces constructions de matériel hétérométrique qui constituent de réelles anomalies au sein des sédiments plus meubles (craie, tourbe, sable) où ils se trouvent interstratifiés. Après le travail pionnier réalisé par W. Lüdi en 1935, prolongés par les travaux de B. Meyer-Wohlfarth dans le Grand Marais (1987), on peut souhaiter que, dans un avenir proche, des recherches systématiques soient entreprises pour fixer, avec précision et sur des bases solides, la chronologie des cordons et des dunes littorales qui bordent les rives du lac de Neuchâtel et constituent des témoins privilégiés de son histoire.

Remerciements

La fouille du site de Marin-Les Piécettes a été réalisée sous les auspices du Service et Musée d'archéologie de Neuchâtel. Elle a bénéficié du soutien de B. Arnold, archéologue cantonal, et de M. Egloff, directeur de l'Institut de Préhistoire. Les datations dendrochronologiques du site nous ont aimablement été transmises par P. Gassmann du Laboratoire de dendrochronologie de Neuchâtel. Les analyses sédimentologiques ont été réalisées à l'Institut de géologie de Neuchâtel et ont profité de la disponibilité et des conseils du Prof. E. P. Verrecchia. L'étude de la séquence de Montilier-Dorfmatte a été financée par le Service Archéologique du Canton de Fribourg (M. Mauvilly et C. Wolf). Les recherches présentées ici ont également reçu le soutien du programme Environnements et Climats du Passé du CNRS (France) et de l'Union Européenne (programme ACCROTELM, managé par F. Chambers). Les auteurs remercient E. Chapron et M.L. Filippi pour leurs commentaires constructifs qui ont permis d'améliorer ce manuscrit.

REFERENCES

Ammann, B. 1989: Late-Quaternary palynology at Lobsigensee. Regional vegetation history and local lake development. Dissertationes Botanicae 137, 1–157.

Behar, F., Beaumont, V., & Penteado, H.L.D. 2001. Rock-Eval 6 technology: performances and developments. Oil and gas Sci. and Tech. 56, 111–134.

Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M.N., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond, R., Hajdas, I., & Bonani, G. 2001: Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. Science 294, 2130–2136.

Brochier, J.-L. 1986 a: La baie d'Auvernier, lac de Neuchâtel, Suisse: évolution paléolimnologique et habitats préhistoriques d'après l'étude des séquences sédimentaires. Manuscrit typewr. Musée Cantonal d'Archéologie de Neuchâtel, 83 p.

Brochier, J.-L. 1986 b: La séquence sédimentaire lacustre. In: Borrello, M., Brochier, J.L., Chaix, L. et Hadorn, P.: Un village du Bronze final, Cortaillod-Est. Nature et Environnement. Arch. Neuch. 4, 11–36.

Bugnon, D., Mauvilly, M., & Magny, M. sous presse: Redécouverte d'un tronçon de voie romaine sur la rive sud du lac de Morat. Cahiers d'Archéologie Fribourgeoise 6.

Chalumeau, L. 2003: Etude stratigraphique de la séquence sédimentaire du site archéologique de Marin-Les Piécettes. Travail de Diplôme, Institut de Géologie, Université de Neuchâtel, 94 p.

Digerfeldt, G. 1986: Studies on past lake-level fluctuations. In: Berglund, B.E. (ed.): Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology, Wiley, Chichester, 127–143.

Honegger, M. 2001: Marin NE-Les Piécettes au Néolithique: une station littorale d'exception. Ann. Soc. Suisse Préh. et Arch. 84, 29–42.

Honegger, M. 2002: La station littorale de Marin-Les Piécettes (Neuchâtel, Suisse): une place centrale au sein du monde lacustre. In: Billard, C. (ed.): Internéo 4 (Journée d'information du 16 novembre 2002, Paris). Soc. Préh. Franç., Paris, 51–57.

Kasser, R. 1975: Yverdon. Histoire d'un sol et d'un site avec la cité qu'ils ont fait naître. Eburodunom I, Yverdon, 230 p.

Lüdi, W. 1935: Das Grosse Moos im westschweizerischen Seelande und die Geschichte seiner Entstehung. Verlag Hans Huber, Bern, 344 p.

Magny, M. 1992: Holocene lake-level fluctuations in Jura and the northern subalpine ranges, France: regional pattern and climatic implications. Boreas 2, 319–334.

Magny, M. 1993: Solar influences on Holocene climatic changes illustrated by correlations between past lake-level fluctuations and the atmospheric ^{14}C record. Quat. Res. 40, 1–9.

Magny, M. 1998: Reconstruction of Holocene lake-level changes in the Jura (France): methods and results. Paläoklimaforschung 25, 67–85.

Magny, M. 2004: Holocene climatic variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations, and its probable impact on prehistoric human settlements. Quat. Intern. 113, 65–80.

MAGNY, M. & HAAS, J.N. 2004: A major widespread climatic change around 5300 cal. yr BP ago at the time of the Alpine Iceman. J. Quatern. Sci. 19, 1–8.

MAGNY, M. & RICHOZ, I. 2000: Late glacial lake-level changes at Montilier-Strandweg, Lake Morat, Switzerland, and their climatic significance. Quaternaire 11, 129–144.

MAGNY, M., BEGEOT, C., GUIOT J., MARGUET, A., & BILLAUD, Y. 2003: Reconstruction and palaeoclimatic interpretation of mid-Holocene vegetation and lake-level changes at Saint-Jorioz, lake Annecy, French Pre-Alps. The Holocene 13, 265–275.

MAGNY, M., BEGEOT, C., PEYRON, O., RICHOZ, I., MARGUET, A. & BILLAUD, Y. sous presse: Habitats littoraux et histoire des premières communautés agricoles au Néolithique et à l'âge du Bronze: une mise en perspective paléoclimatique. Proceedings of the Conference WES'04, Zürich.

MEIA, J., PERSOZ, F. & SCHAER, J.-P. 1971: Dépôts quaternaires et évolution récente de la région de Colombier (rive NW du lac de Neuchâtel). Bull. Soc. Neuch. Sci. Nat. 94, 78–82.

MEYER-WOHLFARTH, B. 1987: Das jüngere Quartär im Westschweizer Seeland. Rev. Paléobiol. 6, 55–80.

MITCHUM, R. M., VAIL, J. R. & THOMPSON, S. 1977: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. Am. Assoc. Geol. Bull., Mem. 26, 53–62.

MOULIN, B. 1991: Hauterive-Champréveyres. La dynamique sédimentaire et lacustre durant le Tardiglaciaire et le Postglaciaire. Arch. Neuch. 9, 142 p.

MÜLLER, R. 1973: Les niveaux des Lacs du Jura. Editions Universitaires, Fribourg, 153–179.

PETREQUIN, P. (ED.) 1989: Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura). Le Néolithique moyen. Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 508 p.

QUARTIER, A. 1948: Le lac de Neuchâtel. Mémoire de la Société Neuchâteloise de Géographie, 1.

RICHOZ, I. 1998: Etude paléoécologique du lac de Seedorf (Fribourg, Suisse). Histoire de la végétation et du milieu durant l'Holocène: le rôle de l'homme et du climat. Dissertationes Botanicae 293, 1–177.

SCHÄR, U., RYNIKER, K., SCHMID, K., HAEFELI, C. & RUTSCH, R.F. 1971: Notice explicative de la carte géologique 1145 Bielersee. Commission Géologique Suisse.

SCHWALB, A. 1992: Die Sedimente des Lac de Neuchâtel (Schweiz): Rekonstruktion spät- und postglazialer Klima- und Umweltveränderungen. Thèse, Université de Neuchâtel, 138p.

SCHWALB, A., HADORN, P., THEW, N. & STRAUB, F. 1998: Evidence for Late Glacial and Holocene environmental changes from subfossil assemblages in sediments of Lake Neuchâtel, Switzerland. Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol. 140, 307–323.

STUIVER, M., REIMER, P. J., BARD, E., BECK, J. W., BURR, G. S., HUGHEN, K. A., KROMER, B., MCCORMAC, G., VAN DER PLICHT, J. & SPURK, M. 1998: Intcal98 radiocarbon age calibration, 24 000–0 cal BP. Radiocarbon 40, 1041–1083.

VAN DER MEER, J. J. M. 1976. Cartographie des sols de la région de Morat (Moyen-Pays suisse). Bull. Soc. Neuch. Géogr. 21, 5–52.

VAN GEEL, B. & RENSSEN, H. 1998: Abrupt climate change around 2650 BP in North-West Europe: evidence for climatic teleconnections and a tentative explanation. In: ISAR, A., BROWN, N. (Eds.): Water, Environment and Society in times of climate change. Kluwer, Dordrecht, 21–41.

VOUGA, P. 1923: La Tène: monographie de la station. Hiersemann, Leipzig, 168 p.

WOHLFARHT, B. & AMMANN, B. 1991: The history of the Aar river and the Forealpine lakes in Western Switzerland. In: GREGORY, L.K., THORNES, J.B. & STARKEL, L. (Eds.): Fluvial processes in the temperate zone in the last 15 000 years, John Wiley and Sons, New York, 301–318.

WOHLFARHT, B. & SCHNEIDER, A.M. 1991: Late Glacial and Holocene lake level fluctuations in lake Biel, Western Switzerland. J. Quatern. Sci. 6, 4, 293–302.

WOHLFARHT, B., SCHWALB, A., & SCHNEIDER, A.M. 1993: Seen- und Flussgeschichte im westschweizerischer Seeland zwischen 5000 und 12 000 Jahre vor heute. Mitt. Natf. Ges. Bern, NF 50, 45–59.

WOLF, C., BURRI, E., HERING, P., KURZ, M., MAUTE-WOLF, M., QUINN, D.S. & WINIGER, A. 1999: Les sites lacustres néolithiques et bronze de Concise-sous-Colachoz, VD: premiers résultats et implications pour le Bronze Ancien régional. Ann. Soc. Suisse Préh. et Arch. 82, 7–38.

Manuscrit reçu le 22 septembre 2004
Révision acceptée le 11 mars 2005