



HAL
open science

Un événement hydrodynamique de haute énergie de type tsunami sur le lac de Neuchâtel pour expliquer le gisement du Pont de Cornaux (et celui de la Tène?).

Jean-Pierre Garcia, Christophe Petit

► To cite this version:

Jean-Pierre Garcia, Christophe Petit. Un événement hydrodynamique de haute énergie de type tsunami sur le lac de Neuchâtel pour expliquer le gisement du Pont de Cornaux (et celui de la Tène?).. Le site de La Tène, Bilan des connaissances –état de la question, Nov 2009, Neuchâtel, France. pp.113-123. hal-02865412

HAL Id: hal-02865412

<https://hal.science/hal-02865412v1>

Submitted on 11 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

(Rencontre Internationale de Neuchâtel, 1-3 novembre 2007)

un événement hydrodynamique de haute énergie de type tsunami sur le lac de Neuchâtel pour expliquer le gisement du pont de Cornaux (et celui de La Tène ?)

Jean-Pierre Garcia

Christophe Petit

Cet article propose, à partir des données d'H. Schwab (1989) complétées par les nouveaux éléments fournis de D. Ramseyer (ce volume), un éclairage sédimentologique et taphonomique du gisement du pont de Cornaux. Il s'agit de l'interprétation des caractères stratigraphiques et hydrodynamiques des sédiments et de l'enfouissement des restes humains et des artefacts, à la lumière des avancées récentes des connaissances et de la compréhension des dépôts événementiels de haute énergie. On verra que certaines analogies existent entre le gisement de Cornaux et celui de la Tène qui amèneront dans le futur, si ce n'est une interprétation définitive, au moins la nécessité d'un regard nouveau pour donner au site éponyme toute sa signification, si controversée, dont l'enjeu est rien moins que la signification temporelle du mobilier et de la culture matérielle laténienne à la Tène (cf. Reginelli, 2006, 2007). Pour éviter le débat sur la signification des *sites* de la Tène et de Cornaux (Ramseyer, ce volume) qui n'est pas la finalité directe de cette contribution, celle-ci aura trait uniquement aux caractères des *gisements* de Cornaux et de la Tène, à savoir l'interprétation des couches de sédiments et des restes anthropiques (qu'ils aient été déposés, transportés, mélangés ou enfouis sur place) tels qu'ils ont été retrouvés en stratigraphie.

1. Le gisement du pont de Cornaux

On se reportera à l'article de D. Ramseyer dans ce volume pour le rappel des faits et de la découverte du gisement qui a d'emblée et avec persévérance été interprété par H. Schwab, comme résultant d'un accident. On est d'ailleurs frappé par la pertinence de ses observations d'évidence qui l'ont amenée à cette interprétation.

1.1 Un pont « effondré »

Le gisement montre les débris d'un pont en bois et de squelettes humains enchevêtrés (**fig.1**), certains squelettes étant visiblement enfouis directement

sous les éléments de bois du pont, saisis dans la position de leur mort. Beaucoup portent les stigmates de lésions osseuses: fractures du crâne, membres brisés, retournés, en position « atypique ». Des restes animaux attestent de même de chocs d'une extrême violence. Les pieux du pont ou de ses contre-fiches sont certes brisés, mais sont retrouvés à leur emplacement initial; certains, tels qu'ils apparaissent sur les photographies, sont couchés, brisés et enfouis sur place (**fig. 1 et 2**). Tous ces caractères sont ceux d'une catastrophe dont le gisement laisse entrevoir le caractère dramatique pour ses victimes.

1.2 Soudaineté de l'évènement et enfouissement rapide

Les restes humains et animaux témoignent de la soudaineté d'une catastrophe pour les victimes qui se trouvaient sur le pont ou à proximité immédiate: chute des hommes en armes, d'un chariot avec son attelage dans le lit de la Thielle, transport d'objets de la vie quotidienne dans la rivière. L'enfouissement a été rapide comme le montre la conservation des cerveaux dans leur boîte crânienne pour cinq des squelettes fouillés, un caractère qui rajoute à l'exceptionnel du gisement de Cornaux, et qui oblige à voir une mise à l'abri de l'oxygène dès le décès des hommes lors de la catastrophe. L'enfouissement très rapide est encore plus évident si l'on examine de près le squelette n°16 (**fig. 2**) Celui-ci apparaît en effet dans une position très particulière: tête dirigée vers le bas, cou plié, colonne vertébrale et bassin orienté suivant un axe sub-vertical, secondairement écrasés par la compaction du sédiment. Toutes ces observations et le fait que ce squelette n'ait pas été ensuite, ni déplacé, ni charogné, ni démantelé par l'érosion des courants dénotent un enfouissement rapide voire immédiat lors de la mort. L'épaisseur de sédiment (plusieurs décimètres) qui l'entoure et qui l'a maintenu dans cette position s'est donc déposée extrêmement rapidement ce qui implique une forte charge sédimentaire transportée par le courant. De plus, la position de ce squelette, plaqué sur le bord du chenal de la Thielle, un mètre au-dessus du fond du lit de la rivière (**fig. 3**), oblige à considérer la couche de sédiments, qui nappe les bords du chenal et englué les squelettes et les éléments retrouvés, comme déposée en une seule fois. Les courants de la rivière impliqués étaient donc extrêmement chargés avec une vitesse de sédimentation très élevée.

1.3 Enregistrement sédimentaire du phénomène

La coupe verticale publiée (Schwab, 1989, p. 21), complétée par les photographies de détail inédites (**fig. 4, 5, 6**) autorisent une description de la succession des dépôts sédimentaires de la Thielle à Cornaux. On distingue en

effet deux ensembles séparés par un liseré noir (« tourbe » selon H. Schwab, 1989, p. 31).

L'ensemble supérieur est constitué de sédiments lités, alternativement clairs (silts, sables, craie lacustre ?), et plus sombres, vraisemblablement plus argileux. Il est affecté par des déformations sédimentaires (convolutes) tardives qui traduisent un ébranlement du sédiment et des échappements d'eau. Des figures de bioturbation (terriers et racines verticaux) marquent l'ensemble sédimentaire postérieurement au dépôt (**fig. 5**).

L'ensemble inférieur de 30 à 40 cm d'épaisseur environ, qui est la « couche archéologique », est fait de sédiments gris-bleu englobant les restes décrits plus haut. A la base, on y trouve des sédiments grossiers de graviers et sables, ainsi que des galets et des blocs transportés depuis les berges (aménagements, voie, Schwab, 1989) entremêlés avec les squelettes. Plusieurs lits de bois décimétriques et quelques coquilles blanches de bivalves ponctuent les lits dans la partie moyenne du sédiment (**fig. 6**). Au-dessus, des lits alternants gris-bleu/gris-violet dénotent une nature et ou une granulométrie différente (sables/silts ou silts/argile ?). On peut compter environ 11 rythmes de ce type. L'ensemble est coiffé par un mince lit noir riche en matière organique, discontinu et affecté par des terriers verticaux et obliques de type *Scoyenia* (**fig.5**) tandis qu'aucune bioturbation n'est visible dans l'ensemble inférieur.

1.4 Bilan et interprétation du phénomène

Le phénomène invoqué pour expliquer les aspects sédimentologiques, et taphonomiques est accidentel. Pour l'interpréter, il est nécessaire de faire référence aux courants de très haute énergie hydrodynamique déduits des structures sédimentaires, de la forte charge sédimentaire en traction et suspension et d'une vitesse de sédimentation extrêmement élevée associés à une forte composante d'écrasement vertical (poteaux cassés et couchés). Certains de ces critères peuvent être ceux d'un événement de crue et c'est par là qu'Hanni Schwab a interprété le gisement de Cornaux. Cependant, outre la difficulté d'envisager une crue-éclair de la Thielle, rivière peu encaissée et à faible pente qui relie le lac de Neuchâtel et le lac de Biemme, ou une crue de l'Aar, rivière pourtant torrentielle mais qui ne se déverse plus dans le lac de Neuchâtel depuis le Néolithique (4850 BP, Schwab *et al.*, 1998), ce sont les caractères sédimentologiques et taphonomiques mêmes qui obligent à envisager une autre interprétation : absence de critères d'affouillement au pied des poteaux de soutènement du pont, cadavres et éléments de pont non emportés, et surtout le caractère alternant de l'énergie hydrodynamique.

2. « Vagues » de tsunami

2.1 une succession sédimentaire typique

En fait, la succession des dépôts dans la partie inférieure (**fig. 6**) constitue une séquence typique de dépôts de tsunami telle qu'elle est définie suite aux études des dépôts laissés par les tsunamis (**fig. 7**) et surtout depuis le tsunami dramatique du 26 décembre 2004 qui a frappé notamment les côtes indonésienne, thaïlandaise et indienne (e.g. Goff *et al.*, 2001, Dominey-Howes, 2007 ; Bondevik *et al.*, 2005; Fujino *et al.*, 2006 ; Nanayama et Shigeno, 2006; Nott, 2006; Schnyder *et al.*, 2005; Fujiwara et Kamataki, 2007; Kench *et al.*, 2007; Dawson et Stewart, 2007 ; Morton *et al.*, 2007 ; McFadgen et Goff, 2007, Paris *et al.*, 2007).

Rappelons qu'un tsunami est constitué par une succession de vagues à longue période (plusieurs minutes) qui déferlent et inondent les côtes par des courants à forte vitesse et forte charge sédimentaire, remontant parfois les rivières sur plusieurs kilomètres, comme à Lisbonne en 1755, en Angleterre en 1607 (Bryant et Haslett, 2007), sur plus de 2 km en Inde en 2004 (Narayan *et al.*, 2005), avant de se retirer en sens inverse. Ces vagues sont enregistrées en général par une séquence sédimentaire événementielle, granodécroissante de plusieurs décimètres d'épaisseur, composée par: 1) une couche inférieure d'éléments grossiers ou érodés du substratum (galets, débris divers) ; 2) des lits sableux et silto-argileux alternants correspondant au transport sous forte énergie de sédiments par les vagues successives, à la fois en traction et en suspension, avec des phases de décantation entre les vagues de montée et les vagues de retrait. Ce caractère est d'ailleurs le principal critère permettant d'identifier des dépôts de tsunamis. Des éléments de grande taille (blocs) peuvent se trouver emballés dans ces dépôts lités. Enfin, les éléments flottants les moins denses comme la matière organique mise en suspension (feuilles, plantes, tourbe érodée), se déposent par décantation en eau calme à la fin du phénomène.

Avec l'absence de bioturbation interne dénotant la sédimentation rapide et mono-événementielle, la plupart de ces critères sont retrouvés dans la succession sédimentaire du pont de Cornaux qui ajoutent à cette séquence sédimentaire-type, les restes de structures anthropiques et même de victimes humaines et animales. Le caractère soudain et destructeur de l'inondation qui a surpris les victimes, la composante d'écrasement, l'enfouissement rapide et sur place, s'expliquent plus par des vagues de tsunami que par un courant de crue. La présence de restes sur la berge de la Thielle (Schwab, 1989, fig. 32) implique une première inondation par une vague d'au moins 4 mètres de hauteur, qui s'est répétée au moins onze fois en s'atténuant, jusqu'au retour au calme complet.

2.2 Des tsunamis sur les lacs

Même si la plupart des témoignages proviennent de régions marines côtières après le tsunami majeur de 2004, des tsunamis surviennent sur les lacs (« raz-de-lac », Touchart, 2002, p. 183) et sont même étudiés dans le cadre de la

prévention des risques naturels en Suisse (Siegenthaler *et al.*, 1987 ; Schnellman *et al.*, 2002 ; Strasser *et al.*, 2006).

Sur le lac de Lucerne, l'étude des effets du séisme du 18 septembre 1601 a remis en lumière le témoignage de Cysat (*in* Schnellman *et al.*, 2002), chroniqueur de Lucerne qui décrit l'assèchement soudain de la rivière dans la ville, puis des oscillations périodiques de 10 mn avec des vagues de 5 m de hauteur, des bateaux projetés sur la rive, la disparition de maisons emportées par l'eau, l'apparition d'îles et de hauts-fonds sédimentaires. Ce phénomène de tsunami a été mis en relation avec les effondrements sous-aquatiques visualisés et cartographiés, déclenchés par le séisme qui a ébranlé une grande partie de la Suisse centrale.

Grégoire de Tours et Marius d'Avenches (AD 563) mentionnent une inondation qui ravagea les rives du lac Léman, plus haute que les murailles de Genève et qui détruisit la ville tuant beaucoup d'hommes, suite à l'écroulement rocheux de Tauredunum, montagne du Chablais valaisan situé près du delta du Rhône (*in* Baatard *et al.*, 2007). D'une moindre ampleur, mais de manière analogue, le séisme de 1822 près du lac du Bourget en France provoqua un effondrement sous-aquatique et en retour le « bouillonnement et les eaux troublées » du lac (Lambert, 1997). Sur le lac de Brienz en 1996, un courant de turbidité, conséquence de l'effondrement du delta, occasionna un tsunami de 50 cm d'amplitude (Girardclos *et al.*, 2007). En Californie, le séisme du 26 mars 1872 (M=7,5-7,7) provoqua sur le lac Owens (Smoot *et al.*, 2000), une vague de 5 m qui a bénéficié d'un témoignage visuel décrivant le recul de la rive du lac et un mur d'eau se dressant le long du bord. De même, le lac Patzcuaro au Mexique a vu un tsunami de 5 m à la suite d'un séisme (M = 6), peut-être induit par un glissement de terrain massif ou la liquéfaction des sédiments (Israde-Alcantara *et al.*, 2005). Des tsunamis sont donc possibles sur les lacs, particulièrement sur ceux qui présentent des pentes fortes, propices au déclenchement d'effondrements sous-aquatiques et encore plus extrêmes en cas d'effondrements aériens directement dans l'eau. Ce fut le cas lors de l'écroulement de Tauredunum, ou sur le lac de Lauerz (Fässler, 2002) lors de l'éboulement de Goldau (Schwytz) en 1806 (**fig. 8**), ou encore lors de l'écroulement rocheux de Loen en Norvège dont le tsunami a atteint 74 m d'amplitude en 1936 (Hermanns *et al.*, 2006). Les rares données sismiques consultées du lac de Neuchâtel montrent surtout des dépôts de turbidites résultant d'effondrements sous-aquatiques datant du Boréal, qui auraient occasionné un raz-de-marée (« flutwelle », Schwalb, 1992, p. 35). Ces effondrements sont mis en relation avec des secousses sismiques comme celles qui sont enregistrées sur les bords du lac au tardiglaciaire par des déformations sédimentaires décrites à Hauterive-Champvevres (Schwalb, 1992 reprenant Moulin, 1991).

Enfin, pour ajouter à la présente contribution, des dépôts de tsunamis ont été décrits en contexte archéologique maritime: dépôts sur les côtes de Crète du tsunami de l'éruption de Santorin (ca.1640 BC; Bruins *et al.*, 2008),

destruction du port de Caesarea Maritima en Israël (115 AD, Reinhardt *et al.*, 2006), sites maoris de Nouvelle-Zélande (McFadgen et Goff, 2007). Nous aurions ainsi à Cornaux la première description de dépôts de tsunamis lacustres à terre, incorporant des restes archéologiques et en particulier les restes de victimes. L'origine du tsunami reste encore à trouver (séisme accompagné d'un écroulement sous-aquatique ou aérien ?)¹ et demandera de nouvelles investigations et datations.

3. Quelle signification pour la Tène?

Quelle que soit son origine, il est évident qu'un tsunami qui atteindrait le pont de Cornaux en remontant le lit de la Thielle aurait des conséquences pour le site de la Tène situé à l'extrémité du lac, en amont (**fig. 9**). Un certain nombre d'analogies sédimentaires et taphonomiques, - qu'Hanni Schwab (1989 et 1992) avait déjà pour partie notées- peuvent être relevées entre les deux sites en se référant aux publications et carnets de P. Vouga (1923 et *in* Kaenel, 2006 b, Reginelli Servais, 2007) mais en l'absence de fouilles dans le paléo-lit de la Thielle, elles restent indicatives. On ne fera référence qu'à la couche supérieure épaisse litée (« dune » de P. Vouga, 1923, fig. 4, p. 20). En l'absence de vérification directe sur des coupes sédimentaires, on ne peut distinguer véritablement des lits résultant d'un possible tsunami de ceux déposés par la Thielle en conditions normales. Tout au plus peut-on postuler, si l'hypothèse d'un dépôt par des vagues de tsunami est retenue pour certains de ces lits inférieurs, que ces couches devraient s'organiser en alternances de lits sableux à granodécroissance verticale et de lits silteux et argileux, si caractéristiques des dépôts de tsunamis (e.g. Dawson et Stewart, 2007 ; Morton *et al.*, 2007 ; Paris *et al.*, 2007). On mentionnera également la présence de galets hors du lit de la rivière, sur la berge de la Thielle (couche 9 de la fouille de Reginelli, 2006) accompagnant le mobilier archéologique et des restes osseux animaux, fracturés et orientés (P. Méniel, ce volume).

Ainsi en dépit de différences certaines de contenu en mobilier et en restes ostéologiques, il apparaît certaines analogies sédimentaires, taphonomiques et de *dynamique de dépôt* entre La Tène et Cornaux. À partir de ces éléments, peut-on envisager à la Tène un phénomène de tsunami semblable à celui de Cornaux, voire le même événement qui détruirait de façon synchrone les deux sites?

4. Age de la destruction des ponts de La Tène et de Cornaux

¹ : . Le relief escarpé subaquatique dans la région de Bevaix et Vaumarcus par exemple, sur la rive nord du lac de Neuchâtel, aurait pu provoquer un tel phénomène (comm. D. Ramseyer).

Les ponts sont d'âge différent pour ce qui est de leur construction (Jud, 2007). Le pont de Cornaux serait construit vers 135 BC (Gassman, 2007 ; même si quelques éléments plus anciens autour de 300 BC sont mentionnés par Schwab, 1989). La destruction du pont de Cornaux se situe vers le début du 1^{er} siècle av. JC, d'après l'âge donné par les éléments enfouis les plus récents. On peut donc définir pour l'événement de tsunami une date postérieure à 105 BC et peut-être dans le début de la Tène D2, vers 80 BC (Transition LT D1-D2 vers 85 BC, in Kaenel, 2006 a).

À la Tène, les éléments enfouis datés offrent une image composite et couvrent une large fourchette chronologique, objets que P. Vouga considérait « charriés par les flots », « contemporains » les uns des autres et « rencontrés à tous les niveaux » : par ex. fibule Hallstatt dans la couche archéologique (Reginelli-Servais, 2007, p. 128-129), bouclier de 229 BC (Schwab, 1989), ossements humains entre 250 et 150 BC (Alt et Jud, 2007), séries métalliques (Lejars, 2007) de LT C2 essentiellement (soit après 190 BC) avec quelques spécimens de LT C1 et LT D1, soit après 150 BC. Les fouilles récentes en stratigraphie de Reginelli (2006) indiquent de même des éléments céramiques de LT C2 (et LT D ?) dans des couches latérales au chenal principal (couches 9 et 10, p. 362). Ainsi, le gisement de la Tène contient un mobilier ancien et s'y ajoutent quelques objets de LT C allant jusqu'à LT D1 avec une grande dispersion de datation que l'on pourrait attribuer à des structures différentes et au remaniement de restes antérieurement déposés. La synchronie de la destruction des gisements de la Tène et de Cornaux n'est pas établie strictement mais n'est pas infirmée non plus, et la destruction synchrone des deux sites à la fin de LT D1, comme l'affirmait H. Schwab (1992, p. 321) reste compatible en l'état actuel des données. Nul doute que les travaux topographique et stratigraphique en cours de G. Reginelli-Servais apporteront des réponses nouvelles à ces questions.

5. Conclusion

Le gisement du pont de Cornaux constitue le premier exemple de dépôts sédimentaires engendrés par un tsunami lacustre, enregistré à terre et comportant les restes des victimes. Cet événement situé au début du 1^{er} siècle av. JC [105 à 80 BC] pourrait être mis en relation avec un effondrement sous-aquatique ou aérien déclenché ou non par un séisme.

Cette interprétation doit être confortée par la recherche d'autres traductions d'un éventuel séisme et en tout cas la recherche d'effondrements datés, dans et autour des lacs de Neuchâtel et de Biemme. Le caractère étendu d'un tel phénomène oblige à chercher d'autres enregistrements sédimentaires plus classiques (couche événementielle en milieu lacustre et palustre) entre les deux lacs et sur le pourtour des lacs. On peut citer certaines des masses de galets retrouvées en position haute à Yverdon (« cordons de galets ») et montrant des imbrications alternantes (Curdy *et al.*, 1992; Curdy *et al.*, 1995) qui ne cadrent

pas tous correctement avec la chronique des fluctuations hydroclimatiques des lacs du Jura (Magny *et al.*, 2005, p. 258).

À l'instar de ce que montrent d'autres lacs suisses, il est certain que ces phénomènes sont répétitifs à l'échelle de l'Holocène et les très nombreux sites archéologiques de bordure lacustre du lac de Neuchâtel pourraient aider à mieux les caractériser et mieux contraindre leur datation. Cette chronique serait un apport important pour la connaissance des risques naturels auxquels sont soumis les occupations humaines anciennes et actuelles sur les bords des lacs de Neuchâtel et de Bienne.

Enfin, cette contribution a pour objectif de proposer une idée nouvelle pour interpréter la stratigraphie du *gisement* si particulier de la Tène, et pour mieux comprendre le *site* de la Tène qui souleve tant de débats. Toutes ces interprétations peuvent rester compatibles les unes les autres si l'on considère ces restes mélangés et remaniés par un phénomène de haute énergie et événementiel, et que l'on cherche à savoir pourquoi tous les éléments décrits à la Tène, recouvrant plus de 150 ans de culture matérielle, se sont retrouvés *ensemble* dans le lit de la Thielle.

Remerciements

Nous remercions Gilbert Kaenel, Denis Ramseyer et Mathieu Honegger pour leur invitation à communiquer au colloque La Tène 2007. Notre gratitude va aussi à D. Ramseyer pour ses commentaires fructueux sur une version initiale du manuscrit ainsi qu'à Gianna Reginelli-Servais et Denis Weidmann pour leurs précieuses indications. Merci à Bruno Baudoin (UMR 5594) pour les figures 7 et 8 et à Sophie Desbois pour l'aide aux recherches bibliographiques.

Références citées

ALT Kurt W. et JUD Peter

2007 *Die Menschenknochen aus La Tène und ihre deutung*. In : Betschart M. (dir.), *La Tène-La recherche-les questions-les réponses*. Bienne, Verlag Museum Schwab, pp. 46-59.

BAATARD François, BARMETLER Ferdinand, BRANCHE Samuel, CHAVANNES Françoise, DESPONDS Liliane, GROTE Michèle, HOFFMANN Fabienne, LÜTHI Dave, MEISTER Alain, MORET Jean-Louis, PERNET Jean, SCHOENEICH Philippe, WAGNER Carine
2007 *Noville et Rennaz*. Communes de Noville et Rennaz et Association de l'Académie du Chablais, pp. 15-22

BONDEVIK Stein, MANGERUD Jan, DAWSON Sue, DAWSON Alastair, & ØYSTEIN Lohne
2005 Evidence for three North Sea tsunamis at the Shetland Islands between 8000 and 1500 years ago. *Quaternary Science Reviews*, 24, pp. 1757-1775.

BRUINS Hendrik J., MACGILLIVRAY J. Alexander, SYNOLAKIS Costas E., BENJAMINI Chaim, KELLER Jörg, KISCH Hanan J., KLÜGEL Andreas, VAN DER PLICHT Johannes
2008 Geoarchaeological tsunami deposits at Palaikastro (Crete) and the Late Minoan IA eruption of Santorini. *Journal of Archaeological Science*, 35, pp. 191-212.

BRYANT Edward A. , HASLETT Simon
2007 Catastrophic Wave Erosion, Bristol Channel, United Kingdom: Impact of Tsunami? *The Journal of Geology*, 115, pp. 253–269.

CURDY Philippe, KAENEL Gilbert, ROSSI Frédéric
1992 Yverdon-les-Bains (canton de Vaud) à la fin du second âge du Fer : nouveaux acquis. *Cahiers d'Archéologie Romande*, 57, pp. 285-299.

CURDY Philippe, FLUTSCH Laurent, MOULIN Bernard, SCHNEITER Annick
1995 Eburodunum vu de profil : coupe stratigraphique à Yverdon-les-Bains VD, Parc Piguet, 1992. *Annuaire de la Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie*, 78, pp. 7-56.

DAWSON Alastair, & STEWART Iain
2007 Tsunami deposits in the geological record. *Sedimentary Geology*, 200, pp. 166-183.

DOMINEY-HOWES Dale
2007 Geological and historical records of tsunami in Australia. *Marine Geology*, 239, pp. 99-123.

FÄSSLER Aloïs
2002 *La naissance de la solidarité confédérale. Les actions d'entraide suite à l'éboulement de Goldau (1806)*. In : Pfister C. (éd.), *Le jour d'après. Surmonter les catastrophes naturelles: le cas de la Suisse entre 1500 et 2000*, Berne, Haupt, pp. 56-69.

FUJINO S., MASUDA F., TAGOMORI S. & MATSUMOTO D.
2006 Structure and depositional processes of a gravelly tsunami deposit in a shallow marine setting: Lower Cretaceous Miyako Group, Japan.
Sedimentary Geology, 187, pp. 127-138.

FUJIWARA Osamu et KAMATAKI Takanobu
2007 Identification of tsunami deposits considering the tsunami waveform: An example of subaqueous tsunami deposits in Holocene shallow bay on southern Boso Peninsula, Central Japan. *Sedimentary Geology*, 200, pp. 295-313.

GASSMANN Patrick
2007 Nouvelle approche concernant les datations dendrochronologiques du site éponyme de La Tène (Marin-Epagnier, Suisse). Bâle, *Annuaire d'Archéologie Suisse*, 90, pp. 75-88.

GIRARDCLOS Stéphanie, SCHMIDT Oliver T., STURM Mike, ARIZTEGUI Daniel, PUGIN André et ANSELMETTI Flavio S.
2007 The 1996 AD delta collapse and large turbidite in Lake Brienz. *Marine Geology*, 241, pp. 137-154.

GOFF J., CHAGUE-GOFF C. ET NICHOL S.
2001 Palaeotsunami deposits: a New Zealand perspective. *Sedimentary Geology*, 143, pp. 1-6.

HERMANN S.R., BLIKRA L.H., NAUMANN M., NILSEN B., PANTHI K.K., STROMEYER D. ET LONGVA O.
2006 Examples of multiple rock-slope collapses from Köfels (Ötztal valley, Austria) and western Norway. *Engineering Geology*, 83, pp. 94-108.

ISRADE-ALCANTARA I., GARDUÑO-MONROY V.H., FISHER C.T., POLLARD H.P. ET RODRIGUEZ-PASCUA M.A.

2005 Lake level change, climate, and the impact of natural events: the role of seismic and volcanic events in the formation of the Lake Patzcuaro Basin, Michoacan, Mexico. *Quaternary International*, 135, pp. 35-46.

JUD Peter

2007 *Keltische Brücken – verkannte monumente*. In : Betschart M. (dir.), *La Tène-La recherche-les questions-les réponses*. Bienne, Verlag Museum Schwab, pp. 78-85.

KAENEL Gilbert

2006a *Agglomérations et oppida de la fin de l'âge du Fer. Une vision synthétique*. In : HASELGROVE C. (dir.), *Celtes et Gaulois, l'Archéologie face à l'Histoire, 4 : les mutations de la fin de l'âge du Fer. Actes de la table ronde de Cambridge, 7-8 juillet 2005*. Glux-en-Glenne, Bibracte, 12/4, pp. 17-39.

KAENEL Gilbert

2006b *Autour de la Tène : le rôle déterminant de Paul Vouga*. In : KAESER M.-A. (dir.), *De la mémoire à l'histoire : l'œuvre de Paul Vouga (1880-1940). Des fouilles de La Tène au « néolithique lacustre »*, Archéologie Neuchâteloise, 35, pp 111-125.

KENCH P.S., NICHOL S.L., SMITHERS S.G., MCLEAN R.F., BRANDER R.W.

2007 Tsunami as agents of geomorphic change in mid-ocean reef islands. *Geomorphology*, 95, pp. 361-383

LAMBERT Jérôme

1997 *Les tremblements de terre en France*. Orléans, éditions du BRGM, 196 p.

LEJARS Thierry

2006 La Tène : les collections du musée Schwab à Bienne (Canton de Berne). In : BARRAL P., DAUBIGNEY A., DUNNING C., KAENEL G., ROULIERE-LAMBERT M.-J. (ed.), *L'âge du Fer dans l'arc jurassien et ses marges. Dépôts, lieux sacrés et territorialité à l'âge du Fer. Actes du XXIXème colloque international de l'AFEAF, 2005*. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté (*Annales Littéraires ; série « Environnement, sociétés, Archéologie »*), pp 343-351.

MCFADGEN B.G. ET GOFF J.R.

2007 Tsunamis in the New Zealand archaeological record. *Sedimentary Geology*, 200, pp. 263-274.

MAGNY Michel, HONEGGER Mathieu et CHALUMEAU Laurent

2005 Nouvelles données pour l'histoire des fluctuations holocènes du niveau du lac de Neuchâtel (Suisse) : la séquence sédimentaire de Marin-Les Piécettes. *Eclogae Helvetiae*, 98, pp. 249-259.

MORTON Robert A., GELFENBAUM Guy et JAFFE Bruce E.

2007 Physical criteria for distinguishing sandy tsunami and storm deposits using modern examples. *Sedimentary Geology*, 200, pp. 184-207.

MOULIN B.

1991 Hauterives-Champveveyres. 3. La dynamique sédimentaire et lacustre durant le Tardiglaciaire et le Postglaciaire. *Archéologie Neuchâteloise*, 9, 203 pp.

NANAYAMA Futoshi et SHIGENO Kiyoyuki

2006 Inflow and outflow facies from the 1993 tsunami in southwest Hokkaido. *Sedimentary Geology*, 187, pp. 139-158.

NARAYAN J.P., SHARMA M.L. ET MAHESHWARI B.K.

2005 Run-up and Inundation Pattern Developed During the Indian Ocean Tsunami of December 26, 2004 Along the Coast of Tamilnadu (India). *Gondwana Research*, 8, pp. 611-616.

NOTT Jonathan

2006 Extreme events. *A physical reconstruction and risk assessment*. New York, Cambridge University Press, 297 p.

PARIS R., LAVIGNE F., WASSMER P. ET SARTOHADI J.

2007 Coastal sedimentation associated with the December 26, 2004 tsunami in Lhok Nga, west Banda Aceh (Sumatra, Indonesia). *Marine Geology*, 238, pp. 93-106

REGINELLI SERVAIS R.

2006 *La Tène revisitée en 2003 : résultats préliminaires et perspectives*. In : BARRAL P., DAUBIGNEY A., DUNNING C., KAENEL G., ROULIERE-LAMBERT M.-J. (ed.), *L'âge du Fer dans l'arc*

jurassien et ses marges. Dépôts, lieux sacrés et territorialité à l'âge du Fer. Actes du XXIXème colloque international de l'AFEAF, 2005. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté (Annales Littéraires ; série « Environnement, sociétés, Archéologie »), pp. 359-375.

REGINELLI SERVAIS R.

2007 *La Tène, un site, un mythe 1. Chronique en images (1857-1923). Archéologie Neuchâteloise*, 39, 208 p.

REINHARDT Eduard G., GOODMAN Beverly N., BOYCE Joe I., LOPEZ Gloria, VAN HENGSTUM Peter, RINK W. Jack, MART Yossi, RABAN Avner

2006 The tsunami of 13 December A.D. 115 and the destruction of Herod the Great's harbor at Caesarea Maritima, Israel. *Geology*, 34, p. 1061–1064.

SCHNYDER Johann, BAUDIN François et DECONINCK Jean-François
2005 Possible tsunami deposit around the Jurassic–Cretaceous boundary in the Boulonnais area (northern France). *Sedimentary Geology*, 177, pp. 209-227.

SCHWAB Hanni

1989 *Archéologie de la 2^e correction des eaux du Jura. 1 : Les Celtes sur la Broye et la Thielle*. Fribourg, éd. Universitaires (Archéologie fribourgeoise 5).

SCHWAB Hanni

1992 Cornaux-les-Sauges (canton de Neuchâtel) et les ponts celtiques sur la Broye et la Thielle. In Kaenel G. et Curdy Ph. (dir.), *L'Age du Fer dans le Jura* (Actes du 15^e colloque de l'AFEAF, 9-12 mai 1991), Cahiers d'Archéologie Romande, Lausanne, pp. 317 – 322.

SCHWALB Antje, HADORN Philippe, THEW Nigel, STRAUB François
1998 Evidence for Late Glacial and Holocene environmental changes from subfossil assemblages in sediments of Lake Neuchâtel, Switzerland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 140, pp. 307-323.

SCHWALB Antje

1992 *Die Sedimente des Lac de Neuchâtel (Schweiz) : Rekonstruktion spät- und postglazialer Klima- und Umweltveränderungen*. Thèse Faculté des Sciences de l'Université de Neuchâtel, 137 p.

SCHNELLMANN Michael, ANSELMETTI Flavio S., GIARDINI Domenico, MCKENZIE Judith A., WARD Steven N.
2002 Prehistoric earthquake history revealed by lacustrine slump deposits. *Geology*, 30, pp. 1131–1134.

SIEGENTHALER C., FINGER W., KELTS K., WANG, S.
1987 Earthquake and seiche deposits in Lake Lucerne, Switzerland. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 80, pp. 241–260.

SMOOT J. P., LITWIN R. J., BISCHOFF J. L. et LUND S. J.
2000 Sedimentary record of the 1872 earthquake and “Tsunami” at Owens Lake, southeast California. *Sedimentary Geology*, 135, pp. 241-254.

STRASSER Michael, ANSELMETTI Flavio S., FÄH Donat, GIARDINI Domenico, SCHNELLMANN Michael
2006 Magnitudes and source areas of large prehistoric northern Alpine earthquakes revealed by slope failures in lakes. *Geology*, 34, pp. 1005–1008.

TOUCHART Laurent
2002 *Limnologie physique et dynamique. Une géographie des lacs et des étangs*. Paris, L'Harmattan, 395 p.

VOUGA P.
1923 La Tène. Monographie de la station publiée au nom de la commission des fouilles de La Tène. Hiersemann, Leipzig, 168 p.

Légendes des figures

Fig. 1 – Plan des vestiges du pont de Cornaux et des squelettes mis au jour (d'après H. Schwab, 1989).

Fig. 2 – Trois exemples de squelettes en position atypique ou « tordue ». En bas : dessin et photographie du squelette n°16 (d'après H. Schwab, 1989).

Fig. 3 – Coupe et position du mobilier au pont de Cornaux. En haut : céramiques ; au milieu : outils, parements, armes ; en bas : squelettes (d'après H. Schwab, 1989)

Fig. 4 – Photographie de la fouille : au fond la coupe principale du gisement du pont de Cornaux (document Denis Ramseyer)

Fig. 5 – Détail de la coupe. A la base : « couche archéologique » surmontée par les dépôts lités de la Thielle ; On remarquera le poteau de bois du pont, couché, plié et brisé sur place (document Denis Ramseyer)

Fig. 6 – Description de détail et interprétation des dépôts sur la coupe du pont de Cornaux (document photographique Denis Ramseyer).

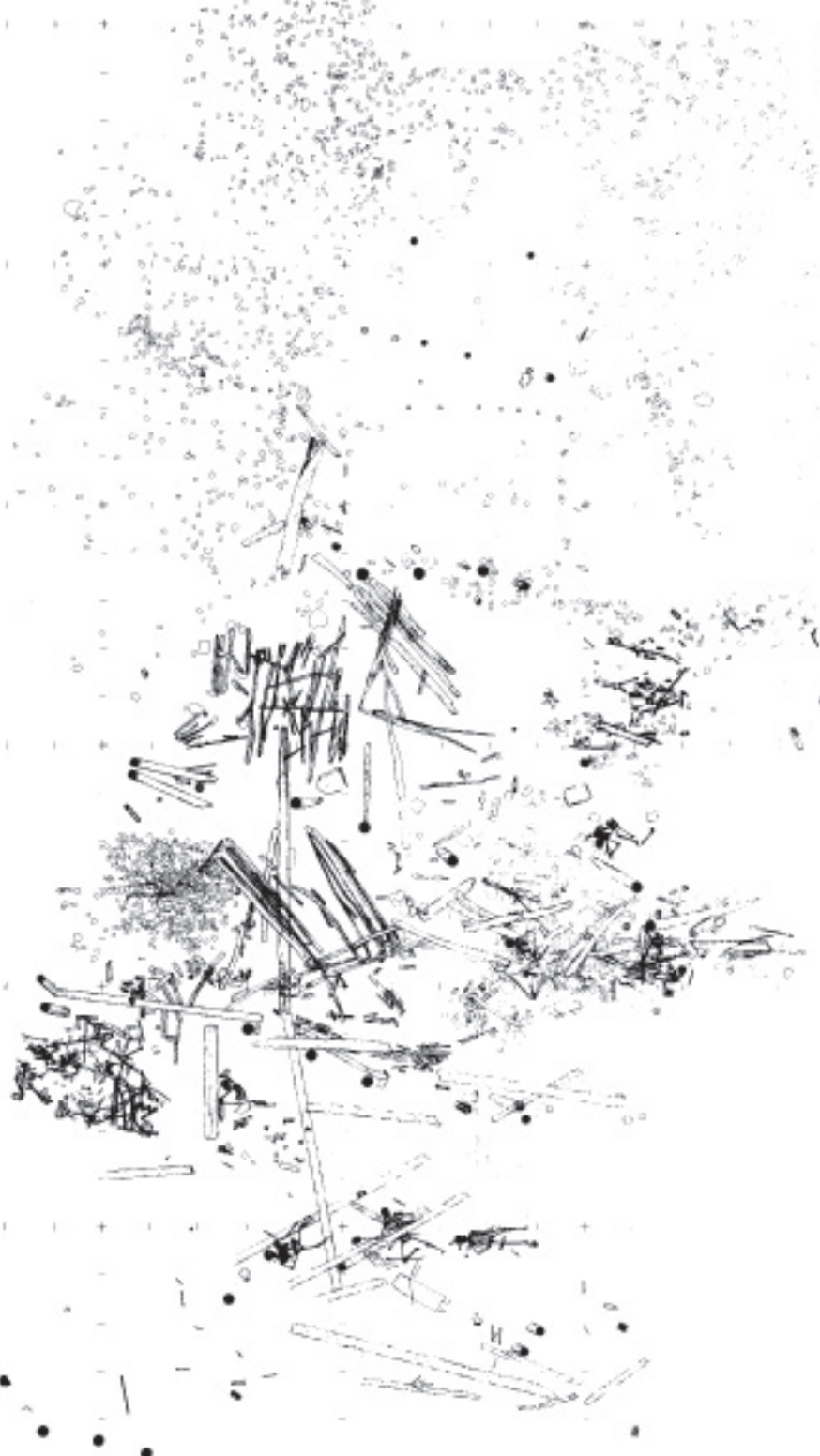
Fig. 7 – Exemples de dépôts de tsunamis anciens et récents. A : dépôt de tsunami à base érosive et couche basale de blocs et débris anthropiques, plage de Palaikastro (Crète), d'après Bruins *et al.* (2008). B : dépôt type de tsunami en bordure de côte (d'après Morton *et al.*, 2007). C : séquence de dépôt de tsunami dans un lac côtier de Norvège (d'après Bondevik *et al.*, 1997 in Schnyder *et al.*, 2005). D et E : deux enregistrements sédimentaires du tsunami du 26 décembre 2004, près de Banda Aceh (Indonésie), montrant les éléments de sol remaniés, les lamines de sables de granulométrie variable, entrecoupés de lamines plus fines typiques (d'après Paris *et al.*, 2007).

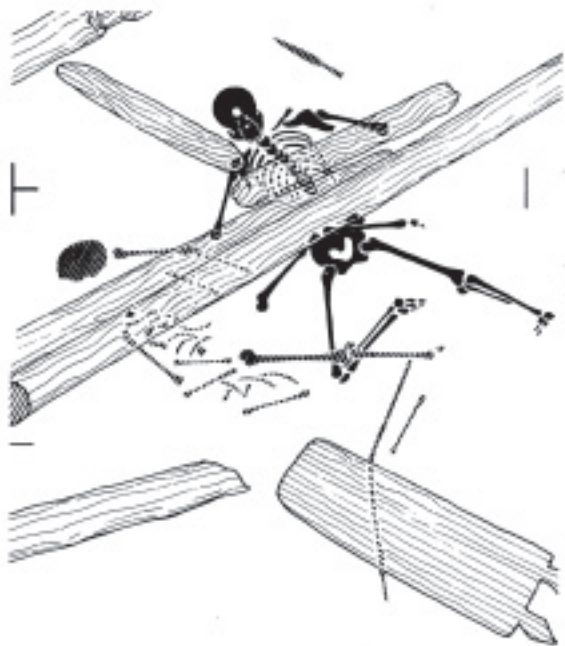
Fig. 8 – Représentation saisissante de l'éboulement de Goldau (1806) par le peintre David Alois Schmid. Noter les vagues sur le lac de Lauerz « en effervescence » qui connut un « raz-de-marée » provoqué par un bras de la coulée de débris (in Fässler, 2002).

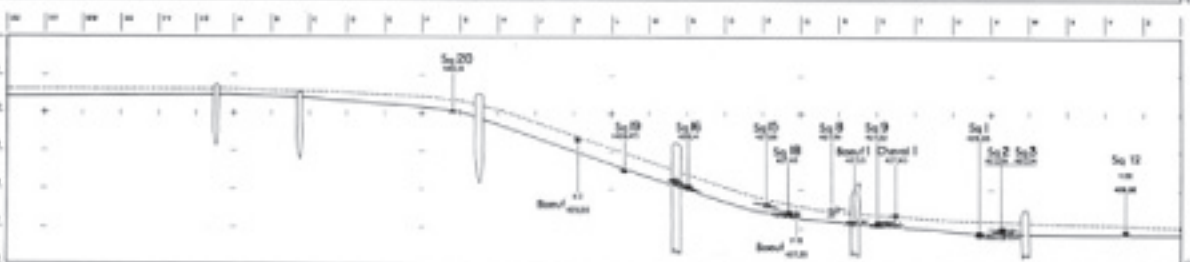
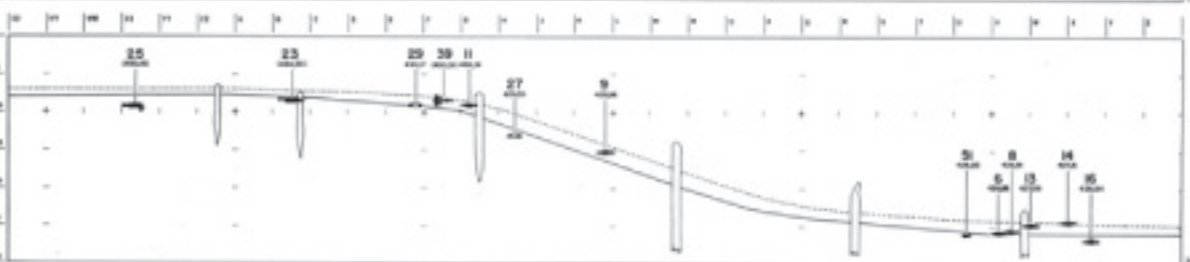
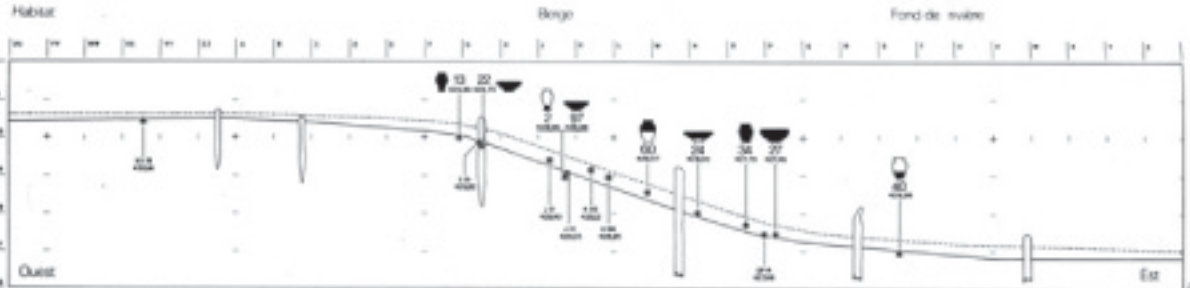
Fig. 9 – Evocation d’une vague de tsunami le long de la vallée de la Thielle entre lac de Neuchâtel et le lac de Biemme.

Adresse des auteurs :

Jean-Pierre Garcia
Christophe Petit
UMR CNRS 5594 « Archéologie-Terre-Histoire-Sociétés »
Centre des Sciences de la Terre
Université de Bourgogne
6 bd Gabriel
21000 DIJON (France)
jpgarcia@u-bourgogne.fr
petitc@u-bourgogne.fr







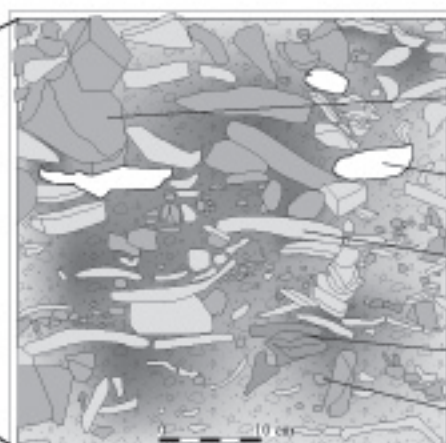
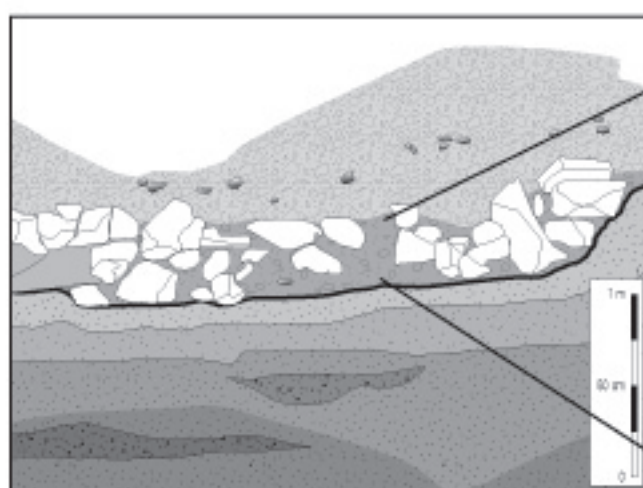




env. 40 cm

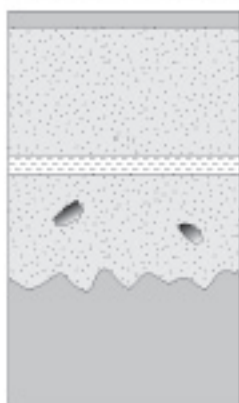
| | interprétation | description |
|---|--|---|
| | <p>Dépôts des crues "normales" de la Thielle. Activité animale ou végétale en périodes calmes entre ces événements</p> | <p>Lits sableux (clairs) et silto-argileux (sombres) bioturbés (racines verticales, terriers obliques).</p> |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">SURSAM</p> | <p>Dépôt final en eau calme par décantation des éléments flottants.</p> <p>Transport et dépôt de sédiments par les vagues successives. Transport en traction et en suspension. Phases de décantation entre les vagues</p> <p>Erosion des berges et du fond de la rivière. Destruction du pont. Enfouissement immédiat des cadavres et du mobilier</p> | <p>Couche organique discontinue; "tourbe" selon H. Schwab (1969).</p> <p>Lits sableux (clairs) et silto-argileux (sombres) alternants. Lits de coquilles (blanches) et débris de bois emballés dans ou entre certains lits.</p> <p>Couche inférieure à éléments grossiers: galets, débris divers, ossements, pièces du pont, non visible ici = couche fouillée</p> |





(A)

Dépôt type de tsunami

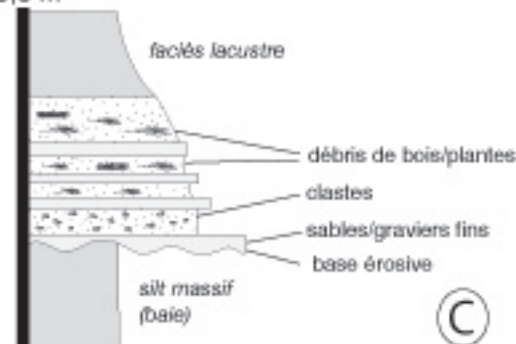


- dépôt final boueux
- les ensembles de lamines peuvent être séparés par de minces lamines de boue ou de minéraux lourds
- souvent à granoclassement normal
- clastes arrachés et remaniés
- 5-25 cm d'épaisseur
- contact inférieur abrupt

(B)

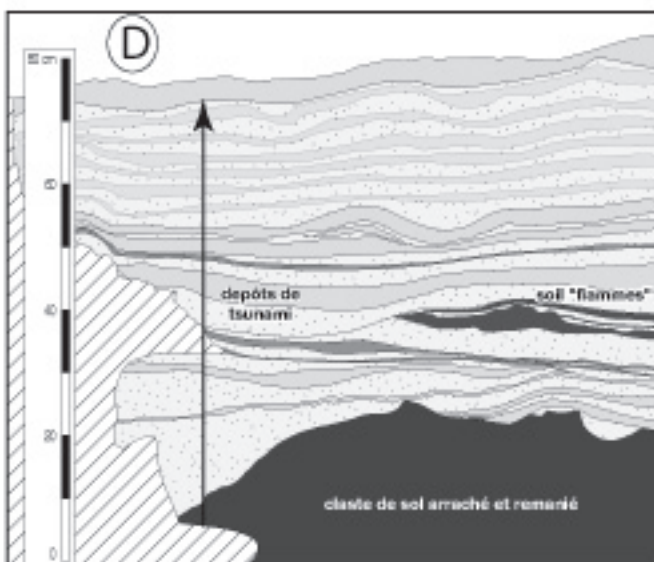
Séquence granodécroissante, à base érosive et débris de bois et de plantes

0,8 m

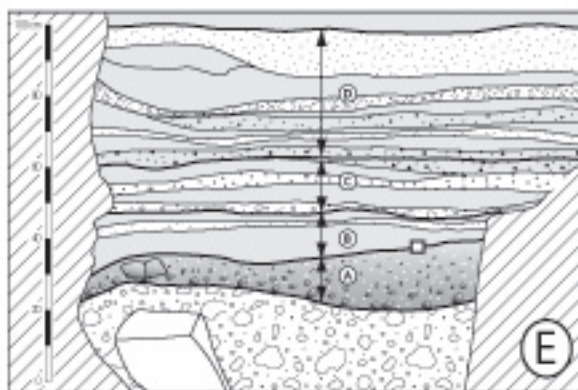


(C)

Lac Kvennavatnet, ouest de la Norvège (d'après Bondevik *et al.* 1997)



(D)



(E)

- D: Sable moyen laminié à minces couches de sable grossier riche en bioclastes, galets de plage au sommet.
- C: Sable grossier laminié avec des couches plus sombres à granularité plus fine ou des lamines boueuses.
- B: Sable grossier riche en bioclastes (corail, coquilles), cahier bien préservé à la base de la couche (carré).
- A: Sable grossier à granoclassement normal, riche en galets de plage et de corail, avec racines et clastes de sol et d'origine anthropique.

