Géomorphologie et environnement

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Cahiers d'archéologie romande**

Band (Jahr): **122 (2011)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

3. Géomorphologie et environnement

3.1 Présentation générale

Carole Blomjous

Le territoire touché par cette étude est centré sur une plaine alluviale d'environ 2500 x 500 m, dont l'altitude varie entre 439 et 470 m (fig. 21). Au nord, la zone est délimitée par les premiers contreforts du Jura, plus particulièrement la Chassagne[1]. À l'est, la colline d'Onnens (*drumlin*) domine cette cuvette et au sud, un *vallum morainique* barre l'accès direct au lac de Neuchâtel. Le paysage de cette région a été fortement modelé par les avancées de la langue glaciaire rhodanienne. L'orientation générale des formes répertoriées est parallèle au massif jurassien et a donc un axe nord-est/sud-ouest. Lors de son retrait, le glacier du Rhône a abandonné sur toute la région une épaisse moraine de fond très argileuse.

Dans ce secteur, une dépression longiligne semble suivre le contact entre les formations calcaires du Jura et le socle molassique. Ce vallon drainé par le cours du Pontet est alimenté par les eaux météoriques, ainsi que par des sources qui proviennent du réseau karstique jurassien. On notera également de petites résurgences sur le pourtour occidental de la colline d'Onnens. Ces eaux ont alimenté diverses zones marécageuses qui occupaient le fond de la cuvette jusqu'à la canalisation du Pontet.

L'enregistrement des sédiments pris au piège dans cette cuvette permet de suivre l'évolution du paysage depuis le dernier retrait du glacier du Rhône.

3.2 Cadre géologique et géomorphologique

Carole Blomjous

Dans la région d'Onnens, le tracé de l'autoroute A5 longe une dépression présente au niveau du contact entre les calcaires et la molasse. Il est possible d'observer les calcaires au point (542.360/188.220) et la molasse a été rencontrée à quatre mètres de profondeur lors d'un forage géotechnique à Onnens-*Beau Site* (542.378/187.738). Le contact entre ces deux formations a été repéré sur la commune de Bonvillars au point (541.875/187.550). À cet endroit, la molasse apparaît à 45 m de profondeur et les calcaires à 60 m (Rigassi, Jordi et Arn 2006). Ce contact influence la morphologie locale en créant un vaste vallon. Par la suite, les dépôts quaternaires morainiques, des marais puis des colluvions ont comblé cette dépression.

Les occupations humaines se sont succédées sur les berges de ce vallon et l'accumulation des sédiments a permis de définir un ensemble de 37 phases (fig. 22). La lecture des couches se fait par phases de bas en haut. Leur succession diffère selon que l'on se trouve sur la rive gauche ou droite du Pontet, sur le versant jurassien ou sur les terrains quaternaires qui recouvrent la molasse.

[1] Si le nom « Chassagne » indique souvent la présence de chênes (Chassagny, Cassanéa), il peut également dériver du mot chasse ou sasse, de *saxum*, et signaler un pâturage rocheux (Jaccard 1978, p. 76).

Phases	Beau Site	Golette	Motti r.g.	Motti r.d.	Description des couches	Epoques
37					humus	
36					Pontet jusqu' en 1942-43 puis remblayé et canalisé	20 ème
35					lavoir /captage de source	19 ème
34					occupation	11-14 ème
33					dépôt d'équidés	
32					niveau anthropisé	époque romaine
31					colluvion : sables et limons oxydés	
30					empierrement / occupation	
29					rivière, inondations	
28					occupation	La Tène
27					colluvion : sablo-limoneuse, graviers	HaD
26					occupation : habitat, dépotoir	
25					solifluxion : argilo-limoneux orange, céramiques roulées, galets	Bz final
24					colluvion : limon brun	
23					niveau d'occupation colluvionné	
22					occupation	
21					rivière : inondation, lentilles sableuses, marais	
20					marais : matière organique, litages argileux	
19					colluvion : argilo-sableuse, graviers, galets, charbons, céramiques	
18					horizon d'occupation : matrice sableuse grise, cailloux, boulets, os, céramique	
17					couche érodée, stuctures en creux	Bz moyen
16					dépotoir : limon, charbons, cailloux, céramiques	
15					colluvion : limono-argileuse, cailloux, graviers	Bz ancien
14					couche érodée, stuctures en creux	
13					marais : sablo-argileux, matière organique	
12					couche érodée	Néolithique
11					rivière : sables triés lessivés	
10					marais : argilo-sableux, matière organique, coquilles	
9					source : épandage de tuf poudreux	
8					lacustre : argile, craie et coquilles	
7					cône torrentiel : cailloux et galets dans une matrice limoneuse	
6					vallum morainique	
5					moraine : argilo-sableuse avec blocs et galets	
4					esker : fluvio-glaciaire, sables et graviers à pendages obliques	
3					drumlin : dépôt glaciaire	
2					substratum rocheux : molasse d'eau douce, Tertiaire	
1					substratum rocheux : calcaire urgonien, Crétacé	

Fig. 22. Tableau récapitulatif des phases sédimentaires pour le versant occidental de la colline d'Onnens.

3.2.1 Le substratum rocheux

Phase 1 Les calcaires

Les calcaires du massif jurassien sont affleurants à sub-affleurants à la Chassagne, sur le versant sud du Jura (fig. 21). Il s'agit de calcaires du Crétacé, plus précisément de l'Urgonien. Ils sont constitués d'une succession de calcaires et de marnes disposés plus ou moins parallèlement à la pente. Cette formation dure plonge ensuite rapidement en direction du sud sous la plaine d'Onnens. Les forages géotechniques, d'une profondeur d'environ 10 m, effectués sur le tracé de l'A5 n'ont jamais rencontré cette formation sous les dépôts quaternaires.

Phase 2 La molasse

La molasse n'affleure jamais sur les secteurs étudiés. Elle a été rencontrée lors de forages à une profondeur de 4.7 et 10 m à Onnens-*Beau Site*, ainsi que sous le village actuel d'Onnens. Le bedrock molassique est composé d'une alternance de grès mi-dur à dur et de marno-grès ou grès marneux moyen à tendre. Les terrains molassiques forment un plateau sub-horizontal qui plonge par la suite vers le sud (Campagne de sondages 1998, p. 5). La présence de cette molasse qui forme un téton rocheux sous le village d'Onnens a favorisé lors des glaciations successives la formation de la butte d'Onnens (phase 3).

Les marnes, qui constituent l'essentiel de la molasse chattienne, lui confèrent généralement des qualités imperméables (Étude d'impact N5 1994, p. 71). Certains bancs fissurés de grès sont toutefois susceptibles d'abriter une circulation souterraine, c'est ainsi qu'à Onnens de nombreuses petites sources sont alimentées par la molasse. Ces résurgences sont reconnaissables à la teneur élevée en sulfates de leur eau. Ces niveaux marneux, plus tendres, ont été sensibles à l'abrasion exercée par le glacier du Rhône et ont favorisé le surcreusement, formant ainsi des dépressions.

3.2.2 Les formations glaciaires quaternaires

Lors du dernier maximum glaciaire, le glacier du Rhône a totalement recouvert le Plateau suisse. Son action érosive et de polissage a façonné le relief. Les dépôts morainiques sont caractérisés par une forte proportion d'éléments rocheux d'origine alpine. Les différents faciès de ces dépôts nous informent sur leur genèse. Ainsi, il est possible d'observer des formes fossiles sous-glaciaires : notamment le *drumlin* d'Onnens (phase 3) et l'*esker* (phase 4).

La moraine de fond (phase 5) se retrouve quasiment dans toute la région sur une épaisseur de 4 à 10 m (Bertschy 1958, p. 252). Lors d'une période de retrait de la calotte, le glacier a abandonné un bourrelet morainique formé sur le bord latéral de la langue glaciaire. Ce *vallum* (phase 6) est situé largement en dehors de l'emprise des travaux et n'apparaît pas sur les restitutions présentées en fin de chapitre. Son sommet se trouve sur le tracé actuel de la route cantonale. Il a formé un barrage naturel aux écoulements de surface provenant du Jura en direction du lac de Neuchâtel (fig. 21).

Après le départ des glaces würmiennes, lors du réchauffement du début de l'Holocène, le dégel du pergélisol sur le versant sud du Jura permet la formation d'un cône torrentiel au bas de chaque ravin. Nous pouvons en observer tout au long des flancs du Jura, notamment aux lieux-dits *En Vuète* et *Les Épinettes* (phase 7), situés dans notre zone d'étude.

Phase 3 Drumlin[2]

Le village actuel d'Onnens est implanté sur un noyau molassique situé à équidistance entre le Jura et le lac de Neuchâtel. Cette butte, sur le flanc ouest de laquelle se trouvent les sites d'Onnens-*Le Motti*, d'Onnens-*La Golette* et d'Onnens-*Beau Site*, matérialise un *drumlin* fossile. Il a un axe sud-ouest/nord-est, parallèle au lac de Neuchâtel, et indique le sens d'écoulement du glacier du Rhône. De forme ovoïde,

[2] Les *drumlins* sont des formes allongées, déposées dans le sens de l'écoulement glaciaire, dissymétriques, plus larges en général à l'amont qu'à l'aval. Leur longueur peut atteindre 4 km, leur largeur 1 km et leur hauteur 20 à 30 m. Ils semblent liés aux marges

il présente une longueur de 1100 m pour une largeur maximale de 400 m. Son altitude maximale actuelle est de 478.90 m. Le flanc nord de la colline borde la dépression où prend naissance le Pontet. Sur son flanc ouest, il est partiellement érodé et domine la plaine du Pontet.

Ce *drumlin* est constitué de deux nappes de graviers[3] qui drainent les eaux météoriques ainsi qu'une partie des écoulements superficiels du bassin versant jurassien qui les atteint par le cône de déjection d'*En Vuète* (543.200/188.900) (fig. 21). Ces deux couches de gravier situées à des altitudes différentes ont permis à la nappe de fonctionner comme drain, malgré les variations climatiques. Sur le flanc occidental de la colline d'Onnens, les écoulements ressortent sous la forme de plusieurs résurgences au contact de la moraine de fond argileuse et imperméable.

Phase 4 Esker[4]

Lors du recul de l'appareil glaciaire rhodanien, les eaux de fonte suivent des conduits sous-glaciaires. Ces canaux sont entravés par les sédiments (blocs, sables, graviers, argiles) ou par des effondrements de glace. La sédimentation de matériaux transportés par les eaux de fonte remplit, puis comble les conduits fermés dans lesquels ils s'écoulent. Le changement brutal de sédimentation reflète des dynamiques fluviales très variables (Fiore, Pugin et Beres 2002, p. 23). La genèse de ces dômes est liée à des écoulements sous-glaciaires d'eau provenant de la fonte du glacier, voire au drainage d'un lac supraglaciaire. Lors du retrait de la langue glaciaire, ces dômes, traces fossiles de rivières souterraines, forment des monticules de forme convexe.

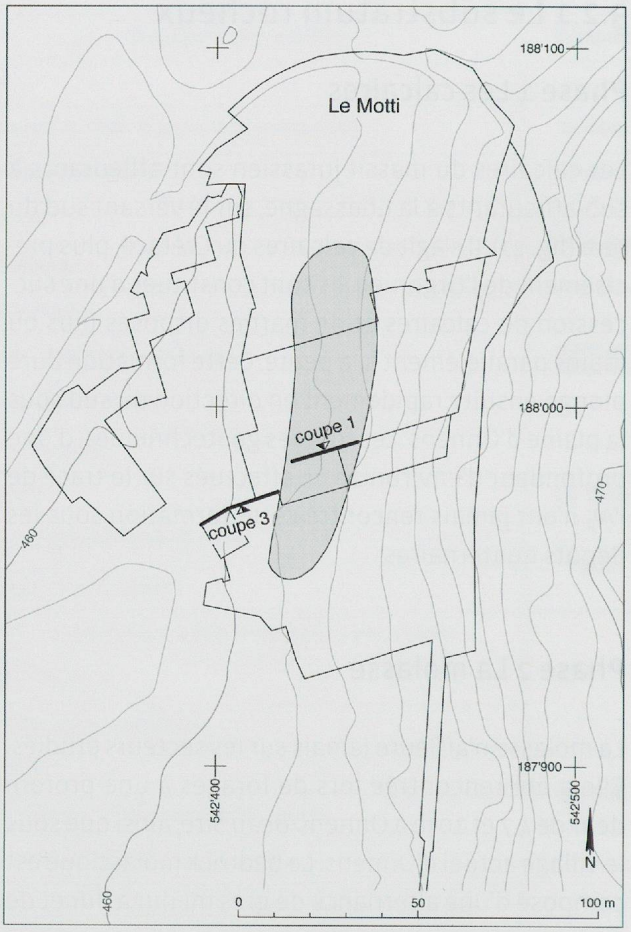


Fig. 23. Onnens-*Le Motti*. Localisation et extension de l'esker, en grisé. Localisation des coupes 1 et 3.

À Onnens-*Le Motti*, sur le flanc ouest du *drumlin*, ainsi qu'à *Beau Site*, il a été possible d'observer une telle formation (fig. 23 et coupe 1, p. 40-41). Axé nord-sud, sa longueur est de 94 m, son altitude maximale varie entre 462 et 460 m et son altitude minimale observée sur le terrain est de 450 m. Son sommet généralement arrondi est érodé par endroits et présente une discordance stratigraphique avec les couches supérieures. Sa largeur maximale observée sur le terrain est de 17 m. Sa profondeur connue est de 9 m, mais nous n'avons aucunement atteint son fond.

On remarque que les séquences sédimentaires de cet ensemble présentent des changements latéraux rapides de granulométrie et de faciès. On retrouve des silts blancs certainement liés à une activité glaciolacustre auxquels se juxtaposent des galets calcaires bien classés, émoussés et lessivés, puis des

glaciaires en voie de décrépitude et d'ablation active. Ils sont souvent moulés sur un noyau rocheux préexistant non construit par le glacier qui, lorsqu'il est visible, affleure dans la zone large de l'amont, tandis que la zone construite s'effiloche vers l'aval. Il semble que les *drumlins* soient plus des formes d'érosion, du moins vers l'amont, de reliefs préexistant au recouvrement glaciaire, tandis que la zone plus en aval s'édifie par remplissage sous-glaciaire du vide laissé par la glace décollée du substrat (Campy et Macaire 1989, p. 181).

[3] Communication orale de W. Wildi.

[4] Les *eskers* sont des rides allongées sinueuses, pouvant atteindre plusieurs km de long, 50 m de large et 20 m de haut, constituées de matériel stratifié horizontalement ou obliquement. Il semble que ces dépôts soient le résultat d'une sédimentation sous-glaciaire dans des chenaux-tunnels parcourus par les eaux de fonte (Campy et Macaire 1989, p. 178).

séquences plus argileuses. Des blocs parfois calcaires, parfois d'origine alpine, sont distribués de façon aléatoire dans ces diverses séquences. La masse graveleuse est souvent très instable et meuble. Les unités stratifiées obliquement se biseautent vers le haut de la masse et présentent une déclivité relativement marquée. Les pendages successifs obliques ont une inclinaison ouest à l'amont et est à l'aval de la structure. Cette masse a servi de drain aux eaux de la nappe phréatique, à celles des sources, ainsi qu'aux eaux météoriques. La présence de cet *esker* a certainement favorisé les mouvements gravitaires à l'aval de celui-ci.

Un deuxième ensemble de même nature, mais de moindre envergure, a été observé à Onnens-*Beau Site* (coupe 2, p. 40-41). Il se matérialise par un dôme atteignant au maximum 453.80 m. À cet endroit, il est possible d'observer des stratifications obliques décimétriques à fort pendage vers le sud pour le côté sud du monticule. Il s'agit d'une succession de lentilles graveleuses, sableuses, voire argileuses avec parfois de gros blocs imbriqués en surface. Le matériel qui le constitue comprend des éléments rocheux de provenance alpine, préalpine et locale, de toutes morphologies. Le sommet de cette séquence a certainement subi une forte érosion car la discordance avec les couches supérieures est brutale. Le tri du matériel dans cette zone indique que la genèse de cet ensemble est fluvio-glaciaire de type *esker*.

Il faut noter également que ce dôme d'une hauteur d'environ 2 m sépare à Onnens-*Beau Site* deux environnements sédimentaires de nature différente. En effet, les dépôts palustres et d'inondation liés au paléolac et au Pontet (phases 8 et 10) se trouvent au nord et le milieu marécageux confiné au sud forme un milieu clos que l'on retrouve au bas de *La Golette*.

Phase 5 La moraine

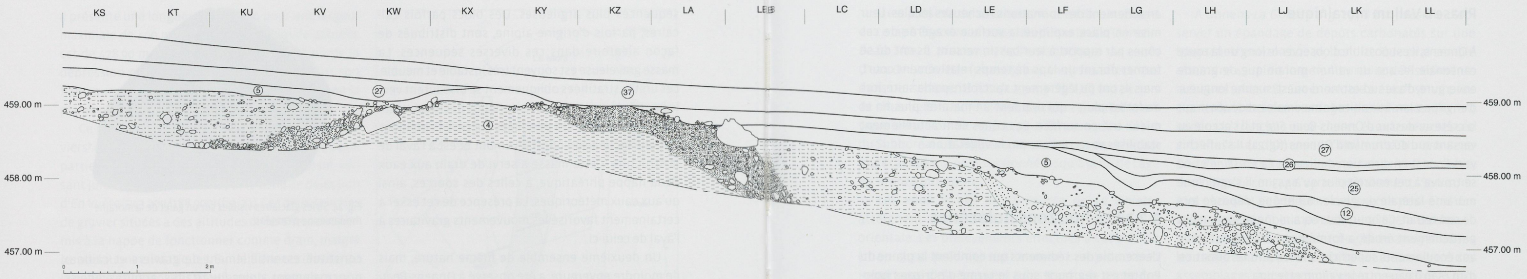
Lors de la dernière avancée glaciaire, tout le Plateau suisse a été recouvert par la langue du glacier du Rhône. L'important dépôt morainique qui tapisse ces régions témoigne de cet épisode. Ces placages morainiques se retrouvent sur les parcelles étudiées sous la forme d'une matrice limono-argileuse ocre jaune contenant un matériel hétéroclite

Fig. 24. Stries glaciaires visibles sur un galet de la moraine rhodanienne d'Onnens.

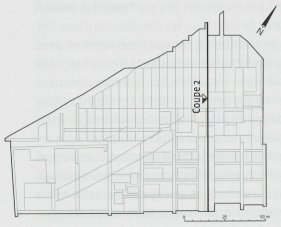
constitué essentiellement de graviers et cailloux principalement alpins (quartzites, granites, gneiss, serpentines, gabbro, calcaires des Préalpes) et d'éléments du plateau et du Jura (conglomérats, grès molassiques, marnes et calcaires). L'ensemble est très mal classé. La compacité est assez élevée. Cette moraine est généralement peu perméable et constitue un niveau de base pour les circulations d'eau. Cet ensemble se caractérise par son hétérométrie, avec des fragments lithiques de toutes tailles, présentant un émoussé léger et souvent marqués par des stries glaciaires inorganisées (fig. 24). Au centre du vallon, des épandages de graviers fluvio-glaciaires ont parfois été observés au sommet de la moraine.

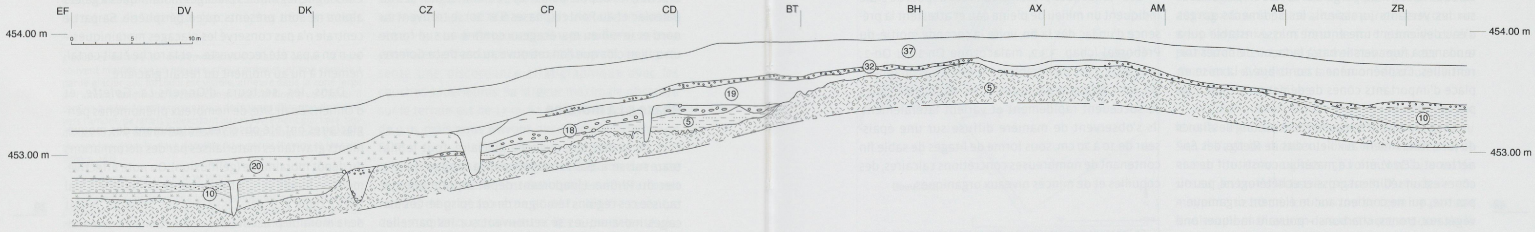
Ce dépôt recouvre la molasse dans la zone sud du projet, à Onnens-*Beau Site*. On le retrouve sur tout le terrain d'étude et son épaisseur varie entre 0.5 et 10 m approximativement, en fonction des accidents géologiques des couches sous-jacentes. Sur la Chassagne, les minces placages morainiques à galets alpins ne sont présents qu'en périphérie. Sa partie centrale n'a pas conservé les placages morainiques – ou n'en a pas été recouverte – et la roche était certainement à nu au moment du retrait glaciaire.

Dans les secteurs d'Onnens-*La Golette* et d'Onnens-*Beau Site*, de nombreux phénomènes périglaciaires ont été observés, notamment des mouvements gravitaires matérialisés par des déformations du dépôt morainique (gélifluxion). On note effectivement un fluage vers le bas de pente de matériels mal triés (coupe 7, p. 124-125). Dans ces secteurs, le toit de la moraine présente des ondulations intra-morainiques décimétriques qui indiquent des fluages par gravité de la masse certainement gorgée d'eau.



Coupe 1. Onnens-*Le Motti*. Profil stratigraphique de référence représentant l'esker (la numérotation renvoie aux phases sédimentaires présentées au chap. 3.2).





Coupe 2. Onnens-*Beau Site*. Profil stratigraphique d'axe nord-sud (la numérotation renvoie aux phases sédimentaires présentées au chap. 3.2).

Phase 6 Vallum morainique

À Onnens, il est possible d'observer le long de la route cantonale RC 401 un *vallum* morainique de grande envergure, d'axe sud-est/nord-ouest, sur une longueur d'environ 2 km. Son altitude maximale est de 464 m sur la crête au-dessus d'Onnens-*Beau Site* et il s'accole au versant sud du *drumlin* d'Onnens (fig. 21). Il s'infléchit vers l'ouest en direction du lieu-dit *La Poissine* et ne se trouve à cet endroit plus qu'à 443 m. Il s'agit d'une moraine latérale du glacier du Rhône, déposée lors de son retrait. Ce bourrelet morainique, actuellement partiellement érodé, a formé une barrière naturelle aux écoulements superficiels, favorisant la formation d'un plan d'eau entre le *vallum* et le Jura.

Phase 7 Cône torrentiel

Jusqu'à une altitude de 1200 m, les versants sud du Jura sont partiellement recouverts par un placage de moraine dite rhodanienne, car encore déposée par le glacier du Rhône lors du dernier maximum glaciaire (Aubert 1965, p. 561). Au bas des sillons creusés dans le massif jurassien – ravins, vallons fossiles et chenaux verticaux – il est possible d'observer d'énormes cônes de déjection en bordure des plaines (fig. 21). Ces formations superficielles sont liées à des phénomènes périglaciaires.

Au départ des glaces, le sol gelé ne permet pas le fonctionnement du réseau karstique jurassien. L'écoulement des eaux se fait donc en surface. Lorsque le dégel du pergélisol se fait en profondeur sur les versants jurassiens, les sédiments gorgés d'eau deviennent une énorme masse instable qui a tendance à fluer vers le bas à la façon de boues torrentielles. Ce phénomène a contribué à la mise en place d'importants cônes de déjection s'étalant au pied du versant.

Ceux-ci peuvent s'observer tout au long des flancs du Jura, notamment aux lieux-dits de *Riette*, des *Épinettes* et d'*En Vuète*. Le matériau constitutif de ces cônes est un sédiment grossier et hétérogène, peu ou pas trié, qui ne contient aucun élément organique – végétaux, troncs, charbons – pouvant indiquer une colonisation du versant par la végétation. Il s'agit d'un remaniement de la moraine en place et d'un arrachement des formations rocheuses locales. Leur mise en place explique la surface exagérée de ces cônes par rapport à leur bassin versant. Ils ont dû se former durant un laps de temps relativement court, mais ils ont pu légèrement s'accroître par la suite, lors de fortes pluies qui drainent un matériel plus fin et mieux trié en surface. Ces cônes sont actuellement stabilisés et recouverts par la végétation.

3.2.3 Les horizons holocènes

L'ensemble des sédiments qui comblent la plaine du Pontet est regroupé sous le terme d'horizons holocènes. Ce comblement se fait aussi bien par accumulation des alluvions ou la formation de marécages que par des mouvements gravitaires (colluvions, solifluxion), dès l'amélioration climatique de l'Holocène.

Phase 8 Les dépôts lacustres

Dans la dépression sise entre le *vallum* morainique (phase 6) et le Jura, les eaux du Pontet – bassin versant jurassien – les eaux de source et les eaux météoriques sont ralenties et leur accumulation permet la formation d'un plan d'eau. Les dépôts crayeux témoignant de l'existence d'un paléolac se retrouvent confinés à l'extrémité nord/nord-ouest du secteur d'Onnens-*Beau Site*, au nord de l'*esker* de faible envergure (phase 4).

Les mollusques présents dans ces dépôts de craie indiquent un milieu de pleine eau et attestent la présence d'un lac dès la fin, voire la seconde moitié, du Préboréal (chap. 3.3.2, malacozone On-1 ou On-2; prél. 277)[5]. Lors du comblement de ce bassin (phase 10), les niveaux organiques et les dépôts de craies se succèdent rapidement et varient latéralement. Ils s'observent de manière diffuse sur une épaisseur de 10 à 20 cm, sous forme de litages de sable fin contenant de nombreuses concrétions calcaires, des coquilles et de minces niveaux organiques.

[5] En l'absence de prélèvements effectués au centre du bassin, la genèse de ce lac ne peut être datée plus précisément et pourrait même remonter au Tardiglaciaire.

Il est possible de localiser une zone de battement de ce lac à l'extrémité orientale du secteur d'Onnens-*Beau Site*, à proximité de l'embouchure du cours d'eau de *La Golette* (phase 9). Les analyses effectuées dans ces sédiments (chap. 3.3.2, prél. 276) ont permis de situer le fonctionnement de ce lac jusqu'à l'Atlantique ancien ou récent, ou peut-être jusqu'au début du Subboréal. Ces litages sont scellés par des niveaux marécageux qui ont fonctionné jusqu'à la fin de l'âge du Bronze (phase 20).

Les eaux issues de la source de *La Golette* atteignent le paléolac au niveau de sa bordure orientale. Les prélèvements effectués à cet endroit (chap. 3.3.2, prél. 23) contiennent une proportion importante d'espèces liées à des marais de pente. Ces espèces se sont accumulées et déposées au pied du versant par ruissellement.

Phase 9 Les dépôts de source

Comme nous l'avons vu ci-dessus, les résurgences fonctionnent certainement dès le départ de la calotte glaciaire, notamment sur le versant occidental du *drumlin* (phase 3), et certainement au niveau de l'*esker* (phase 4).

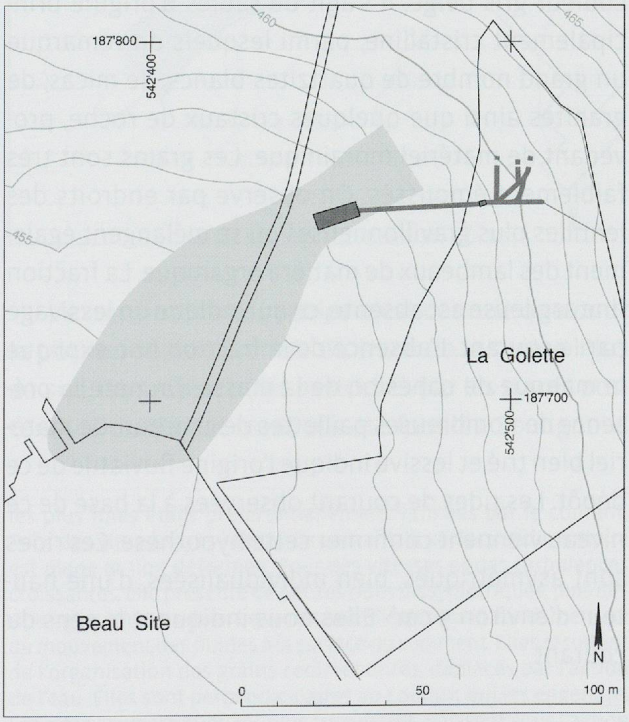


Fig. 25. Onnens-*La Golette*. Extension du cône crayeux, en grisé, et captage de source.

À Onnens-*La Golette* (fig. 25), il est possible d'observer un épandage de dépôts carbonatés sur une longueur d'environ 120 m, dont le cône aval semble atteindre 45 m de large en bordure des sédiments lacustres (phase 8). Cet ensemble a été observé principalement lors des sondages préliminaires (fig. 10) et dans la tranchée eaux claires eaux usées, creusée entre les sites d'Onnens-*Le Motti* et d'Onnens-*Beau Site* (fig. 8). Cet horizon crayeux est riche en sable, dont le pourcentage varie latéralement. Son sommet ondulant et irrégulier représente peut-être des vasques de dépôt et a pu subir une légère érosion.

Les prélèvements malacologiques analysés dans les zones amont, proches de la source, ont livré des assemblages contenant des espèces aquatiques que l'on rencontre actuellement notamment dans les eaux courantes et les sources (chap. 3.3.2, prél. 13, 66, 262, 263, 264). Ils indiquent l'existence d'un marais de pente relativement étendu.

Les éléments marqueurs de ces échantillons s'étalent entre la seconde moitié du Préboréal (malacozone On-1, prél. 13, 262) et l'Atlantique ancien (malacozones 5a et 5b, prél. 263-264). La faune étudiée dans l'épandage à l'aval (prél. 22, 23, 27 et 29) témoigne d'un accroissement progressif et de la diversification des espèces forestières entre la fin du Préboréal (malacozone On-2, prél. 23) et le Boréal ou le début de l'Atlantique ancien (malacozone On-3, prél. 22, 27 et 29).

Phase 10 Niveau organique

La divagation du Pontet ainsi que l'accumulation des eaux dans la plaine alluviale permettent, comme nous l'avons vu plus haut, la formation de divers plans d'eau. La colonisation des berges, des cours d'eau et du rivage de ces lacs favorise l'accumulation de matières organiques.

Les plus anciens dépôts organiques identifiés sur le terrain étudié se trouvent sur le site d'Onnens-*Beau Site*. Il s'agit de sédiments directement posés sur le niveau morainique (phase 5), voire tout au nord du site sur les craies lacustres (phase 8). D'une épaisseur moyenne de 10 cm, cet horizon se termine par une fine lentille en direction du sud et vient se poser sur le bas de la pente du dôme (phase 4). Dans la partie septentrionale du site, ils se mêlent aux niveaux crayeux.

Ce niveau de couleur noirâtre est plus argileux dans sa partie supérieure. L'ensemble légèrement plastique et humide contient par endroits des fragments de bois et de végétaux ainsi qu'un pourcentage important de sable et mica, des fragments de coquilles et d'infimes traces charbonneuses. Ce niveau, né dans une zone proche du bord du paléolac, est régulièrement inondé par des débordements qui apportent de nombreux sédiments détritiques fins en suspension.

L'analyse palynologique effectuée dans ce niveau tourbeux (chap. 3.3.3, prél. 2a) révèle un spectre marqué par les plantes aquatiques (*Lemna*). Les noisetiers et la chênaie mixte, riche en tilleuls, sont bien représentés (palynozone On-1). Cette palynozone peut être corrélée avec le Boréal ou l'Atlantique ancien. Pour la partie supérieure plus argileuse, le prélèvement 2b (palynozone On-3), montre un accroissement des aulnes et rattache cet ensemble à l'Atlantique ancien/récent.

On ajoutera pour cette phase un niveau naturel stérile caractéristique de zones humides. Il n'a été observé qu'à Onnens-*Beau Site* et en contrebas du site d'Onnens-*La Golette* dans les tranchées 1 et 13 (fig. 17 et coupe 7, 6, p. 124-125). À Onnens-*Beau Site*, cette formation se trouve dans les secteurs sud-est (coupe 2, p. 40-41), plus précisément au sud du dôme représenté par le terrain naturel (phase 4). Sa matrice limono-argileuse se caractérise par une couleur grise à gris foncé. La teneur en cailloux et en sable diminue en direction du sud et la couche semble s'assombrir par augmentation de microrésidus de végétaux décomposés en milieux stagnants.

Ce niveau se biseaute vers le nord sur le dôme (phase 4) formé par le terrain naturel. La base de la couche plonge vers le sud avec le toit de la moraine et son sommet est parallèle à la terre végétale. Un prélèvement malacologique effectué dans la tranchée aval d'Onnens-*La Golette* (chap. 3.3.2, prél. 12) indique la présence d'un milieu semi-aquatique non lacustre, lié aux marais de pente, dont l'assemblage peu mélangé se rattache à la fin du Boréal ou plus probablement au début de l'Atlantique ancien (malacozone On-4). Ce niveau organique est antérieur à un horizon anthropisé récent (phase 32).

Cette zone humide a pu être alimentée par les eaux météoriques qui ruissellent sur le flanc du *vallum* (phase 6), par des écoulements latéraux de la résurgence d'Onnens-*La Golette*, ainsi que par le débordement du paléolac qui, lors du battement des vagues, déverse de l'eau comme à l'arrière d'un cordon littoral, favorisant la création d'une zone palustre.

Phase 11 Le ruisseau du Pontet

Le Pontet prend naissance dans le vallon situé entre le Jura et le flanc nord du *drumlin*. Il s'agit d'une résurgence de l'aquifère drainé par le cône torrentiel d'*En Vuète* (phase 7). L'écoulement aérien du Pontet se fait en pente douce jusqu'au goulet formé par le cône torrentiel des *Épinettes* (phase 7) et le *drumlin* (phase 3). À cet endroit (542.400/188.080), les eaux sont pincées entre ces deux formations dès la mise en place du réseau hydrographique. Le passage forcé du Pontet implique une érosion continue qui perturbe l'accumulation des sédiments. À l'aval de ce passage, le Pontet a divagué dans la plaine sous la forme d'un cours d'eau anastomosé, inondant la plaine en période de crue.

Les premiers dépôts liés à ce cours d'eau ont été observés en contrebas du *drumlin* d'Onnens (phase 3) et de l'*esker* (phase 4), sur le site d'Onnens-*Le Motti*, et ont livré du mobilier archéologique qui permet de les rattacher au Néolithique (chap. 5.1.2). Ils sont posés directement sur la moraine (phase 5) et sont constitués de sables grossiers meubles, bien triés, de couleur gris beige. Il s'agit de sables d'origine principalement cristalline, parmi lesquels on remarque un grand nombre de quartzites blancs, de micas, de granites ainsi que quelques cristaux de roche, provenant de matériel morainique. Les grains sont très faiblement émoussés. On observe par endroits des lentilles plus gravillonneuses où se mélangent également des lambeaux de matière organique. La fraction fine argileuse est absente, ce qui indique un lessivage par le courant. L'absence de la fraction fine explique le manque de cohésion de la masse. On note la présence de nombreuses paillettes de charbon. Ce matériel bien trié et lessivé indique l'origine fluviatile de ce dépôt. Les rides de courant observées à la base de ce niveau viennent confirmer cette hypothèse. Ces rides sont asymétriques, bien individualisées, d'une hauteur d'environ 5 cm[6]. Elles nous indiquent le sens du courant.

[6] L'existence, la taille et la forme des figures de courant en milieu aquatique dépendent principalement du régime d'écoulement du fluide et accessoirement de la taille des particules sableuses. Des tris granulométriques importants peuvent survenir, les particules

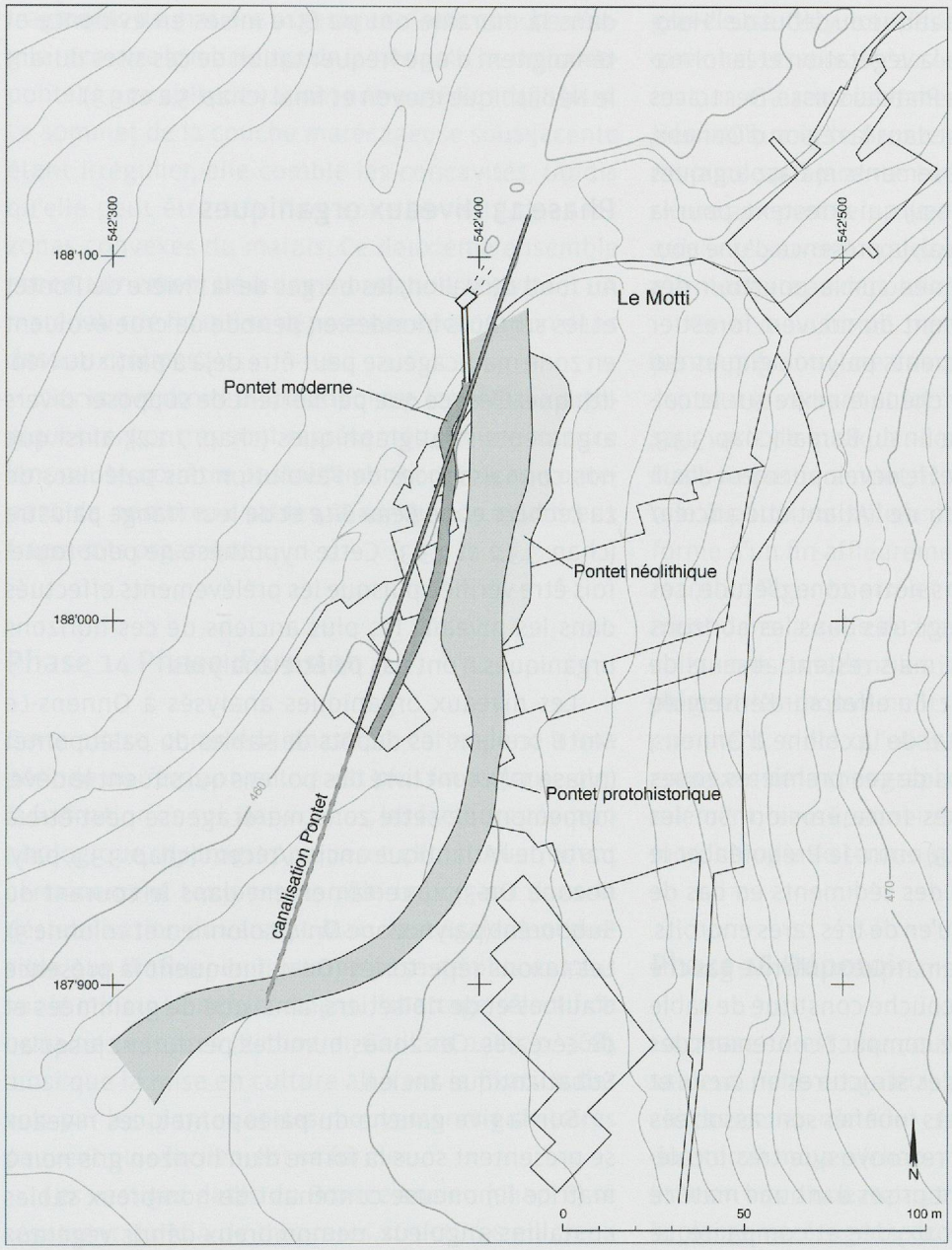


Fig. 26. Onnens- *Le Motti*. Tracés du Pontet.

L'extension de ces sables n'est connue que pour la portion septentrionale du tracé de la rivière. Plus au sud, les secteurs très perturbés par les tracés postérieurs du Pontet n'ont pas été fouillés. Soulignons toutefois que la portion mise au jour permet de situer le lit principal du cours d'eau néolithique légèrement à l'est des tracés postérieurs (fig. 26).

Phase 12 Phase d'érosion

Dès la seconde moitié du Préboréal le réseau hydrographique semble donc être bien mis en place. À Onnens-*La Golette*, les résurgences qui s'écoulent le long du versant commencent à déposer leurs sédiments carbonatés, permettant à une végétation éparse de se fixer (phase 9).

les plus fines étant préférentiellement vannées par le courant. Pour des vitesses très faibles de courant, la surface sédimentaire est plane et non déformée. Pour des vitesses et des turbulences croissantes, elle présente de petites rides dissymétriques, puis des rides plus importantes. Les rides sont l'expression fondamentale du mouvement des fluides à la surface du sédiment. Elles résultent de l'organisation des grains sédimentaires, déplacés par l'action de l'eau. Elles sont perpendiculaires au courant qui les engendre. Les rides asymétriques, les plus fréquentes, naissent sous l'action d'un courant unidirectionnel. Elles sont caractérisées par une pente relativement faible face au courant (Chamley 1987, p. 74).

Avec l'amélioration climatique du début de l'Holocène, le développement de la végétation et la formation du sol se fait sur tout le Plateau suisse. Des traces de cette expansion se lisent dans la région d'Onnens, notamment dans les prélèvements malacologiques (chap. 3.3.2, malacozone On-1), qui attestent, pour la seconde moitié du Préboréal, la présence d'une couverture forestière clairsemée sur le pourtour des paléolacs. Le développement du couvert forestier apparaît dans les prélèvements palynologiques qui révèlent l'existence d'une chênaie mixte sur la colline d'Onnens à partir de la fin du Boréal (chap. 3.3.3, palynozones On-1 et On-2) et le développement d'aulnaies dans le vallon à partir de l'Atlantique ancien/récent (palynozone On-3).

Malheureusement, dans notre zone d'étude, ces premiers dépôts sont enregistrés dans les horizons organiques et carbonatés, mais restent absents de la stratigraphie du versant. En effet, sur l'ensemble des sites du côté occidental de la colline d'Onnens, les niveaux contemporains de ces premières zones humides ont subi une très forte érosion. Sur les pentes du *drumlin* (phase 3) entre le Préboréal et le Subboréal l'accumulation des sédiments en bas de pente ne peut s'observer qu'en de très rares endroits.

À Onnens-*Le Motti*, on remarque sur la rive gauche du Pontet un lambeau de couche constitué de sable et d'argile gris à gris beige compact contenant des charbons. Dans la pente, des structures en creux et des concentrations de galets rubéfiés sont associées à cet horizon que l'on ne retrouve que très localement (chap. 5.1.2). Elles sont prises dans une matrice plus limoneuse fortement oxydée et compacte. Le rare matériel archéologique récolté hors des structures provient essentiellement des premiers dépôts fluviatiles associés au Pontet (phase 11).

Les autres niveaux associés à cet horizon ont presque complètement disparu. Ces conditions particulières sont certainement dues à des facteurs très locaux. La morphologie convexe du flanc du *drumlin* favorise les mouvements gravitaires. Ceux-ci sont alimentés par des résurgences qui permettent l'engorgement des sédiments et déclenchent des fluages de masse, qui provoquent ainsi une disparition complète des horizons rattachés à cette période. À Onnens-*Beau Site*, comme à Onnens-*La Golette*, seules des structures en creux directement inscrites dans la moraine ont pu être mises en évidence et témoignent d'une fréquentation de ces sites durant le Néolithique moyen et final (chap. 5.2 et 5.3).

Phase 13 Niveaux organiques

Au fond du vallon, les berges de la rivière du Pontet et les secteurs inondés en période de crue évoluent en zone marécageuse peut-être déjà à partir du Néolithique. C'est ce que permettent de supposer divers arguments stratigraphiques (chap. 7.1.2), ainsi que nos connaissances de l'évolution des paléolacs de *La Léchère* et de *Beau Site* et de leur frange palustre (chap. 3.3.2 et 3.3.3). Cette hypothèse ne peut toutefois être vérifiée puisque les prélèvements effectués dans les niveaux les plus anciens de ces horizons organiques n'ont pas pu être analysés.

Les niveaux organiques analysés à Onnens-*Le Motti* scellent les dépôts de sables du paléopontet (phase 11) et ont livré des pollens qui situent le développement de cette zone marécageuse peut-être à partir de l'Atlantique ancien/récent (chap. 3.3.3, palynozone On-3) et certainement dans le courant du Subboréal (palynozone On-4, colonne 1 et colonne 5). Les taxons répertoriés (On-4) indiquent la présence d'aulnes et de noisetiers, ainsi que de graminées et de céréales. Ces zones humides perdurent jusqu'au Subatlantique ancien.

Sur la rive gauche du paléopontet, ces niveaux se présentent sous la forme d'un horizon gris noir à matrice limoneuse contenant de nombreux sables cristallins anguleux, de nombreux débris végétaux (feuillages, branchages, graines, noisettes, etc.), des graviers cristallins d'environ 7 mm émoussés et de rares charbons (coupe 9, p. 178-179). Cette formation est souvent légèrement meuble en raison de la fraction importante de limon et de sable. Elle est alimentée principalement par les eaux du paléopontet qui transportent des matériaux détritiques.

Ce niveau organique présente en outre une légère pente est-ouest, de l'amont vers l'aval, au pied du versant de la colline d'Onnens, ainsi que dans le sens nord-sud correspondant à l'écoulement des eaux. Une chape d'argile grise le recouvre régulièrement et se présente sous la forme d'un niveau homogène constitué d'un matériau fin contenant quelques

fragments de matière organique. Cette couche d'argile recouvre le marécage de la rive gauche du paléopontet à une altitude variant entre 458.80 et 458.90 m. Le sommet de la couche marécageuse sous-jacente étant irrégulier, elle comble les concavités, tandis qu'elle peut être très fine, voire absente dans les zones convexes du marais. Ce deuxième ensemble est certainement lié à une inondation apportant un matériau trié fin qui se dépose par décantation dans des eaux calmes.

Sur la rive droite du paléopontet, les niveaux organiques rencontrés sont représentés par une matrice limoneuse noirâtre passablement compacte, contenant de nombreux sables, ainsi que de nombreux fragments organiques.

Phase 14 Phase d'érosion

Cette phase, comme la phase 12, correspond à une période où l'érosion active est plus importante que la formation de sol. Dans ce cas, les facteurs géomorphologique, hydrographique et climatique jouent certainement toujours un rôle important dans la déstabilisation du versant. Mais il est également possible que l'influence humaine pèse de plus en plus sur le milieu. Le défrichement, l'abattage sélectif de certaines espèces (Richoz et Gaillard 1989, p. 368), ainsi que la mise en culture altèrent la fixation des sols par les plantes et des mouvements gravitaires peuvent plus facilement se former.

Les vestiges datés du Bronze ancien (chap. 6) se résument donc à de très rares structures en creux implantées directement dans le terrain naturel. Aucune couche contemporaine n'a pu être mise en évidence.

Phase 15 Colluvions

À l'exception des rares lambeaux de couches néolithiques épargnés par l'érosion (phase 12), les premières accumulations de sédiment sur le versant occidental de la butte d'Onnens se matérialisent par une couche de colluvion. Elle se compose d'une matrice à dominance limoneuse, parfois argileuse ou sableuse de couleur gris jaune ou beige, mais toujours finement graveleuse. On y note des traces de charbon ainsi que quelques tessons et cassons de silex exogène. Ces colluvions, vraisemblablement déposées entre la fin du Néolithique et le Bronze moyen, sont dérivés de la moraine sous-jacente. Leur mise en place est postérieure aux premiers niveaux de marécage (phase 13) qu'elle recouvre sur quelques mètres en bas de pente, et antérieure au dépotoir du BzB (phase 16).

Ce niveau formé par accumulation en bas de pente présente une compacité moyenne. Il est présent sur le versant et forme une lentille dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à environ 60 cm. Dans sa partie amont, il apparaît de manière générale à partir du milieu de l'*esker* (phase 4) sous la forme d'un fin affleurement. Il s'épaissit à l'aval, formant un léger bourrelet et finit par s'étaler rapidement dans la zone de transition avec la plaine. Ces colluvions comblent les irrégularités du terrain, qui piègent les mouvements gravitaires, où elles s'accumulent, alors qu'elles manquent sur les parties convexes de la topographie, comme sur l'*esker*. Latéralement, leurs épaisseurs varient fortement selon la morphologie du terrain sous-jacent.

Phase 16 Dépotoir

La phase 16 est une couche constituée d'un limon sableux riche en galets, galets rubéfiés éclatés, en charbon et en matériel céramique attribué au début du Bronze moyen (chap. 7.1.2). Elle est toujours localisée en bas d'une rupture de pente et en bordure de la plaine marécageuse (coupe 9, 8, p. 178-179).

Les sédiments se sont accumulés en bas de pente sur environ 40 m de longueur pour une largeur de 3.50 m et une épaisseur de 40 cm au maximum. Ils correspondent à une zone de rejet associée à l'occupation du Bronze moyen (phase 17). Cette masse prograde sur la surface argileuse du marécage (phase 13) et s'y mêle par endroits. Sa partie amont se biseaute sur les colluvions (phase 15) et a certainement été érodée lors de la solifluxion massive du versant (phase 25), alors que sa partie aval présente un ressaut avant de s'étaler à son front.

Phase 17 Phase érosive

Tout comme les phases 12 et 14, cette phase représente une période de forte érosion. Elle a concerné les niveaux supérieurs aux colluvions (phase 15) sur le site du *Motti*. Les seuls éléments qui lui sont associés sont des structures en creux qui matérialisent le reste d'une occupation du Bronze moyen (chap. 7.1.4). La couche d'occupation associée à cet habitat a été érodée (coupe 9, p. 178-179), mais les niveaux de dépotoirs contemporains subsistent en bas de pente (phase 16).

Les phases présentées ci-dessous correspondent aux occupations postérieures au Bronze moyen, qui feront l'objet d'une publication ultérieure.

Phase 18 Occupation

Ce niveau, qui correspond partiellement à l'occupation Bronze récent d'Onnens-*Beau Site*, est généralement posé directement sur la moraine (phase 5). Il est localisé principalement au nord-ouest du secteur, en bordure du paléolac (phase 8). Son extension est de 80 m de longueur et de 25 m de large. Son épaisseur est en moyenne de 10 cm, mais peut atteindre 20 cm (coupe 2, p. 40-41). Cette couche est constituée d'une matrice sableuse grise, contenant une grande proportion de cailloux anguleux, quelques boulets et de nombreux graviers. On note la présence de nombreux fragments de charbon, d'os et de céramique. Dans certains secteurs, l'on observe des concentrations de cailloux éclatés et rubéfiés et de céramiques brûlées.

On repère également ce niveau dans le bas du secteur d'Onnens-*La Golette* (coupe 7, 5, p. 124-125). Il n'a malheureusement été observé que dans la stratigraphie de référence.

Phase 19 Colluvions

Le premier horizon d'occupation de *Beau Site* présenté ci-dessus est scellé par une colluvion constituée d'une matrice argilo-sableuse de couleur brun beige à brun gris. Sa couleur varie latéralement, car le niveau peut se charger en matière organique et prendre des teintes plus sombres près des zones marécageuses (phase 20). Elle a livré de grandes quantités de céramiques souvent roulées. Cette couche hétérogène contient des graviers et des galets et présente des traces d'oxydation, de manganèse et de charbon. Elle est relativement plane et parallèle à la topographie de surface.

Cette couche de colluvions qui comble les bords de la plaine alluviale en bordure du marais (phase 20) a certainement été érodée en surface sur le dôme (phase 4), car elle se biseaute à son sommet et l'on ne la retrouve pas au sud de ce modeste *esker*. Elle a également été observée dans la partie aval de la stratigraphie de référence de *La Golette* (coupe 7, 4, p. 124-125).

Les remontages effectués au sein du mobilier céramique de ce niveau se font d'ailleurs souvent dans un axe nord-est/sud-ouest, ce qui permet de supposer que les sédiments transportés proviennent principalement du petit cirque de *La Golette* visible dans la partie amont de ce site.

Phase 20 Dépôts palustres

L'horizon décrit plus haut (phase 19) est lié à un niveau organique localisé à Onnens-*Beau Site* (coupe 2, p. 40-41), dont la mise en place est postérieure à l'occupation du début du Bronze final (phase 18).

Tout comme les niveaux lacustres et palustres qu'elle surmonte (phases 8 et 10), elle est localisée à l'extrémité nord/nord-ouest d'Onnens-*Beau Site*, plus globalement au nord du dôme naturel formé par l'*esker* (phase 4), dans les zones proches du paléopontet, au bas des écoulements de la source de *La Golette* (phase 9). Cet horizon fortement argileux présente une matrice relativement homogène, malgré la présence de litages grossiers centimétriques parfois plus argileux, parfois plus organiques. L'ensemble est légèrement plastique, humide, contient par endroits des fragments de bois. On note parfois la présence de calcaire et de charbons, ainsi que d'infimes fragments de céramiques et des os.

Ce niveau organique supérieur varie latéralement, mais peut atteindre une épaisseur maximale de 40 cm. Lorsqu'il rencontre la couche de colluvion (phase 19), il se biseaute et vient se poser sur celle-ci, ce qui indique une progradation lente du niveau organique (phase 20) en direction du sud. Dans certains

secteurs, ces deux couches semblent se mélanger et leur formation pourrait donc être contemporaine.

Les prélèvements effectués dans ce niveau (chap. 3.3.3, colonne 2, éch. 2d et 2e) ont révélé une grande quantité de pollens d'aulnes et de graminées liées aux prairies et aux pâturages. On ne note aucune trace de l'apparition des céréales, ce qui s'explique peut-être par le fait que nous nous situons ici au fond du bassin à une certaine distance des zones cultivées. On notera, dans la colonne 2, la présence récurrente de plantes aquatiques (*Lemna*), qui nous indique un milieu d'eau stagnante. La forte proportion d'aulnes et le retrait de la chênaie mixte semblent permettre de situer le fonctionnement de ce marais durant le Subboréal (palynozone On-4) et peut-être le début du Subatlantique ancien (palynozone On-5).

Cette couche doit certainement s'étendre au nord dans la plaine alluviale, hors des secteurs de fouille.

Phase 21 Le Pontet

Le tracé de la rivière au Bronze final a été repéré en contrebas du site d'Onnens-*Le Motti*, dans la zone de divagation du paléopontet. Sa mise en place est postérieure à la phase marécageuse (phase 13) et antérieure à la solifluxion (phase 25). Pendant le Bronze final, le cours du paléopontet dépose des sédiments lors de son arrivée dans la plaine alluviale. Le lit de la rivière se matérialise durant cette période par des sables déposés sur une faible épaisseur. Ces sables fins, gris cendré et jaune, contiennent des charbons et de la céramique. Très localement, à l'aval du tracé du cours d'eau observé à Onnens-*Le Motti* (fig. 26), les sédiments déposés présentent des faciès différents, traduisant une dynamique brutale assimilable à des inondations (coupe 3, p. 50-51).

Ce dépôt est composé d'une succession de litages sableux, dont la couleur varie du gris foncé au gris clair. La taille des particules est passablement homogène. Les fines lentilles limoneuses, argileuses, charbonneuses voire tourbeuses qui s'intercalent dans cet ensemble dessinent des petites vagues. Sa forme légèrement convexe témoigne de la dynamique rapide de mise en place des sédiments. L'épaisseur moyenne de la couche est de 40 cm, mais peut atteindre ponctuellement 60 cm lorsqu'elle rencontre les matières organiques (phase 13). Il est possible que, lors de sa mise en place, cette inondation ait partiellement érodé la phase 13 et remis en suspension les particules fines organiques. Localisé sur la rive gauche dans la zone concave du méandre, ce dépôt forme une levée naturelle traduisant un débordement de la rivière. Les berges du Pontet sont toujours occupées par des zones marécageuses (phase 13), visibles dans plusieurs prélèvements palynologiques (chap. 3.3.3, palynozone On-5, colonnes 1 et 22).

Par la suite, sur la rive gauche du site du *Motti*, le mouvement de solifluxion (phase 25) recouvre les phases 16 et 21 (coupe 3). Ce fluage massif repousse le lit de la rivière plus à l'ouest (fig. 26).

Phase 22 Occupation

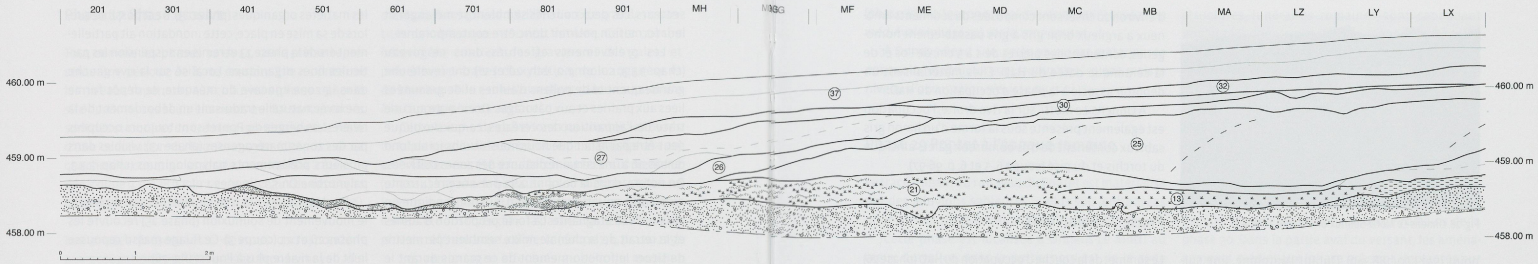
Sur les différents sites du versant occidental de la colline d'Onnens, on observe des niveaux attestant d'une occupation attribuable à l'âge du Bronze final (voir également phases 18 et 23).

Sur la rive droite du site d'Onnens-*Le Motti*, un niveau d'occupation se situe directement sur la moraine (phase 5). Il est composé de limon et d'argile gris brun fortement gravillonneux avec des galets distribués de façon éparse. La couche présente une oxydation sur tout l'ensemble. L'épaisseur maximale observée sur les zones fouillées est de 30 cm et la couche s'affine à l'aval en direction du lit du paléopontet. Il est limité et perturbé au sud par le lit moderne du Pontet (phase 36), ainsi que par des drains modernes. Cet horizon s'étend certainement à l'amont des secteurs fouillés car il s'épaissit fortement.

Les vestiges de cette période sont ténus sur la rive gauche, où cet ensemble a été perturbé par le mouvement de solifluxion (phase 25).

Phase 23 Occupation

Cette phase d'occupation datée du Bronze final se retrouve à mi-pente dans le secteur d'Onnens-*La Golette*. Elle semble très localisée. Les traces anthropiques repérées sont représentées par des structures creusées dans le terrain naturel (phase 5). Le niveau



Coupe 3. Onnens-*Le Motti*. Profil stratigraphique de référence illustrant la séquence des différentes phases de sédimentation. Localisation fig. 23.

d'occupation lié à ces ensembles n'est plus visible et semble avoir été localement colluvionné. On notera que le mobilier provenant de ce niveau est piégé au bas des ruptures de pente.

Phase 24 Colluvions

La phase 24 est un dépôt de pente recouvrant la partie orientale du site d'Onnens-*La Golette* directement sur le terrain naturel (phase 5) et le niveau Bronze final colluvionné (phase 23). Elle est composée de limon et d'argile de couleur brun foncé fortement gravillonneuse, contenant des galets cristallins. D'une épaisseur moyenne de 20 cm, elle comble les irrégularités du terrain et peut atteindre dans les zones concaves jusqu'à 60 cm. Elle se biseaute et n'apparaît plus que sous la forme d'un simple filet dans les zones convexes. Le mobilier récolté ne permet pas une datation plus précise que la période protohistorique. Son insertion stratigraphique entre la phase 23 présentée ci-dessus et la phase 32 qui est un niveau anthropisé récent, permet toutefois de la considérer comme contemporaine ou postérieure au Bronze final (coupe 7, 3, p. 124-125).

Phase 25 Solifluxion

La solifluxion est le déplacement d'une partie d'un versant provoqué par des facteurs d'instabilité liés principalement à l'eau, à l'occupation humaine, aux variations d'humidité et de température. Ce mouvement de masse à Onnens a certainement été favorisé par la présence de résurgences et par celle de l'*esker* qui draine les eaux de surface et les écoulements souterrains, mais également par des défrichements et par un hiver rigoureux. En effet, lors de la saison froide, ces terrains passablement argileux gorgés d'eau subissent un gonflement sous l'effet du gel. Lors des réchauffements printaniers, les infimes particules de glace contenues dans la masse fondent et créent une instabilité du terrain. Ceci donne naissance à un glissement de masse nommé solifluxion. Celui-ci emporte avec lui toutes les parties dégelées en un laps de temps assez court, et donc par là même les couches archéologiques. Cette loupe de glissement s'arrête dès que la pente s'affaiblit.

À Onnens-*Le Motti*, un tel glissement fossile se présente sous la forme d'une masse à matrice argilo-limoneuse de couleur brun orangé. Cet ensemble est très compact et contient de nombreux galets et graviers. Sa surface est plus ou moins chaotique sur le panneau lui-même. À l'aval, un bourrelet chevauche la zone non affectée. La masse atteint une épaisseur maximale de 120 cm et finit en pente douce. Parfois, dans certains secteurs, on remarque une rupture de pente

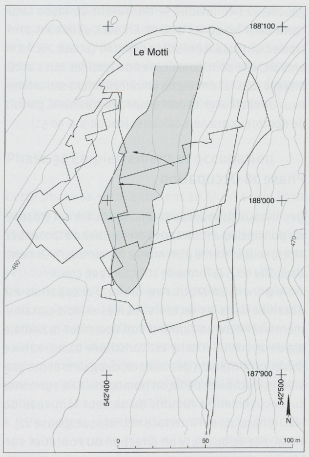


Fig. 27. Onnens-*Le Motti*. Situation et étendue de la solifluxion, en grisé.

d'environ 30 cm lorsque la masse perd de l'amplitude. Dans la stratigraphie, une succession d'alignements de cailloux disposés obliquement marque le sommet des fluages boueux successifs. On observe des fluages passablement compacts de charbon et des amas de céramiques, qui résultent probablement du déplacement de l'horizon anthropique de l'âge du Bronze final (phase 22) emporté lors du mouvement de masse.

Sa surface totale est d'environ 4000 m² pour une bordure amont d'une longueur de 160 m et une coulée longue d'environ 40 m (fig. 27). À l'amont du glissement, on note une niche de décollement qui laisse apparaître le terrain naturel sous-jacent, constitué soit de la moraine (phase 5), soit de l'*esker* (phase 4). À l'aval (coupe 3, p. 50-51), il est postérieur au marais (phase 13) ainsi qu'à l'inondation du Pontet (phase 21), et antérieur à l'occupation HaD (phase 26). Ce phénomène a également pu éroder la couche d'occupation du Bronze moyen (phase 17).

Cet énorme fluage de masse rapide a certainement favorisé la migration latérale du cours d'eau, repoussant et confinant ses divagations plus à l'ouest. Sur la rive droite, on observe un horizon semblable influencé par la morphologie plus douce du cône torrentiel sous-jacent (phase 7). Cette couche (coupe 6, 8, p. 96-97) a une pente plus plane et plus régulière et se biseaute à l'aval. Elle est également antérieure à un horizon daté du HaD (phase 26).

Durant les campagnes de fouille, un phénomène identique est survenu sur le versant jurassien, au

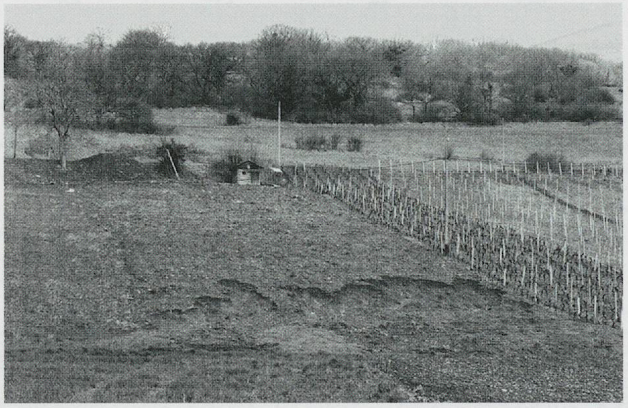


Fig. 28. Onnens-*Le Motti*. Solifluxion récente à Onnens.

point (542.500/188.340). Durant l'automne, une surface du coteau a été défrichée afin d'implanter de jeunes plants de vigne. Ceux-ci, disposés dans le sens de la pente, ont favorisé le ruissellement de surface et donc l'érosion. Au printemps suivant, après le dégel du terrain, le bas de pente de la zone a flué massivement (fig. 28).

Phase 26 Occupation et dépotoir

Cette phase d'occupation est localisée à Onnens-*Le Motti*. Une partie importante du versant occidental de la colline d'Onnens est caractérisée par un dépôt de limon compact qui contient énormément de charbons de 1 mm à 1 cm, ainsi que de nombreux gravillons, cailloux et galets de 2 à 10 cm et de nombreuses céramiques.

Cet ensemble a livré un important mobilier lié à l'occupation du HaD. Il se pose successivement d'amont vers l'aval sur le terrain naturel (phase 5), puis sur l'*esker* (phase 4) et finalement la solifluxion (phase 25). Au bas de la rupture de pente formée par la solifluxion, il rencontre les sables d'inondation (phase 21), qu'il scelle. La couche a été reconnue sur une surface d'environ 2000 m²; son épaisseur est en moyenne de 10 cm.

À l'aval, la pente est fortement accentuée sur le front de la loupe de solifluxion, en direction de la plaine alluviale. Dans ce secteur, une accumulation de lentilles en bas de pente tend à homogénéiser le terrain en comblant les irrégularités de surface (coupe 3, p. 50-51). Ces lentilles ont un axe nord-sud, une largeur d'environ 1 m à l'amont, pour atteindre 4 m du côté de la plaine alluviale. Elles ont une épaisseur moyenne d'environ 20 cm et sont composées de sédiments limoneux à argileux brun gris à gris passablement homogènes, contenant des pierres de 1 à 5 cm, de l'os et de la céramique datée du HaD. Elles matérialisent un dépotoir associé à la phase d'occupation du HaD.

À Onnens-*Le Motti*, sur la rive droite, l'occupation est également présente sous la forme d'un limon gris sableux contenant de très nombreux galets ainsi que du torchis et du pisé (coupe 6, 5 et 6, p. 96-97).

Phase 27 Colluvions

Le sommet de la couche d'occupation du HaD (phase 26) semble avoir localement subi l'érosion et il en résulte un niveau colluvionné sablo-limoneux (phase 27) antérieur à l'occupation romaine (phase 30). Sur la rive gauche, ces colluvions se retrouvent de façon lacunaire dans les zones amont. En aval, elles sont principalement localisées sur le dépotoir (phase 26). À cet endroit, elle sont constituées de lentilles qui s'accumulent sous la forme d'un amoncellement sablo-limoneux de couleur grise contenant des gravillons, parfois de nombreux graviers calcaires (coupe 3, p. 50-51).

Phase 28 Occupation

Des niveaux attribués au Second âge du Fer ont été repérés principalement sur la rive droite du site d'Onnens-*Le Motti*, sous la forme d'un niveau fin, ainsi qu'à Onnens-*Beau Site* sous la forme de structures en creux.

À Onnens-*Le Motti* rive droite, l'occupation est observée dans les secteurs fouillés et doit certainement s'étendre en l'amont. Son épaisseur maximale est de 25 cm. La couche est constituée d'une matrice sableuse contenant des cailloux, des galets et des gravillons, distribuée de façon homogène. Elle surmonte successivement à l'amont du secteur le niveau du HaD (phase 26) et l'interface néolithique (phase 12). À l'aval, elle se biseaute en direction du Pontet et s'arrête avant le remplissage caillouteux du fond du vallon (phase 30) daté de l'époque romaine. Sur la rive gauche, cette phase est illustrée principalement par des structures. L'horizon correspondant à cette occupation proprement dite n'existe plus. Il a certainement été arasé par les occupations postérieures romaines

(phase 30) sur les zones aval du site et par l'occupation médiévale (phase 34) sur la zone amont.

À Onnens-*Beau Site*, cette phase est matérialisée par quelques structures et trouvailles isolées, mais le niveau d'occupation n'existe plus.

Phase 29 Pontet à l'époque romaine

Le tracé romain du ruisseau du Pontet est matérialisé par des alluvions sableuses le plus souvent posées directement sur le terrain naturel.

Cette phase est localisée à Onnens-*Le Motti* au creux du vallon dans la partie nord-est de la zone (fig. 26). Elle est bordée sur sa berge gauche par des fossés qui la longent plus ou moins parallèlement sur une longueur de 35 m. Ces fossés, contemporains de cette phase, sont recouverts par endroits par de fins niveaux sablo-organiques, parfois plus limoneux et argileux, dont l'épaisseur varie de 5 à 20 cm. Ils avaient donc certainement une vocation de drains destinés à limiter les inondations lors des crues. Il s'agit des premières traces d'occupation romaine du secteur.

Phase 30 Empierrement et occupation

Cette phase se situe à Onnens-*Le Motti* sur le lit de l'ancien Pontet (phase 29) qu'elle a perturbé. Elle est représentée par un empierrement grossier, antérieur à un niveau de colluvions (phase 31), que l'on retrouve sur tout le fond du vallon. Constitué de blocs, de galets et de cailloux disposés sans organisation apparente, il est pris dans une matrice sableuse, parfois graveleuse. On observe par endroits dans les sables qui colmatent cet empierrement des litages certainement dus à des débordements du Pontet. Cet aménagement est vraisemblablement lié à l'assainissement de la zone durant l'époque romaine.

On notera que l'horizon romain se poursuit sur tout le versant, matérialisé par un fin niveau à matrice limoneuse brun légèrement graveleux d'une épaisseur maximale de 20 cm. À Onnens-*Le Motti* rive droite, l'horizon romain est localisé à proximité de la berge du Pontet.

Sur le secteur d'Onnens-*La Golette*, le niveau est absent. Dans la zone sud-orientale du site, des structures funéraires romaines sont cependant implantées dans la phase colluvionnée (phase 24) et peuvent être rattachées au même horizon. Elles sont scellées par le niveau anthropisé (phase 32).

Phase 31 Colluvions

À Onnens-*Le Motti*, une couche de colluvions constituée de sables et de limons orangés (oxydés) et contenant quelques rares pierres recouvre, sur la rive gauche, les aménagements de berge romains de la phase 30. Dans la partie aval du versant, les aménagements médiévaux (phase 35) sont implantés sur cette couche. En rive droite, ce niveau colluvionné est matérialisé par un limon fin oxydé, riche en sables calcaires, dont l'épaisseur varie entre 10 et 20 cm.

Phase 32 Niveau anthropisé

Dans la partie amont du site d'Onnens-*La Golette*, un niveau argilo-limoneux gris, compact, contenant de très nombreux galets et graviers, a été mis en évidence au sommet des colluvions de la phase 24. Vers l'aval, il se pose sur le sommet érodé de la moraine (phase 5) pour rencontrer sur le bas du secteur et à Onnens-*Beau Site* d'autres colluvions (phase 19) au nord de l'*esker* (phase 4) et une zone marécageuse (phase 10) au sud de l'*esker* (coupe 2, p. 40-41 et coupe 7, 2, p. 124-125). Le matériel lithique d'origine morainique contient des éléments de provenance aussi bien alpine que locale, mais le pourcentage des éléments calcaires et molassiques est peu élevé. D'une épaisseur moyenne de 10 cm, ce niveau apparemment anthropisé est bien visible dans les relevés stratigraphiques où il apparaît toutefois comme relativement désorganisé. Parfois diffus, cet ensemble comporte des lacunes et des dépressions. Il livre des éléments rubéfiés ou éclatés au feu, des charbons, des céramiques éparses parfois roulées, ainsi que des traces de manganèse et d'oxydation.

Le sommet de cet horizon est marqué par un litage caillouteux situé toujours à la même profondeur par rapport à la surface du sol (environ 40 cm). Il s'agit d'une zone certainement piétinée par l'homme et les animaux, ou alors d'une redistribution plane de ces cailloux due aux labours modernes.

Phase 33 Dépôts d'équidés

À Onnens-*La Golette*, un niveau empierré associé à des dépôts d'équidés et à divers restes osseux (Portmann 2008) peut être rattaché à la période médiévale. Localisé au nord du captage de source (phase 35), cet empierrement pris dans un limon gris graveleux se trouve directement sous la couche de terre végétale (phase 37). Il a été repéré sur une surface de 15 m². Ce niveau est lessivé ; la matrice a disparu et ne contient plus que des graviers et gravillons principalement d'origine alpine, ce qui indique que la zone a certainement dû se trouver à l'air libre durant un certain temps.

Phase 34 Occupation

Les traces liées à l'occupation médiévale d'Onnens-*Le Motti* se localisent principalement sur le haut du versant dans des zones fortement érodées et se retrouvent inscrites directement dans la moraine (phase 5), juste sous l'humus (phase 37). Ces aménagements consistent essentiellement en une série de fosses à chaux aménagées le long d'une voie empierrée qui borde un petit groupe de constructions à caractère vraisemblablement artisanal. Cette voie d'environ 7 m de largeur, dont le tracé a pu être mis en évidence sur une longueur d'environ 45 m, est composée de galets et de boulets (jusqu'à 30 cm) disposés sur plusieurs niveaux (recharges) et pris dans un limon argilo-sableux gris assez peu compact.

Phase 35 Sources

Dans les zones amont du secteur de *La Golette*, un captage de source (fig. 25) se trouve proche de la zone des résurgences (phase 9). Il est aménagé directement sur le terrain naturel (phase 5) et se trouve sous l'humus (phase 37). Il se matérialise par des coulisses constituées de dallettes en calcaire. Entre les coulisses, une sédimentation crayeuse certainement en relation avec les tufs poudreux, ainsi que des dépôts organiques qui marquent la colonisation du secteur par des plantes aquatiques, ont été observés. Il s'agit certainement d'une volonté d'assainir et de capter la source qui fonctionne déjà dès la seconde moitié du Préboréal (chap. 3.3.2, prél. 13 et 262).

Sur le site du *Motti*, un lavoir dont la charpente a livré des éléments de bois datés par dendrochronologie de l'automne/hiver 1842/43 (Orcel, Tercier et Hurni 1997) fonctionne également grâce à un captage de source. Divers systèmes de coulisses et de drains attribuables à la période médiévale ont d'ailleurs été mis au jour dans la partie nord-est du site. Ce bâtiment, encore visible durant les premières années de fouilles, se situe à mi-pente de la zone excavée et oblitère partiellement les fosses à chaux de la phase précédente (phase 34). La présence de craie et de coulisses dans ces deux secteurs indique certainement une forte activité des résurgences.

Phase 36 Pontet jusqu'en 1942-43

Le dernier tracé aérien du Pontet (fig. 26) se suit sur environ 70 m sur le côté jurassien du secteur d'Onnens-*Le Motti*. Son cours sinueux est marqué par un lit d'une largeur de 230 cm et d'une profondeur moyenne de 70 cm. Ses berges, abruptes pour une rivière de faible débit, varient sensiblement sur de très courtes distances. On remarquera une pente plus forte sur sa rive convexe. Son creusement certainement anthropique a fortement perturbé les occupations plus anciennes.

Par endroits, le fond du cours est tapissé de lentilles sablo-limoneuses meubles contenant de rares galets. L'épaisseur de ces lentilles est de 20 cm en moyenne. Il s'agit des seules traces naturelles qui indiquent l'écoulement de l'eau dans ce chenal. Ce dernier fonctionne jusqu'en 1942, date à laquelle il est canalisé et où il sert de dépotoir aux villageois. Son remplissage est hétérogène et a livré des éléments de chaux, des fragments de tuile, des blocs aérés.

Phase 37 Humus

Cet ensemble est composé d'un limon sableux de couleur brun foncé et contient des galets et cailloux. Son épaisseur est généralement de 30 cm. Il peut être séparé en deux couches par un fin niveau lithique. Sur les secteurs amont, plus sensibles à l'érosion, l'humus n'atteint par endroits qu'une dizaine de centimètres.

3.2.4 Les trois milieux sédimentaires

L'étude des modes d'accumulation, d'érosion, ainsi que des processus de comblement de la plaine alluviale décrits ci-dessus a permis de déterminer trois grands milieux sédimentaires principalement délimités par la topographie. Ainsi, sur la rive droite du Pontet, le premier milieu s'étend au pied du versant jurassien et présente une faible pente. Le deuxième milieu s'inscrit sur les pentes plus fortes du *drumlin* d'Onnens, alors que le vallon créé par une dépression naturelle réceptionne les eaux du bassin versant et des sources et favorise la formation de zones humides souvent marécageuses.

Le versant du pied du Jura

Le premier de ces milieux se trouve au pied du versant jurassien, sur la bordure aval d'un énorme cône torrentiel postglaciaire (phase 7) qui s'étend jusqu'au fond de la plaine alluviale et donne au paysage une pente douce et régulière (fig. 29). Ce relief permet une meilleure stabilité du versant. Les dépôts qui recouvrent ce cône sont influencés par cette topographie, qui favorise les mouvements lents de type colluvionnements superficiels provenant du relief jurassien. Ils contiennent plus d'éléments lithiques calcaire que dans d'autres secteurs. Ce terrain est bordé dans sa partie septentrionale par la rivière du Pontet, qui a pu l'éroder à son front.

Le versant occidental du drumlin

Le second milieu comprend toutes les pentes sises sur le côté occidental du *drumlin* d'Onnens, sur la rive gauche du Pontet, et englobe les sites d'Onnens-*Le Motti* et d'Onnens-*La Golette*. La morphologie convexe de cette zone marquée par une forte déclivité favorise les mouvements gravitaires dès le retrait glaciaire. Ces mouvements, principalement engendrés par la topographie, sont accentués par de nombreux facteurs, notamment l'hydrologie, le climat, la nature du sédiment sous-jacent et par l'impact de l'homme sur le milieu.

Les mouvements de pente ont débuté dès le retrait glaciaire et se lisent déjà dans le relief ondulant de la moraine (phase 5) à *La Golette* et à *Beau Site* (coupe 7, p. 124-125). Ces ondulations traduisent une instabilité qui est renforcée par la présence de résurgences (phase 9). Le terrain sans cesse imbibé d'eau favorise les mouvements colluviaux d'axe est-ouest. Le fonctionnement des résurgences a également

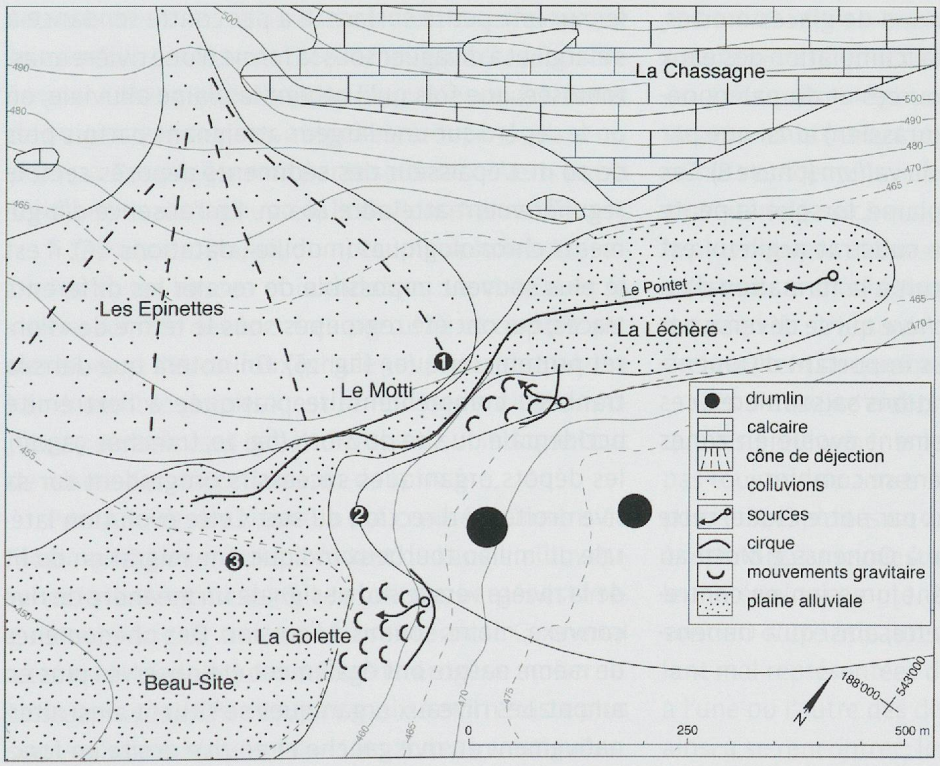


Fig. 29. Localisation des trois milieux sédimentaires définis dans la zone d'étude.

influencé l'érosion superficielle, provoquant des surcreusements locaux. L'empreinte de ce ravinement est encore inscrite dans le paysage sous la forme de deux dépressions circulaires à Onnens-*Le Motti* et à Onnens-*La Golette* (fig. 29). Au *Motti*, on ajoutera la présence de l'*esker*, qui draine certainement les eaux souterraines et météoriques et qui favorise également les mouvements de surface. Sur les parcelles situées à l'aval de cet *esker*, on observe un énorme déplacement de surface provoqué principalement par le dégel du sol : la solifluxion (phase 25). Les terrains situés sur ce versant sont donc plus soumis aux instabilités. Ces mouvements gravitaires érodent principalement les zones amont, dans lesquelles les vestiges retrouvés s'inscrivent directement dans la moraine.

La plaine alluviale

Le troisième milieu (fig. 29) se trouve dans le secteur drainé par le Pontet, soit dans la plaine alluviale qui, dès le retrait des glaciers, a favorisé l'accumulation des eaux sous la forme de plusieurs petits bassins qui se sont comblés au fil des ans.

Les analyses effectuées dans les niveaux de remplissage de ces bassins permettent de retracer l'existence d'un ou de plusieurs lacs qui se forment dès le retrait glaciaire par l'abandon de glaces mortes, puis qui sont alimentés par l'accumulation des eaux météoriques, des eaux de sources et du paléopontet (eaux de bassin versant jurassien) ainsi que par des écoulements de versant du *vallum* (phase 6). Ces eaux sont ralenties dans la plaine, lorsque la pente devient plus faible et où le substrat argileux est imperméable. Elles ont conduit à la formation d'un petit bassin à Onnens-*La Léchère* qui se déverse par la suite dans le paléolac plus important d'Onnens-*Beau Site*. Soumis aux fluctuations saisonnières, ces plans d'eau ont progressivement évolué en zones marécageuses pour finalement se combler.

Dans les secteurs touchés par notre étude, cette plaine alluviale se rencontre à Onnens-*Le Motti* au pied de la colline et du versant jurassien, en contrebas du site d'Onnens-*La Golette*, ainsi qu'à Onnens-*Beau Site*.

3.2.5 Le Pontet

Le Pontet, actuellement canalisé, est un petit cours d'eau à faible débit. Il prend naissance dans le vallon situé sur le flanc nord du *drumlin* d'Onnens à une altitude de 465 m. Il s'agit d'une résurgence de l'aquifère drainé par le cône torrentiel d'*En Vuète*. Il apparaît encore sur la carte Siegfried de 1887 au point (542.800/188.600). Sur sa rive droite, on note deux affluents actuellement canalisés, qui rejoignent son cours principal au lieu-dit *Les Gollies* (541.900/187.240) et le ruisseau de *La Golette* sur sa rive gauche qui le rejoint vers *Beau Site*. Son exutoire est l'Arnon qui se jette dans le lac de Neuchâtel.

Son canal d'écoulement présente une pente douce et parcourt un vallon à fond plat et large, ce qui favorise le ralentissement des eaux de surface. La nature imperméable du terrain naturel sous-jacent conduit encore actuellement à l'inondation du vallon lors des crues.

Les premières alluvions déposées par ce cours d'eau se trouvent toujours posées sur le terrain naturel morainique et sont matérialisées par des sables fins voire des limons, qui indiquent une dynamique stable du courant. Dans la région d'Onnens-*Le Motti*, le chenal est limité au nord par le cône torrentiel des *Épinettes* et au sud par le *drumlin* d'Onnens. À cet endroit, son lit est donc pincé dans un goulet et forcé de s'écouler sur une petite surface. Il a par contre tendance à s'élargir et à divaguer sous la forme d'une rivière anastomosée, une fois qu'il atteint la plaine alluviale, où on le repère sur une largeur atteignant parfois plus de 20 m. L'épaisseur des sédiments déposés semble régulièrement atteindre 40 cm. En l'absence d'arguments chronologiques (mobilier, datations ^{14}C), il est le plus souvent impossible de recaler les différents tracés, qui ont été regroupés sous le terme de « Pontet protohistorique » (fig. 26). On notera que dans la tranchée complémentaire pratiquée à l'extrémité occidentale du site du *Motti* (fig. 10, tranchée 913.17), les dépôts organiques successifs progradent sur sa rive droite en direction du sud. Cette évolution latérale du milieu tourbeux indique une migration du lit de la rivière vers le sud et signale un méandre de rive convexe, moins soumis à l'érosion. Des phénomènes de même nature ont également été observés plus en amont. Les niveaux organiques se situent ainsi alternativement en rive gauche et en rive droite en fonction des méandres de la rivière.

On retrouve successivement des traces du Pontet au Néolithique, à l'âge du Bronze ainsi qu'à l'époque romaine. Il s'agit toujours d'indices ténus, recueillis en bordure des zones fouillées, puisque le chenal n'a pas fait l'objet de véritables investigations. D'après nos observations, les sédiments déposés dans la plaine alluviale sont toutefois constitués de particules fines provenant principalement du remaniement de la moraine, ce qui permet de supposer que l'activité fluviatile du Pontet n'a pas dû subir de grande variation de régime. Cependant des dynamiques plus fortes liées à des crues ont parfois été mises en évidence. C'est généralement lors de ces événements particuliers que, par érosion, du matériel archéologique se trouve piégé dans les dépôts fluviatiles.

Les traces les plus anciennes du Pontet sont des niveaux de sables grossiers meubles, souvent lités, et contiennent un fort pourcentage de matière organique (phase 11). Ils se trouvent confinés dans les secteurs de bas de pente du site d'Onnens-*Le Motti*, principalement sur la rive gauche. Ces dépôts ont livré du mobilier permettant de les situer au Néolithique.

Pour la fin de l'âge du Bronze (HaB), un dépôt de levée naturelle a été observé dans une berge de rive concave et traduit un événement peut-être lié à une inondation de crue, voire une vidange brutale d'une retenue d'eau située en amont. C'est en effet ce que laissent supposer aussi bien l'amplitude du dépôt fortement lité et granoclassé, que la présence de rides et de litages lenticulaires irréguliers (coupe 3, phase 21, p. 50-51). Ces dépôts sont par la suite recouverts par la solifluxion qui a repoussé le lit du Pontet plus à l'ouest.

À l'époque romaine, on note une volonté d'assainir les zones basses et inondables. Le chenal de la rivière semble dès lors très perturbé et comblé par des blocs et des cailloux (phase 30). On remarque que cet ensemble pierreux est rempli de lentilles limoneuses à sableuses par endroits, ce qui indique tout de même des débordements de la rivière.

Par la suite, un chenal a été creusé à Onnens-*Le Motti*, quelques mètres à l'ouest de l'ancien lit naturel de la rivière (phase 36). Le profil des berges est irrégulier et varie de très évasé à subvertical. Ce chenal a été remblayé par un matériel hétérogène moderne. Dès 1942-1943, le Pontet est canalisé et il n'existe plus sous sa forme aérienne dans les zones investiguées.

3.3 Environnement

3.3.1 Introduction

Anne Schopfer Luginbühl

L'histoire environnementale du vallon qui borde le flanc ouest de la colline d'Onnens a été appréhendée de manière globale, en intégrant l'ensemble des données issues non seulement des sites d'Onnens-*Le Motti*, Onnens-*La Golette* et Onnens-*Beau Site*, mais également du site voisin d'Onnens-*La Léchère* (fig. 30). Ce cadre géographique élargi a permis une meilleure compréhension des différents phénomènes qui ont intéressé les secteurs étudiés. Reprenant le principe des études géomorphologiques et sédimentaires, le cadre chronologique de ce volet environnemental englobe l'ensemble des données disponibles et s'étend du dernier maximum glaciaire à la fin du Subatlantique ancien.

Toutes époques confondues, plus de 2300 échantillons ont été prélevés dans les zones investiguées, en vue de divers types d'analyses. Il s'agit essentiellement d'échantillons de sédiment tamisés pour l'étude des macrorestes (1723 échantillons), mais aussi de charbons (334 échantillons), de colonnes destinées à des analyses palynologiques et micromorphologiques (37 colonnes), ou encore de sacs de sédiment « frais » (251 prélèvements). Ces prélèvements ont été effectués selon divers critères : outre un échantillonnage quasi-systématique dans les structures en creux (macrorestes), les niveaux qui semblaient les plus riches en terme de concentration de matériel (couches organiques et carbonatées) ont le plus souvent été privilégiés. Dans d'autres cas, des questions archéologiques – liées à la fonction ou à la datation de structures ou de niveaux – ont motivé le prélèvement de quelques litres de sédiment.

Les travaux d'élaboration ont par la suite révélé que les prélèvements les plus riches ne provenaient pas toujours de zones suffisamment représentatives pour être exploités ou que des prélèvements destinés à répondre à une question précise ne contenaient pas le matériel escompté. Des disparités entre époques sont en outre apparues, certaines périodes se révélant mal représentées dans les échantillons destinés à l'une ou l'autre des disciplines, qui peinent parfois ainsi à se rencontrer ; les données obtenues se juxtaposent alors plus qu'elles ne se complètent (fig. 31).

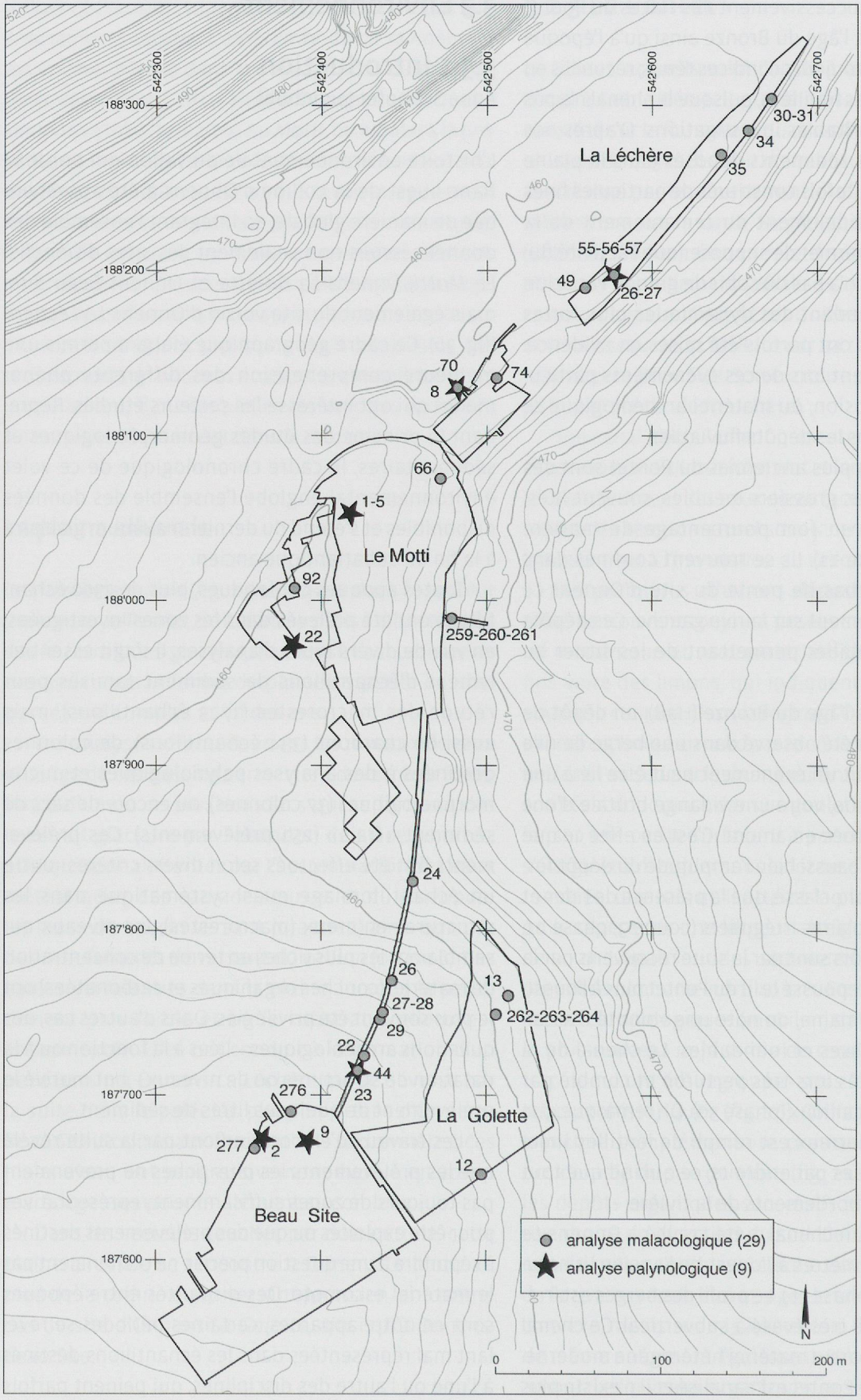


Fig. 30. Localisation des prélèvements de sédiment analysés dans la zone d'étude.

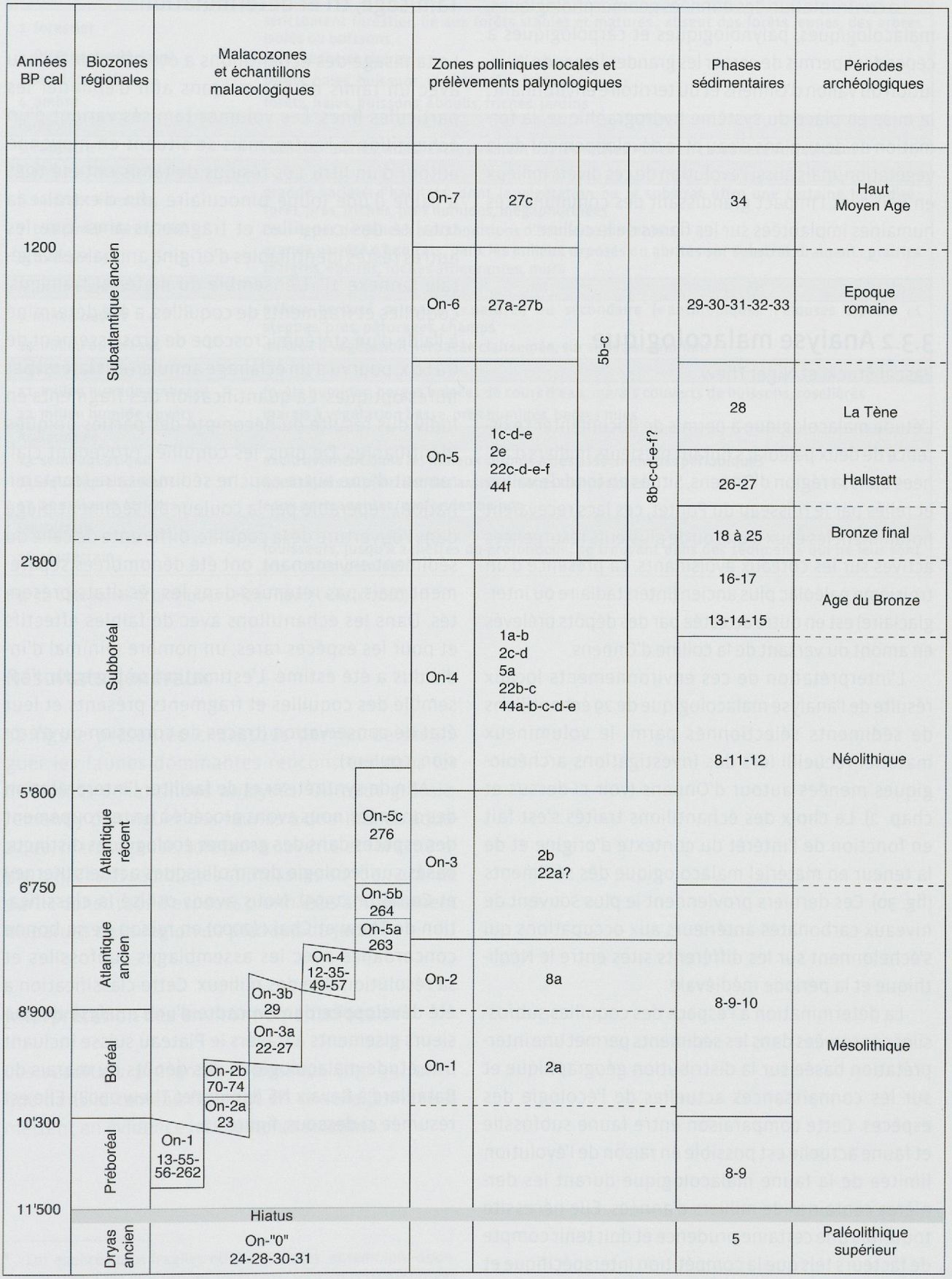


Fig. 31. Tableau récapitulatif des analyses malacologiques et palynologiques associées aux phases sédimentaires.

La confrontation des données géomorphologiques, malacologiques, palynologiques et carpologiques a cependant permis de cerner les grandes lignes de l'évolution du vallon d'Onnens et du territoire environnant: la mise en place du système hydrographique, la formation de deux plans d'eau et le développement de la végétation, mais aussi l'évolution de ces divers milieux en lien avec l'impact grandissant des communautés humaines implantées sur les flancs de la colline.

3.3.2 Analyse malacologique

Pascal Stucki et Nigel Thew

L'étude malacologique a permis de documenter l'existence de deux paléolacs durant plusieurs milliers d'années dans la région d'Onnens. Situés en fond de vallon et reliés par le ruisseau du Pontet, ces lacs recevaient notamment les eaux d'une ou de plusieurs résurgences actives sur les coteaux avoisinants. La présence d'un troisième paléolac plus ancien (interstadiaire ou interglaciaire) est en outre attestée par des dépôts prélevés en amont du versant de la colline d'Onnens.

L'interprétation de ces environnements locaux résulte de l'analyse malacologique de 29 échantillons de sédiments sélectionnés parmi le volumineux matériel recueilli lors des investigations archéologiques menées autour d'Onnens (voir ci-dessus et chap. 2). Le choix des échantillons traités s'est fait en fonction de l'intérêt du contexte d'origine et de la teneur en matériel malacologique des sédiments (fig. 30). Ces derniers proviennent le plus souvent de niveaux carbonatés antérieurs aux occupations qui s'échelonnent sur les différents sites entre le Néolithique et la période médiévale.

La détermination à l'espèce des coquilles subfossiles conservées dans les sédiments permet une interprétation basée sur la distribution géographique et sur les connaissances actuelles de l'écologie des espèces. Cette comparaison entre faune subfossile et faune actuelle est possible en raison de l'évolution limitée de la faune malacologique durant les dernières centaines de milliers d'années. Elle nécessite toutefois une certaine prudence et doit tenir compte de facteurs tels que la compétition interspécifique et la taphonomie (Liniger et Thew 2008).

Tamisage, tri et détermination

Le tamisage des échantillons a été effectué à l'eau avec un tamis de 500 microns afin d'éliminer les particules fines. Les volumes tamisés varient d'un échantillon à l'autre, mais se situent en moyenne autour d'un litre. Les résidus de tamis ont été triés à l'aide d'une loupe binoculaire afin d'extraire la totalité des coquilles et fragments ainsi que les autres restes identifiables d'origine animale et végétale (annexe 1)[7]. L'ensemble du matériel transmis, coquilles et fragments de coquilles, a été déterminé à l'aide d'un stéréomicroscope de grossissement de 6 à 60 x, pourvu d'un éclairage annulaire et latéral par fibres optiques. La quantification des fragments en individus résulte du décompte des parties uniques identifiables. De plus, les coquilles provenant clairement d'une autre couche sédimentaire (contamination), repérable par la couleur du sédiment piégé dans l'ouverture de la coquille, différente de celle du sédiment environnant, ont été dénombrées séparément mais pas retenues dans les résultats présentés. Dans les échantillons avec de faibles effectifs et pour les espèces rares, un nombre minimal d'individus a été estimé. L'estimation se base sur l'ensemble des coquilles et fragments présents et leur état de conservation (traces de corrosion ou d'érosion, couleur).

Afin de synthétiser et de faciliter l'interprétation des données, nous avons procédé à un regroupement des espèces dans des groupes écologiques distincts, basés sur l'écologie des mollusques actuels (Kerney et Cameron 1999). Nous avons utilisé la classification de Thew et Chaix (2000) en raison de sa bonne concordance avec les assemblages subfossiles et sa résolution fine des milieux. Cette classification a été développée dans le cadre d'une analyse de plusieurs gisements à travers le Plateau suisse incluant une étude malacologique des dépôts du marais du Bataillard à Bevaix NE (Liniger et Thew 2008). Elle est résumée ci-dessous, figure 32.

[7] Un premier tri à la loupe a été effectué par C. Blomjous.

Forêt	
1. forestier	strictement forestier, lié aux forêts stables et matures ; absent des forêts jeunes, des arbres isolés ou buissons
2. forêt sèche et claire	forêt sèche et claire
3. semi-forestier	forêts, haies, buissons, régénération forestière
4. ombre	forêts, haies, buissons, éboulis, friches, jardins
Rupestre	
5. rupestre	rochers, falaises, murs. Exclusivement sur les roches riches en carbonates de calcium
Tolérants ou mésophiles	
6. tolérant humide	grande variété d'habitats, dont la végétation ou le substrat offre une certaine humidité : forêt, prés, friches, prés humides, mégaphorbiées
7. tolérant (= mésophile)	tous types de milieux aux conditions d'humidité moyennes
8. tolérant sec	grande variété d'habitats, dans les milieux exposés ou abrités sur substrat drainant : prairies maigres, éboulis, roches affleurantes, murs
Milieux ouverts	
9. milieu ouvert	milieu herbacé primaire (= naturel) ou secondaire (= anthropique). Pelouses alpines et steppes, prés, pâturages, champs
10. milieu ouvert sec	milieux à végétation herbacée clairsemée, sur substrat drainant
Milieux humides	
11. milieu humide ombragé	forêts humides, berges boisées de cours d'eau, marais couverts de buissons, roselières
12. milieu humide ouvert	marais à végétation basse, prés humides, berges nues
Aquatiques	
13. semi-aquatique	exclusivement dans les milieux soumis à des assèchements périodiques
14. aquatique tolérant	aquatiques supportant des assèchements temporaires
15. aquatiques strictes	eaux permanentes, profondes ou non
Souterrain	
16. souterrain	fouisseurs, jusqu'à 2 mètres de profondeur ; se trouvent dans des sédiments qui ne leur sont pas contemporains

Fig. 32. Catégories écologiques selon Thew et Chaix (2000).

Résultats généraux

La figure présentée ci-dessous permet de distinguer les faunes dominantes rencontrées dans les différents échantillons analysés. On peut grossièrement y distinguer des faunes à dominance aquatique, marécageuse, tolérante ouverte et forestière[8] (fig. 33). Ces assemblages subfossiles sont en grande partie constitués d'espèces pionnières actuellement disparues de la région du pied sud du Jura.

Interprétation des environnements locaux

Les résultats présentés ci-dessous (fig. 33) ainsi que dans le tableau figurant en annexe (annexe 1) mettent en évidence les éléments suivants :

[8] Les espèces plus fragiles et plus grandes, notamment abondantes parmi les mollusques forestiers, sont sous-représentées dans les résultats.

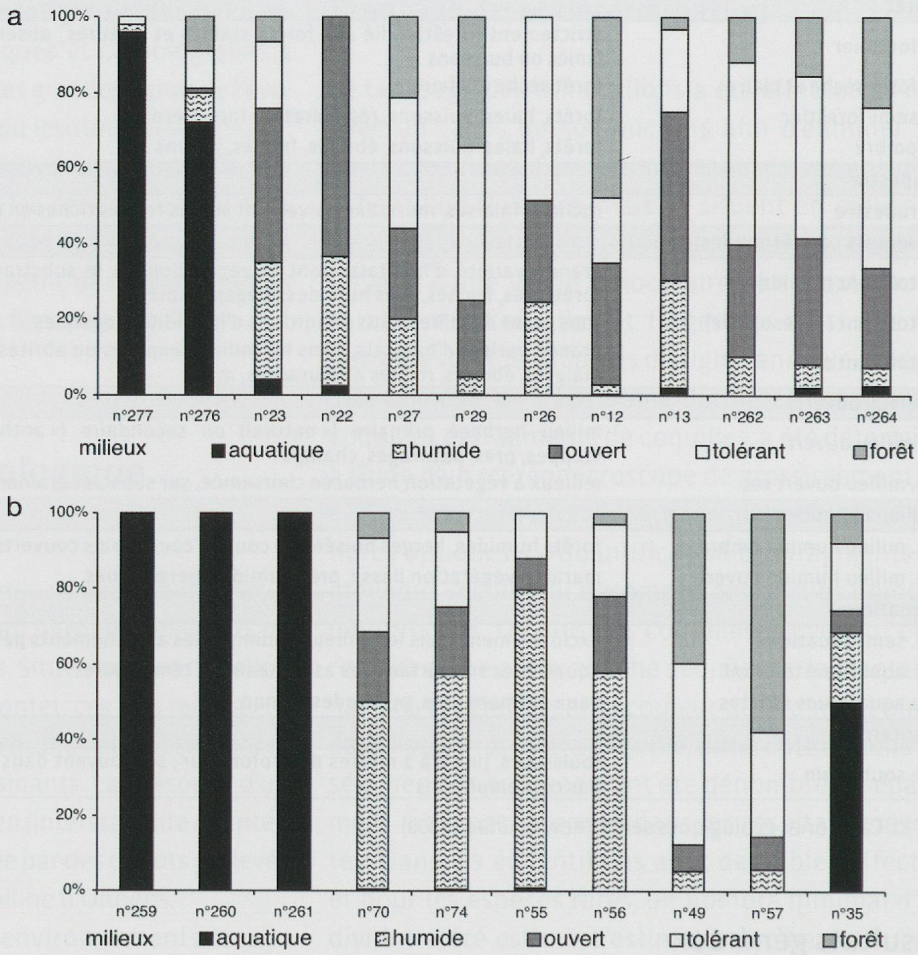


Fig. 33. Pourcentages d'espèces des principales catégories écologiques. Les échantillons stériles ou sub-stériles ne sont pas illustrés. Les échantillons sont regroupés par site (figure 33a: *Beau Site* et *La Golette*; figure 33b: *Le Motti* et *La Léchère*).

1. La présence de plusieurs petits paléolacs matérialisée par des assemblages malacologiques à forte composante d'espèces aquatiques, indicatrices de plans d'eau permanents (familles des *Planorbidae*, *Limnaeidae*, *Valvatidae*, *Sphaeriidae*), à savoir:

- Le paléolac de *Beau Site* (éch. 277, 276) et sa frange de végétation palustre (éch. 23, 22, 29, 27). Ces échantillons font apparaître une première phase comprenant un lac bordé par une frange de végétation palustre basse associée à quelques buissons et arbres isolés (éch. 277, 23). Le niveau d'eau moyen peut être situé entre 453 et 453.5 m. Elle est suivie par une phase marquée par un niveau d'eau légèrement plus haut et une colonisation plus importante de la bordure marécageuse par les arbres (vers 453.5 à 454 m, éch. 22, 27). Le niveau des eaux semble rester stable pour un temps et les arbres continuent à coloniser les marges du lac (éch. 29), avant une baisse du niveau à environ 453 m et une nouvelle colonisation de la bordure lacustre humide par une forêt riveraine (éch. 276).

- Un second lac, de dimensions plus réduites, est situé à *La Léchère* (éch. 35). Il possède une importante frange palustre qui héberge des espèces aquatiques résistantes à des fluctuations périodiques du niveau de l'eau (éch. 55, 56, 49, 57, 70, 74). Les assemblages de mollusques indiquent qu'aux dépôts stériles les plus anciens (éch. 30, 31) succèdent des tufs poudreux («craies») qui se sont accumulés durant une période de relatives basses eaux (niveau moyen inférieur à 459.5 m), alors que la bordure marécageuse du lac était colonisée par une végétation palustre basse, par exemple par des laîches (éch. 55, 56). Par la suite, d'autres «craies» se déposent alors que le niveau des eaux reste encore relativement bas (459 - 459.5 m) et que les premiers arbres commencent à coloniser la zone marécageuse située en bordure du lac (éch. 70, 74). La faune issue des niveaux de «craies» plus organiques, associée à un niveau d'eau légèrement plus bas (< 459 m; éch. 49, 57) témoigne enfin de la formation d'une forêt riveraine clairsemée dans cette zone

humide, avant une montée significative du niveau des eaux aux alentours de 461 m (éch. 35).

- Un paléolac plus ancien a été mis en évidence à l'amont du site d'Onnens-*Le Motti* (secteur *Clos-Dessous*). À cet endroit[9], les craies se situent à une altitude nettement plus élevée que celles du paléolac de *Beau Site*, soit à une altitude pour le niveau moyen comprise entre 464 m (éch. 259), 464.5-465 m (éch. 260) et 465.5-466 m (éch. 261). Bien que l'on ne puisse exclure des interférences dues aux conditions de conservation, la faible diversité des assemblages dans ces prélèvements permet de situer ce lac à une période interstadiaire plutôt qu'interglaciaire[10]. De plus, ces assemblages sont principalement composés d'une accumulation d'opercules de *Bithynia tentaculata*, certainement due à un tri naturel survenu dans une zone de battement des vagues. Ces craies, ainsi que les limons gris sous-jacents, présentaient des déformations synsédimentaires et étaient coupées par des fentes de dessiccation. De telles caractéristiques pourraient indiquer que les couches sont antérieures à la moraine de fond glaciaire et ont été déformées par le permafrost durant le dernier maximum glaciaire (LGM). Cette hypothèse est en accord avec les résultats des analyses polliniques de dépôts provenant d'une série de carottes (ON 17 et ON 18) et qui montrent que le soubassement du village d'Onnens est formé par des dépôts interglaciaires/interstadiaires qui sont antérieurs au LGM (Bezat-Grillet 2008).

2. Des milieux semi-aquatiques non lacustres ont été mis en évidence à *La Golette* (éch. 12, 13, 262, 263, 264) à une altitude comprise entre 456.25 et 459.80 m, par des assemblages contenant des espèces aquatiques que l'on rencontre actuellement notamment dans les eaux courantes et dans les sources. La présence importante de travertins (sédiments composés essentiellement de carbonate de calcium) et de coquilles encroûtées par les concrétions de carbonate de calcium renforce l'idée de la présence d'une ou de plusieurs résurgences au lieu-dit *La Golette*. Ces concrétions se retrouvent mélangées en contrebas à la craie du paléolac de *Beau Site*, à l'embouchure présumée d'un cours d'eau ou d'une importante zone de suintements de pente. La faible quantité de mollusques dans le tuf de l'échantillon 66 semble indiquer une accumulation rapide des travertins, en lien avec un écoulement important, voire un cours d'eau. En présence d'une forte précipitation des carbonates, la formation de terrasses et donc d'un écoulement étalé doit être envisagé. Le faible pourcentage d'espèces forestières dans les couches les plus anciennes de cette zone pourrait être dû à un sol très détrempé peu favorable à l'installation d'une végétation arbustive et arborescente.

3. Dans plusieurs échantillons, des phénomènes de contamination ont été repérés. Ainsi, les quelques coquilles observées dans une moraine de fond altérée et stérile (éch. 24), des sables verts (éch. 28) et un sol enfoui (éch. 92) ont probablement été amenées passivement par le travail des vers de terre anéciques depuis des colluvions sus-jacentes. Dans l'échantillon 24, ces contaminations comprennent notamment le marqueur biostratigraphique *Vallonia excentrica*, typique des zones ouvertes colonisées par une végétation herbacée plutôt basse. Cette espèce est contemporaine de l'une des périodes d'occupation des sites voisins, lorsque la forêt du milieu de l'Holocène a été partiellement déboisée à des fins agricoles.

L'image du paysage fournie par les faunes malacologiques pourrait se résumer comme suit :

- À Onnens, les collines formées par le *drumlin* et le *vallum* morainique déposés par le glacier du Rhône pendant le dernier maximum glaciaire (LGM) font obstacle à l'écoulement naturel des eaux du Jura vers le lac de Neuchâtel. À l'arrière de ces barrages naturels, se sont formés deux plans d'eau distincts identifiés par leurs faunes de mollusques aquatiques. Le paléolac au nord-ouest de *Beau Site* et le petit lac de *La Léchère* reliés par le ruisseau du Pontet, étaient alimentés par des résurgences situées au pied du Jura et sur les flancs nord et ouest du drumlin. Les dépôts de ces deux lacs sont pour la plupart nettement plus anciens que les couches archéologiques fouillées. En

[9] Les craies s'étendent au minimum sur plusieurs dizaines de mètres, mais de façon discontinue dans la stratigraphie (comm. pers. C. Blomjous).

[10] Ces craies pourraient être liées à un lac de grande envergure matérialisé par des dépôts lacustres antéwürmiens que l'on retrouve dans la région de Grandson (Jordi 1995, planche IIIb).

Fig. 34. Noréaz FR/Sources des Romains. 19.04.2007. Résurgences avec présence de « limons tuffeux » dans le lit de la partie haute de la zone de source.

Fig. 35. Noréaz FR/Sources des Romains. 09.06.2007. Clairière naturelle à végétation palustre liée à l'activité des résurgences dans la partie médiane.

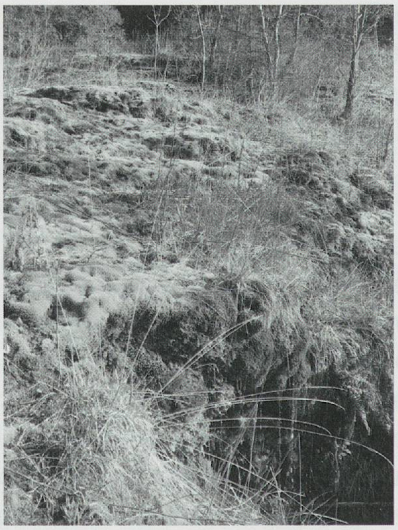


Fig. 36. Noréaz FR/Sources des Romains. 09.06.2007. Zone mixte de tufs durs et de tufs poudreux parsemée de nombreuses gouilles, surfaces défavorables à l'installation d'une végétation arbustive et arborescente mais favorable à l'installation d'une végétation palustre caractéristique.

fait, la plupart des paléolacs étudiés dans l'arc jurassien sont nés suite au retrait des glaciers. L'apparition des premiers dépôts carbonatés dans ces plans d'eau est contemporaine ou suit le réchauffement du début du Bølling, comme observé dans le marais de Rances VD (Gaillard 1984) et le lac du Loclat (Hadorn 1994). Les lacs de *Beau Site* et de *La Léchère* ont probablement continué à exister jusqu'à l'arrivée des populations néolithiques dans la région d'Onnens (voir ci-dessous), et ils étaient certainement présents à l'époque de l'occupation mésolithique documentée plus au nord près du bord nord-ouest du lac de *La Léchère*[11].

- Les « tufs poudreux » et les limons tufeux formés de concrétions calcaires, présents aussi bien sur le site de *La Golette* que sur les marges des lacs de *Beau Site* et de *La Léchère*, attestent la présence d'une zone étendue de résurgences sur les flancs nord et ouest du drumlin. Ces dépôts sont associés à des marais de pente qui présentent de petites vasques successives. En bas de pente, ces écoulements entrent en contact avec les paléolacs, où ils participent à la formation de grandes étendues marécageuses. Les figures 34-36 montrent une zone de résurgence actuelle qui présente ce caractère particulier.

Détermination de l'âge des assemblages malacologiques

La présence de marqueurs biostratigraphiques (espèces indicatrices, fig. 37) permet une répartition des assemblages des échantillons dans plusieurs malacozones (fig. 31). Leur datation est largement basée sur la comparaison avec les séquences de mollusques étudiées au marais du Bataillard NE (Liniger et Thew 2008) et celle de l'Abri de la Cure à Baulmes VD, ainsi qu'avec les nouvelles identifications des mollusques de Bavois VD En Raillon (Chaix 1984)[12].

[11] Notamment à Onnens-*Praz Berthoud*, fig. 7.

[12] Les données de ces deux derniers sites sont encore inédites.

Malacozone On-«0»

Outre les dépôts de moraine de fond ou de moraine altérée datant du dernier maximum glaciaire (éch. 30 et 24), des couches stériles constitués de sables verts carbonatés (éch. 28, 31) pourraient remonter au Dryas ancien.

Malacozone On-1

(correspondant à la malacozone Bat-5b)

Les assemblages sont caractérisés par une dominance ou par une forte présence d'espèces boréo-alpines (*Columella columella, Vertigo genesii, Vertigo geyeri, Discus ruderatus* et *Nesovitrea petronella*) actuellement quasi disparues du Plateau suisse et du Jura, ainsi que par la présence d'espèces apparues depuis le début de l'Holocène (*Discus rotundatus, Carychium tridentatum*). On y observe en revanche l'absence d'espèces apparues plus tardivement vers la fin du Préboréal (*Aegopinella pura, Helicodonta obvoluta*). Ces ensembles peuvent donc être situés dans la seconde moitié du Préboréal et sont liés à une couverture forestière faible et clairsemée. Ils sont liés à des milieux marécageux, ouverts, souvent associés à Onnens à des «tufs poudreux», qui semblent s'être formés en bordure du paléolac de *La Léchère* ou des limons tufeux qui se sont accumulés dans les marais de pente de *La Golette*. Ces derniers laissent supposer la présence d'une zone de résurgences. Réparties à flanc de coteau, elles forment des vasques successives favorisées par la formation de tuf. Les espèces aquatiques des sources colonisent les gouilles contenant des limons tufeux tandis que la végétation palustre environnante héberge une communauté d'espèces caractéristiques des marais. La faible proportion d'espèces forestières dans ces deux milieux indique probablement la présence d'un sol très détrempé, défavorable à l'installation d'une végétation ligneuse. Les échantillons concernés (55, 56, 13 et 262) comprennent quelques fragments de coquilles provenant de la couche sus-jacente amenés par des vers de terre.

Malacozone On-2

(correspondant à la malacozone Bat-6a)

Ces assemblages, similaires aux précédents, contiennent plus de mollusques liés à une végétation forestière (*Aegopinella pura, Helicodonta obvoluta, Isognomostoma isognomostomos* et *Macrogastra lineolata*), indiquant qu'ils sont légèrement plus récents, soit juste avant la fin du Préboréal ou le début du Boréal. Ils proviennent aussi bien des tufs poudreux (70, 74), que des craies tufeuses (23) déposés sur la bordure des deux paléolacs. L'assemblage de l'échantillon 26 constitue une réduction de plusieurs couches et présente donc la faune la plus mélangée de ce secteur, couvrant une période allant de la fin du Préboréal à l'Atlantique ancien. Les échantillons concernés (23, 70 et 74) contiennent de rares fragments de coquilles déplacés par les vers de terre depuis la couche sus-jacente.

L'assemblage franchement lacustre de l'échantillon 277, représentant le paléolac de *Beau Site*, pourrait être associé à la première ou à la deuxième malacozone. La présence des espèces aquatiques pionnières *Gyraulus laevis* et *Pisidium lilljeborgii*, accompagnées d'une forme ressemblant à *Pisdium obtusale* var. *lapponicum*, ainsi que l'absence de mollusques terrestres forestiers entraînés depuis la berge par le battement des vagues, étaie cette hypothèse.

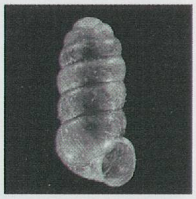
Malacozone On-3

(correspondant à la malacozone Bat-6a/6b)

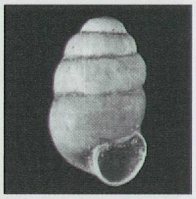
Les assemblages sont marqués par un accroissement et une diversification des espèces forestières (*Helicigona lapicida* and *Sphyradium doliolum*). Les échantillons 22 et 27 (malacozone On-3a, correspondant à la malcozone Bat-6a), peuvent vraisemblablement être attribués au Boréal, tandis que l'échantillon 29 semble être plus récent (malacozone On-3b; correspondant à la malacozone Bat-6b) et peut probablement être daté du Boréal ou peut-être du début de l'Atlantique ancien[13]. Ces trois assemblages proviennent des craies tufeuses ou des tufs poudreux accumulés en bordure du paléolac de *Beau Site*. L'augmentation de la fréquence et de la diversité des espèces forestières dans ces échantillons semble indiquer que ce n'est que durant le Boréal que la forêt à feuilles caduques commence à envahir les zones marécageuses ouvertes. Ces assemblages sont contaminés par quelques coquilles qui proviennent de la couche sus-jacente.

[13] Deux prélèvements polliniques (prél. 44a et 44b) pris dans la partie supérieure de la même couche que l'échantillon 29, mais à 15 m de distance, et qui donnent des spectres dominés par *Alnus*, viennent d'une couche carbonatée plus récente.

Columella columella
Espèce à répartition artico-alpine. Présence à Bataillard entre le Dryas ancien et le Boréal. Disparition documentée à la fin du Boréal.

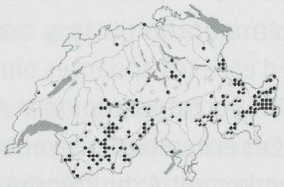


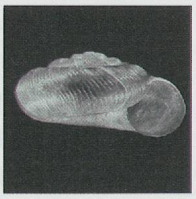
Vertigo genesii
Espèce à répartition boréo-alpine. Présence à Bataillard entre le Dryas ancien et le Boréal. Disparition documentée durant la première moitié de l'Atlantique ancien.



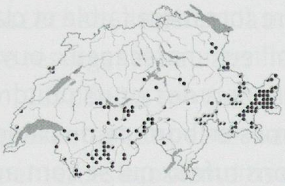
Vertigo geyeri
Espèce à répartition boréo-alpine. Présence à Bataillard entre le Dryas ancien et le Boréal. Disparition documentée durant la première moitié de l'Atlantique ancien.

Discus ruderatus
Espèce à répartition boréo-alpine. Présence à Bataillard entre le Dryas ancien et le Boréal. Disparition documentée durant la première moitié de l'Atlantique ancien.





Nesovitrea petronella
Espèce à répartition boréo-alpine. Présente à Bataillard entre le Bölling et le Boréal. Disparition documentée au début de l'Atlantique ancien.



Monachoides incarnatus
Espèce à répartition centre européenne. Apparition à Bataillard durant l'Atlantique récent.

Vallonia excentrica
Espèce à répartition holarctique. Apparition à Bataillard durant le Subboréal. Espèce favorisée par l'augmentation de l'impact humain sur le paysage (défrichement, labours).

Cochlostoma septemspirale
Espèce à répartition sud-européenne et jurassienne. Apparition à Bataillard durant la période de la Tène, hors marais durant l'Atlantique.

Aegopinella nitens
Espèce à répartition alpine et médio-européenne. Apparition à Bataillard durant le Boréal.

Discus rotundatus
Espèce d'Europe centrale et occidentale. Apparition à Bataillard à la fin du Préboréal.

Fig. 37. Principales espèces indicatrices (marqueurs biostratigraphiques) rencontrées dans les échantillons analysés.

Illustrations et cartes, Turner *et al.* 1998. Fauna helvetica 2. Mollusca Atlas. © CSCF, Neuchâtel.

Malacozone On-4
(correspondant à la malacozone Bat-6b/7)
Les assemblages sont caractérisés par la présence de nouvelles espèces forestières (*Acicula lineata*, *Macrosgastra ventricosa* et *Trichia edentula*), ainsi que par une augmentation des mollusques forestiers aux dépens des mollusques de milieux ouverts et des espèces des marais. On observe également le déclin d'espèces pionnières (*Nesovitrea petronella*, *Columella columella*, *Vertigo genesii* et *Vertigo geyeri*). Ceci indique l'expansion d'une forêt de feuillus humide dans une zone précédemment occupée par un marais. Cette malacozone peut être datée de la fin du Boréal ou plus probablement du début de l'Atlantique ancien. Ces assemblages sont associés aux limons tufeux du marais de pente (éch. 12) de *La Golette* ou aux tufs poudreux situés en marge du paléolac de *La Léchère* (éch. 49, 57). L'assemblage franchement lacustre de l'échantillon 35, pris dans un limon argileux au bord de ce dernier, comprenant des espèces tolérantes à des fluctuations saisonnières du niveau de l'eau, appartient probablement à cette malacozone.

Malacozone On-5
(correspondant aux malacozones Bat-7, Bat-7/8a et 8a/8b)
Les assemblages sont marqués par l'arrivée de nouvelles espèces forestières (*Cochlostoma septempirale* et *Monachoides incarnatus*) et par la disparition d'espèces boréo-alpines pionnières (*Columella columella* et *Vertigo genesii*), ainsi que par le déclin de *Discus ruderatus*. La première partie de cette malacozone, On-5a et On-5b, date de l'Atlantique ancien, alors que la fin, On-5c, qui voit la possible disparition de *Discus ruderatus*, date de l'Atlantique ancien ou récent, ou peut-être du début du Subboréal. Deux assemblages sont associés aux limons tufeux d'un marais de pente (éch. 263, 264) et sont typiques d'une forêt de feuillus humide dans une zone alimentée par de l'eau de source. Le premier échantillon est légèrement plus ancien (malacozone On-5a, correspondant à Bat-7), alors que le second comprend l'espèce nouvellement arrivée *Monachoides incarnatus* (malacozone On-5b, correspondant à Bat-7/8a). L'assemblage aquatique de l'échantillon 276 appartient à la fin de cette malacozone (On-5c, correspondant à Bat-8a/8b, ou peut-être Bat-8b/9a), et provient d'une couche où s'alternent niveaux crayeux et dépôts organiques, en bordure du paléolac de *Beau Site*.

Conclusion

Durant la deuxième moitié du Préboréal et le début du Boréal, les zones marécageuses situées aussi bien sur les pentes de *La Golette* qu'au bord des paléolacs de *Beau Site* et de *La Léchère* constituent des surfaces largement ouvertes avec des plantes palustres plutôt basses, malgré la présence d'une forêt ouverte dans les zones les mieux drainées. Entre la fin du Boréal et l'Atlantique ancien, la forêt humide a colonisé progressivement tous les secteurs, bien que ce processus soit ralenti dans les zones où les sols sont gorgés d'eau. Ainsi, le site de *La Golette* a gardé ce caractère ouvert plus longtemps que les endroits mieux drainés alentour.

Cette augmentation du couvert forestier est également liée à l'évolution des plans d'eau, dont la taille diminue progressivement au profit des étendues marécageuses. Clairement présents durant le Mésolithique, les lacs de *Beau Site* et de *La Léchère* ont certainement continué à exister jusqu'à l'arrivée des paysans néolithiques, ne constituant probablement plus que de petits étangs au début de l'âge du Bronze (chap. 3.4).

3.3.3 Analyse palynologique

Evelyne Bezat

Introduction

La palynologie, soit l'étude des pollens et des spores produits par les plantes, permet de définir la flore croissant aux abords immédiats d'un site, mais aussi, dans de bonnes conditions, de caractériser la végétation située dans un voisinage plus ou moins lointain : collines environnantes et, dans le cas d'Onnens, pied sud du Jura.

Cette détermination est rendue possible par trois traits spécifiques propres aux grains de pollen :

1. La très grande résistance de leur enveloppe – l'exine ; elle autorise une conservation de longue durée dans les sédiments.

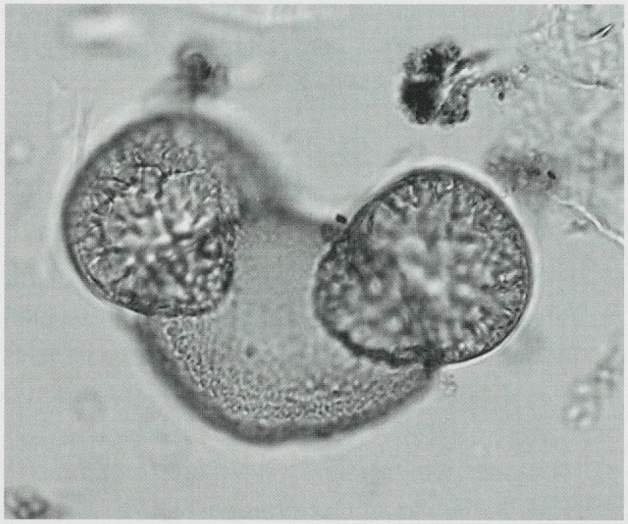


Fig. 38. Pollen de pin. Les deux ballonnets sont bien visibles de part et d'autre du corps central.

2. La grande variabilité de leurs formes et ornementations; elle permet leur détermination botanique au niveau de la Famille, du Genre, voire de l'Espèce.
3. Enfin, l'abondance des grains libérés dans l'atmosphère, lors de la pollinisation des végétaux au printemps et en été; elle offre la base mathématique nécessaire à une étude éminemment statistique.

La nature de l'enregistrement pollinique recueilli peut varier en fonction du type de dépôt. Les prélèvements issus d'un grand lac, dont le bassin versant draine une vaste région, diffèreront à coup sûr de ceux provenant d'une tourbière encaissée, où l'empreinte de la végétation locale joue un rôle déterminant. Autres exemples liés aux végétaux eux-mêmes: les pollens à ballonnets (pins, épicéas, sapins, fig. 38), qui flottent bien sur l'eau et ont tendance à s'accumuler en bordure d'un bassin, pourront localement être surreprésentés sur les berges d'un lac (Ammann 1975 et 1989) ou encore l'aulnaie développée en bordure d'un marais masquera localement la végétation alentours.

Le milieu dans lequel se déposent les pollens joue enfin un rôle déterminant sur leur conservation: les lacs, tourbières et autres zones humides offrent des conditions optimales, alors que les sables ou les sols caillouteux ne sont guère favorables à la conservation des grains. La porosité du substrat, le pH et l'hygrométrie, comptent parmi les paramètres fondamentaux régissant la préservation des pollens. Dans un site terrestre, les fluctuations de la nappe phréatique constituent également un facteur important, car elles influencent l'évolution des sols. Tour à tour, gorgés d'eau ou exondés, les terrains réagissent à cette dynamique hydrique. Par exemple, le fer contenu dans les sédiments sera alternativement réduit dans un sol saturé en eau et pauvre en oxygène, alors qu'il sera oxydé dans un sol asséché. Dans le premier cas, la dégradation de la matière organique sera ralentie; les pollens seront alors conservés. Dans le second cas, les conditions oxydantes du milieu conduiront à la corrosion, voire à la destruction totale des grains.

Le milieu, les conditions édaphiques et climatiques locales, l'altitude, voilà autant de facteurs influençant la production pollinique, mais aussi la nature de l'enregistrement dont les sédiments sont les dépositaires. Sur un fond commun propre à l'âge, des divergences apparaissent. Tout l'art du palynologue est là: arriver à interpréter les données, offrir une représentation aussi proche que possible de ce que furent les milieux passés, les terroirs dans lesquels s'implantèrent les communautés humaines qui, dans le cas présent, façonnèrent le site d'Onnens.

Milieu et conservation des pollens

La région d'Onnens a subi bien des avanies. Les variations probables du plan d'eau initial, les fluctuations de la nappe phréatique, tout comme les drainages plus ou moins récents qui ont contribué à assécher les terrains actuels, ont influencé les concentrations polliniques et la conservation des grains. La dépression longiligne, sur les bords de laquelle se rencontrent les différents vestiges, est actuellement complètement drainée. À ce facteur négatif pour la conservation des pollens s'ajoutent l'influence de la topographie et celle de la rivière locale, le Pontet. La localisation périphérique des divers prélèvements, situés sur les bords, voire sur les pentes de l'ancienne dépression lacustre, s'accompagne de colluvionnements formant des couches graveleuses. De même, çà et là, des dépôts granoclassés témoignent des débordements occasionnels de la rivière.

De ces constatations et de l'analyse fine des prélèvements, il résulte que les dépôts organiques qui

nous occupent ne sont souvent pas – ou plus – des tourbes à proprement parler. Dans bien des cas, nous avons affaire à des horizons humifères, plus ou moins argileux ou limoneux, dont la matière organique a été préservée. Le site d'Onnens est ainsi, d'un point de vue pollinique, un site terrestre et à cet égard il est grevé d'un handicap certain, quand bien même il offre, comme nous le verrons, une gamme de taxons remarquablement bien diversifiée et des concentrations polliniques relativement bonnes.

Échantillonnage et matériel recueilli

Depuis 1995, de nombreux prélèvements polliniques ont été pratiqués par les archéologues, à la faveur de la problématique historique, des contextes sédimentologiques favorables, mais également de l'emprise admissible du site. Ainsi, bien qu'il eût été intéressant de sonder les zones basses du paléolac de *Beau Site*, les investigations palynologiques ont porté essentiellement sur les bords de cet ancien plan d'eau. Les sédiments tourbeux découverts lors des fouilles des secteurs de *Beau Site*, de *La Golette* et du *Motti* ont ainsi été préférentiellement analysés. À ces trois espaces, se sont ajoutés des prélèvements issus de contextes sédimentologiques favorables ou chronologiquement intéressants, telle une fosse découverte à Onnens-*La Léchère* (fig. 30, prél. n° 27).

Lorsque les profils stratigraphiques dégagés se prêtaient bien à un échantillonnage régulier, on a planté directement dans le terrain des gouttières en aluminium de 40 cm de long qui ont ensuite été extraites de la coupe et emballées méticuleusement, afin d'en préserver l'humidité. Ce procédé a permis de stocker les sédiments en vue d'un échantillonnage ultérieur en laboratoire. Les échantillons ponctuels ont quant à eux subi un conditionnement similaire.

Au total 39 prélèvements issus de neuf colonnes sédimentaires ont été soumis à une analyse pollinique (voir ci-dessus fig. 30)[14]. De ce panel, on a pu retirer sept colonnes stratigraphiques qui ont permis d'établir des diagrammes polliniques relatifs (annexe 2).

Traitements chimiques

Le contexte « terrestre » a directement influencé le traitement des sédiments. À part la colonne 22, particulièrement favorable, dont les prélèvements de 3 cm^3 ont subi une technique de laboratoire maintenant classique, utilisant HCl, HF et une acétolyse (Faegri et Iversen 1989), les autres prélèvements ont nécessité l'emploi d'une méthode physico-chimique longue et complexe, impliquant un enrichissement par liqueur lourde (méthode de Frenzel adaptée par Bastin, Bastin 1971). Cette dernière procédure a permis de traiter des quantités de sédiments plus importantes (30-40 g) accroissant ainsi l'opportunité de trouver des pollens.

Résultats

Compte tenu des contraintes imposées par le milieu, l'enregistrement pollinique est relativement bon. Quelques rares prélèvements se sont révélés stériles (dans les prél. 9 et 26) et certains niveaux semblent avoir souffert de corrosion réduisant ainsi le nombre et la qualité des pollens observés (prél. 44, 8), mais dans l'ensemble, la teneur et la diversité pollinique sont bonnes.

Lorsque nous disposions d'un profil stratigraphique et de plus de trois prélèvements consécutifs, nous avons exprimé les résultats de manière classique sous forme de diagrammes polliniques relatifs (annexe 2), tracés au moyen du programme « Tilia ». Les fréquences relatives des différents taxons sont exprimées en pourcentages calculés sur la base de la somme pollinique totale. Cette dernière comprend l'ensemble des pollens comptés, y compris les Cypéracées, mais n'englobe pas les spores de Ptéridophytes. Les valeurs calculées sont ensuite reportées sur le diagramme en fonction de la profondeur relative des prélèvements.

Dans le cas de prélèvements isolés, nous avons choisi une représentation graphique sous forme d'histogrammes dont la répartition a été établie afin de caractériser autant que possible le milieu.

[14] Les échantillons prélevés dans chaque gouttière sont classés par ordre alphabétique depuis la base de la colonne. La colonne 2 comprend ainsi les prélèvements 2a, 2b, 2c, etc.

Zones polliniques locales

Les zones polliniques locales (ZPL) forment des unités biostratigraphiques qui se différencient par leur contenu qualitatif et quantitatif (Cushing 1967; Hedberg 1972). Les critères de distinction se basent sur des valeurs de pourcentages relatifs. Autant que possible, nous avons joint à ces informations les valeurs des concentrations polliniques établies selon la méthode de Stockmarr (Stockmarr 1971) et exprimées en nombre de grains par cm³ ou par gramme. Toutefois, entre ces deux référentiels (unités de volume et de masse), les comparaisons restent difficiles; les concentrations polliniques exprimées ici ont donc essentiellement une vocation indicative.

Nous ne bénéficions hélas pas d'une colonne unique qui permette d'établir un diagramme pollinique complet recouvrant l'ensemble des biozones. Bien au contraire, nous n'avons à notre disposition que des fragments de séquences dont les corrélations sont parfois hasardeuses. Leur contenu permet néanmoins de distinguer sept palynozones que nous pouvons décrire ainsi (fig. 39):

ZPL 1: Zone à Corylus et Chênaie mixte (On-1)
Présente uniquement dans la région de *Beau site* et en particulier dans le prélèvement 2a, cette zone révèle un environnement dominé par les noisetiers (*Corylus* 35.4 %) et la chênaie mixte (22.1 %). Cette dernière est composée d'ormes (*Ulmus* 2.5 %), de quelques érables (*Acer* 0.4 %), mais surtout de tilleuls (*Tillia* 17.1 %), accompagnés d'un peu de lierre (*Hedera helix* 1.1 %). Les pins atteignent des proportions intéressantes (*Pinus* 13.6 %), alors que les aulnes ne sont guère présents (*Alnus* 7.9 %).

Cette zone pollinique est située à la base du premier niveau de limons organiques caractérisant la colonne 2. Le caractère aquatique du milieu est souligné par une très forte proportion de lentilles d'eau (*Lemna* 6.4 %), plantes vivaces appréciant les eaux tranquilles.

La concentration de pollens s'élève à 23'700 grains/g.

ZPL 2: Zone à Chênaie mixte et Corylus (On-2)
Cette zone est documentée par le seul prélèvement 8a, situé au nord du vallon, à l'extrémité du site d'Onnens-*Le Motti* (fig. 30).

Les noisetiers (*Corylus* 14.9 %) sont ici subordonnés à la chênaie mixte (37.3 %). Cette dernière contient maintenant des frênes (*Fraxinus* 1.7 %) et encore plus de tilleuls (*Tillia* 29.9 %). Les pins présentent toujours des proportions notables (*Pinus* 16.4 %) et les aulnes s'étendent (*Alnus* 15.0 %). Le gui (*Viscum* 1.5 %) fait son apparition. Les herbacées sont quasiment absentes de ce paysage essentiellement dominé par les arbres.

La concentration de pollens s'élève à 75'000 grains/g.

ZPL 3: Zone à Alnus et Chênaie mixte (On-3)
Cette zone presque impalpable est perceptible essentiellement dans la colonne 2 (*Beau Site*) et peut-être à la base de la colonne 22 (*Le Motti*).

Elle est principalement caractérisée par l'accroissement des aulnes qui passent de 7.9 % à 32.2 % (prél. 2b). L'expansion des spores de fougères (*Monolètes* 136.1 % en 2b) pourrait également être associée aux débuts de cette période. La chênaie mixte ne cesse de régresser tout comme les noisetiers et les pins.

Dans les dépôts argileux de la colonne 2, la concentration de pollens est de l'ordre de 1'000 grains/g. Dans les tourbes de la colonne 22 elles atteignent par contre 74'800 grains/cm³.

ZPL 4: Zone à Alnus, Abies et Picea (On-4)
Cette phase est présente dans toutes les colonnes hormis le profil 27. Elle se marque par des proportions très importantes d'aulnes (50 % < *Alnus* < 60 %) qui masquent malheureusement la végétation alentours. La chênaie mixte se fait très discrète et les tilleuls disparaissent localement des prélèvements. Les conifères, en particulier les sapins blancs (*Abies*) et les épicéas (*Picea*), progressent bien que leurs proportions restent modestes et atteignent au mieux respectivement 3.4 % (prél. 5a) et 2.3 % (prél. 1b). Les hêtres font çà et là une apparition discrète (*Fagus* 0.4 %).

Dans la colonne 2 (*Beau Site*), les plantes purement aquatiques (*Lemna*, *Potamogeton*) tendent à disparaître au profit des cypéracées et des graminées qui, accompagnées des aulnes, forment sans doute

Années BP cal	Biozones régionales	Zones polliniques régionales: Le Loclat (Hadorn 1994)		Le Bataillard, (Schoellammer 2008).			ONNENS Zones poll. locales	Zones polliniques	Limites	Végétation	Périodes archéologiques
1200	Subatlantique ancien	Loc-14	Zone à Fagus, Alnus et Betula		35-15	Bat-11	On-7	Zone à Alnus et Corylus	Chute des herbacées indicatrices de culture ↗ de Corylus et d'Alnus	Reforestation partielle des terrains anciennement exploités.	Haut Moyen Age
		Loc-13	Zone à Quercus, Juglans et NAP				On-6	Zone à Corylus, Sambucus nigra et Polygonum aviculare	Forte montée des plantes anthropiques	Poursuite du déboisement et quasi disparition des aulnaies. Les arbres de rapport favorisés sont en augmentation. Accroissement des plantes cultivées et de leurs compagnes. Apparition des châtaigniers.	Epoque romaine
		Loc-12	Zone à Quercus, Carpinus et NAP		35-14		On-5	Zone à Gramineae et Plantago lanceolata		Diminution marquée du couvert forestier et des aulnaies. Accroissement des plantes anthropiques. Les herbacées liées aux prairies et aux pâturages se développent. Propagation du plantain lancéolé. Apparition du charme.	La Tène Hallstatt
2'800	Subboréal	Loc-11	Zone à Fagus, Abies et Betula		35-13	Bat-10	On-4	Zone à Alnus, Abies et Picea	Déboisement et disparition des aulnaies	L'atterrissement du lac se poursuit. Les aulnaies embroussaillent les dernières zones marécageuses et les berges de la rivière. Les plantes aquatiques disparaissent des zones basses. Les graminées et les cypéracées gagnent du terrain. Dans ces prés humides la renouée bistorte se développe. En altitude les sapins progressent, alors qu'en plaine on assiste à la disparition des tilleuls. Les premières céréales apparaissent à la fin de la période.	Bronze final Age du Bronze Néolithique
5'800	Atlantique récent	Loc-10	Zone à Quercus, Fagus et Corylus	19-12	35-12	Bat-9	On-3	Zone à Alnus et Chênaie mixte	Augmentation des sapins	Les forêts de feuillus contenant encore des tilleuls prospèrent toujours sur les terrains avoisinants et sur la colline d'Onnens. Des aulnaies commencent à se développer dans les régions basses, sur les bords des paléolacs et le long des berges marécageuses de la rivière.	
6'750	Atlantique ancien	Loc-9	Zone à Chênaie mixte et Alnus		35-11	Bat-8			Extension de l'aulne		
		Loc-8	Zone à Chênaie mixte et Corylus		35-10		On-2	Zone à Chênaie mixte et à Corylus	Les noisetiers régressent au profit des tilleuls	Forêts de feuillus constituées principalement de tilleuls, accompagnés de chênes et de frênes. Noisetiers dans les sous-bois. Présence de gui.	
8'900	Boréal	Loc-7	Zone à Corylus et Chênaie mixte	19-11		Bat-7	On-1	Zone à Corylus et Chênaie mixte		Forêts de feuillus (noisetiers, tilleuls et ormes) parsemées encore çà et là de pins. Le lierre colonise les futaies et quelques érables sont déjà présents. Sur les sols caillouteux des versants sud du Jura, les pins accompagnés de genévriers, forment sans doute des groupements clairs. Première apparition de l'aulne dans les sols marécageux.	Mésolithique

Fig. 39. Tableau synthétique de l'évolution de la végétation d'Onnens au regard des zones polliniques locales et régionales.

une ceinture autour du plan d'eau en voie d'atterrissement. Dans ces prés humides, peut-être témoins d'une première activité pastorale, la renouée bistorte se développe (*Polygonum bistorta* 2.6 % en 2c). La fin de cette période voit l'apparition des premières céréales (*Cerealia* 0.6 % en 1b).

Les concentrations polliniques sont comprises entre 1'000/4'500 grains/g. (horizons non corrodés de la colonne 44) et atteignent une moyenne de 42'400 grains/cm³ (horizons tourbeux de la colonne 22).

ZPL 5 : Zone à Gramineae et Plantago lanceolata (On-5)

Cette zone se retrouve probablement dans toutes les colonnes[15], à l'exception du profil 27. On y observe une rapide diminution des aulnes qui tombent à moins de 20 %. Globalement, les arbres et les arbustes (AP) chutent ainsi à près de 40 % des pollens, mais le charme (*Carpinus*) semble apparaître à ce moment. En contrepartie, on observe un accroissement et surtout une diversification très nette des herbacées (NAP). Les plantes anthropiques progressent (*Papaver rhœas, Polygonum aviculare, Polygonum convolvulus T., Brassicaceae, Fabaceae, ...*). On note un accroissement certain des plantes liées aux prairies et aux pâturages : *Centaurea jacea, Plantago lanceolata, Primula.*

Les concentrations polliniques varient en fonction du substrat : dans les tourbes du profil 22 elles atteignent une moyenne de 37'800 grains/cm³ et dans la colonne 1 une moyenne de 4'000 grains/g.

ZPL 6 : Zone à Corylus, Sambucus nigra et Polygonum aviculare (On-6)

Seules les colonnes 5 et 27 en font état.

Les pourcentages des arbres forestiers sont bas, mais ceux des arbres de rapport et des arbustes compagnons de l'homme augmentent, en particulier les noisetiers (*Corylus* 17.6 % dans le prél. 5c), les grands sureaux (*Sambucus nigra* 5.9 %, prél. 27b), les cornouillers (*Cornus*) et les fusains (*Evonymus*). Les adventices des cultures progressent, surtout *Polygonum aviculare* (13.9 % au sommet de la colonne 5, en 5c).

Les concentrations polliniques sont de l'ordre de 4'500 grains/g.

ZPL 7 : Zone à Alnus et Corylus (On-7)

Cette zone ne se retrouve que dans la colonne 27 (*La Léchère*). On observe une reprise nette des aulnes qui atteignent 45.6 % (27c). Les noisetiers continuent de progresser (*Corylus* 20 % en 27c).

La concentration pollinique s'élève à plus de 3'000 grains/g.

Zones polliniques régionales et datations

Directement influencée par les conditions climatiques et anthropiques, la couverture végétale forme des associations dont les traces polliniques constituent les zones polliniques locales. Ces unités, comparées et corrélées à grande échelle, permettent de dresser des biozones, plus ou moins exactement délimitées dans le temps en fonction des datations radiométriques à disposition. Sur le Plateau suisse, les travaux consacrés à l'étude de l'environnement tardiglaciaire et Holocène sont nombreux (par exemple Gaillard 1984 ; Lang 1985 ; Lotter 1988 ; Ammann 1989 ; Wick 2000). De très nombreuses analyses portent également sur les prélèvements littoraux des lacs de Neuchâtel et de Bienne (Liese-Kleiber 1976, 1977, 1982, 1985, 1989 et 1993 ; Rachoud-Schneider 1997) et quelques études traitent d'anciens marais aujourd'hui comblés du littoral neuchâtelois (Hadorn 1994 ; Schoellammer 2008). On le voit, nombre d'éléments sont déjà connus qui serviront de référence en vue du cadrage chronologique et des comparaisons de cette étude (fig. 39).

Nous avons tenté de corréler les zones polliniques d'Onnens avec les biozones locales décrites dans des sites environnants et comparables, essentiellement : Saint-Blaise NE/Le Loclat (Hadorn 1994) et Bevaix NE/Le Bataillard, (Schoellammer 2008). Par cette démarche, et bien que le trop faible nombre d'échantillons représentatifs de certaines époques rende les concordances souvent incertaines, nous nous sommes efforcés d'établir un cadre chronologique basé sur des zones polliniques régionales. Il convient ainsi de remarquer que les comparaisons chronologiques proposées ici sont purement relatives. En effet, les corrélations entre zones polliniques similaires ne signifient pas qu'elles soient forcément contemporaines ; les changements de la couverture végétale

[15] Dans la colonne 2, le dernier prélèvement au-dessus des tourbes supérieures (2e) pourrait appartenir à la zone On-5.

pouvant être semblables d'une localité à l'autre, tout en étant légèrement décalés dans le temps.

Seules des datations dendrochronologiques ou radiocarbone nous auraient permis d'établir des chronozones absolues pour Onnens; malheureusement, nous ne disposions pas de telles dates en liaison avec les prélèvements analysés. Des comparaisons sont toutefois possibles avec les références régionales établies dans les sites neuchâtelois, en particulier le marais du Bataillard (Leducq *et al.* 2008), sur lequel nous avons basé nos datations. Leurs données nous serviront de guide.

Enfin, dans un troisième temps, nous avons systématiquement confronté nos hypothèses avec le mobilier archéologique rencontré et les âges et civilisations qui en découlaient. La synthèse des résultats, les mutations de la végétation en regard – s'il y a lieu – de l'impact humain, figurent au chapitre 3.4.

Boréal (10'300-8'900 BP cal)[16] : On-1 (?)

Cette chronozone se distingue par un très fort développement des noisetiers qui prédominent sur les essences naissantes de la chênaie mixte. On retrouve une telle caractéristique dans On-1, dont la configuration rappelle celle de la fin de la zone Loc-7, *Corylus et Quercetum mixtum* du Loclat, attribuée au Boréal. La présence de l'érable (*Acer*) et celle déjà forte des tilleuls et des aulnes préciserait les corrélations avec la fin du Boréal (éventuellement Loc-7c).

La base de la colonne 2, située par ailleurs le plus près du centre du paléolac, serait ainsi le prélèvement le plus ancien que la palynologie a traité.

Atlantique ancien (8'900-6'750 BP cal) : On-2

La zone On-2 voit les proportions de noisetiers s'inverser au profit de la chênaie mixte qui domine maintenant. Au Loclat cette configuration apparaît dès la zone locale Loc-8 (zone à chênaie mixte et *Corylus*) appartenant à l'Atlantique ancien.

Il convient de remarquer que les deux premières chronozones d'Onnens sont établies chacune sur la base d'un seul prélèvement, ce qui est évidemment trop peu. On ne peut dès lors exclure un phénomène local. La dominance des noisetiers dans On-1 pourrait être l'expression d'un tel particularisme, d'autant plus que cette essence participe activement à l'agencement de la végétation des sites jurassiens (Matthey 1971; Rachoud-Schneider 1997; Schoellamaer 1997). Si tel est bien le cas, la palynozone On-1 appartiendrait alors à l'Atlantique ancien. À cette première remarque s'ajoute un élément intéressant: les proportions importantes de tilleuls rencontrées à Onnens. Elles rappellent singulièrement les enregistrements du Bataillard (Bat-8, Schoellamer 2008) et ceux de Neuchâtel NE/Monruz (Hadorn 1994, p. 54) attribués à l'Atlantique ancien. Enfin, les pourcentages d'aulnes rencontrés en On-1 (7.9 %) paraissent trop importants par rapport à ceux recensés habituellement au courant du Boréal.

Ces trois arguments, fort séduisants il est vrai, ne permettent toutefois pas de trancher la question. Le site du Plateau de Bevaix offre en effet des informations lacunaires pour ces époques: le Boréal y est en principe absent et l'Atlantique ancien fragmentaire. Quant au Loclat, les proportions de tilleuls y sont plus faibles, rendant les comparaisons sur ce point passablement délicates.

Atlantique indéterminé / récent (6'750-5'800 BP cal) : On-3

Cette ZPL 3 est essentiellement caractérisée par l'accroissement des aulnes. On pourrait corréler cette phase de transition avec la zone Loc-9 du Loclat (attribuée à la fin de l'Atlantique ancien) ou avec la zone Bat-9 (35-12, strati. 35) du Bataillard, ce qui ferait correspondre On-3 à l'Atlantique récent.

On ne peut malheureusement être plus précis, car cette phase n'est perceptible à Onnens que dans les prélèvements tourbeux proches de la ceinture d'aulnes, essentiellement la colonne 2.

Subboréal (5'800-2'800 BP cal) : On-4

À Onnens, les indices qui délimitent la transition entre l'Atlantique récent et le Subboréal sont très ténus. L'implantation et l'expansion de l'épicéa, contemporaines de celle de la hêtraie-sapinière, qui marquent les débuts du Subboréal, sont ici à peine perceptibles. Ce sont en fin de compte la diminution des tilleuls, la présence régulière des sapins (*Picea* et *Abies*), mais surtout, les proportions importantes

[16] Les dates qui suivent sont empruntées à la chronologie du Bataillard (Leducq *et al.* 2008, fig. 204). Elles figurent ici à titre indicatif, certaines limites pouvant être sujettes à discussion.

d'aulnes comparables à celles des zones Loc-11 du Loclat et Bat-10 du Bataillard, qui tendent à corréler On-4 avec cette chronozone.

Subatlantique ancien (2'800-1'200 BP cal) :

- On-5 : env. Bronze final-Hallstatt-La Tène

La limite inférieure du Subatlantique est placée en fonction de la première apparition du charme (Wegmüller 1966 ; de Beaulieu *et al.* 1994 ; Richard 1999) ; malheureusement cette essence est très largement sous-représentée à Onnens. C'est donc avant tout la chute des AP et en particulier celle des aulnes intervenant au début de On-5 qui tend à corréler cette palynozone avec le début du Subatlantique ancien.

La diversification des herbacées compagnes des cultures et des prairies et en particulier le développement des plantains lancéolés, rappelle la zone Loc-12a du Loclat.

- On-6 : env. époque romaine

L'accroissement des plantes de rapport et la présence régulière de pollens de châtaigniers renvoient à la zone Loc-13 du Loclat, traditionnellement rattachée à l'époque romaine. Nous lierons donc On-6 à cette période.

Contrairement à la zone 13 du Loclat, on ne rencontre pas, à Onnens, de pollens de noyers durant cette période. Ils apparaissent paradoxalement avant, dans la zone On-5 du profil 22 et au sommet de la colonne 2 (2e). Dans le Jura, l'apparition du noyer se fait vers 2'370±70 BP soit 800-200 av. J.-C. ; il est toutefois cultivé à basse altitude à partir de l'époque gallo-romaine (Cupillard *et al.* 1994). Il se pourrait donc que nous en pressentions les traces à l'âge du Fer déjà, et que, soit le vent, soit l'homme, en ait apporté quelques grains à Onnens. Quoi qu'il en soit, cet arbre ne semble guère croître dans la région, même à l'époque romaine. Quant à la colonne 22, les données stratigraphiques et archéologiques nous encouragent à penser qu'il s'agit sans doute de perturbations d'origine humaine.

- On-7 : env. haut Moyen Âge

C'est essentiellement la reprise des aulnes et des noisetiers qui suggère la reforestation partielle des terrains autrefois exploités et rappelle le haut Moyen Âge.

Dans le prélèvement 27c, les herbacées liées aux cultures se font très discrètes, mais celles liées aux prairies et aux pâturages (*Centaurea jacea* et *Plantago lanceolata*) se maintiennent. Malgré l'accroissement des arbres, le terroir n'est vraisemblablement pas laissé à l'abandon : une activité pastorale persiste, la région d'Onnens est toujours fréquentée.

3.3.4 Analyse carpologique d'échantillons de l'âge du Bronze

Christiane Jacquat

Introduction

Parmi les nombreux échantillons de sédiment prélevés à Onnens entre 1996 et 2004, une cinquantaine ont été choisis en 2008 aux fins d'analyses carpologiques. Ils proviennent de contextes datés de l'âge du Bronze ancien et du Bronze moyen. Le paysage et les activités domestiques de ces époques restent mal connus chez nous, malgré la découverte récente, sur le Plateau suisse, de plusieurs sites terrestres. De surcroît, les paléosemences sont souvent mal conservées et très érodées en contexte archéologique terrestre, donc difficiles à identifier jusqu'à l'espèce.

Matériel

Échantillons étudiés

Les 46 échantillons étudiés proviennent de contextes datés du Bronze ancien à Onnens *Beau-Site* (St. 21, chap. 6) et d'une série de niveaux attribués à l'horizon Bronze moyen d'Onnens-*Le Motti* (chap. 7.1.2).

Les quatre échantillons de la fosse datée du Bronze ancien (ethz 739, 1222, 1223 et 1224) ne contenaient que des charbons. Vingt-huit des 42 échantillons issus des niveaux du Bronze moyen proviennent de la zone marécageuse qui occupe le fond du vallon durant cette période (chap. 3.2.3, phase 13) ; les échantillons ethz 416, 417 et 420 ne contenaient aucune paléosemence. Dix échantillons ont été prélevés dans les trois zones de rejet situées en bas de pente sur le versant de la colline d'Onnens et associées au marécage (phase 16) ; les échantillons ethz 92, 95 et 96 (dépotoir 2) et 48 (dépotoir 3) étaient vides. Quatre échantillons ont été récoltés dans une

fosse du même horizon (St. 515); les échantillons ethz 621 et 625 n'ont livré aucun reste botanique.

Les échantillons vides n'apparaissent pas dans les tableaux figurant en annexe (annexe 3, tab. 1-3).

Préparation des échantillons

Dans la mesure du possible, des échantillons de 10 litres (volume frais) ont été prélevés durant les fouilles. Ils ont été tamisés dans un délai relativement court à l'aide d'une machine à flottation; les tamis utilisés avaient une maille de 4, 1, 0.5 et 0.2 mm. Leur contenu, partiellement non carbonisé, a été conservé dans l'eau, à l'abri de la lumière, en attendant d'être étudié; il a été trié en plusieurs étapes entre 1999 et 2008. Les plus petites fractions de 0.5 et 0.2 mm n'ont pas été étudiées dans leur totalité, au contraire des plus grosses fractions.

Il n'est pas impossible que le trop long séjour dans l'eau des échantillons ait occasionné la destruction d'une partie des semences.

Notre collection de graines récentes ainsi que des travaux spécifiques nous ont aidé dans la détermination (entre autres Jacquat 1988; Maier 1996; Jacomet 2006).

Résultats

Les 240 litres de sédiments traités renfermaient 2417 restes non carbonisés ou carbonisés, à l'exception du contenu complètement brûlé du dépotoir 1 (éch. ethz 6). Une cinquantaine de taxons ont été reconnus, permettant la reconstitution d'une douzaine de groupements végétaux, grâce aux données phytosociologiques actuelles (Oberdorfer 1970 et 1983). Ils caractérisent schématiquement des milieux naturels marécageux (env. 1 % des restes végétaux), des groupements forestiers exploités par l'homme (env. 45 %) et des champs cultivés (env. 33 %).

Les résultats d'analyses sont présentés dans trois tableaux (annexe 3).

Les plantes reconnues sont rangées dans leur milieu par ordre alphabétique. Les échantillons issus de la zone marécageuse se trouvent dans le tableau 1. On trouve le contenu des dépotoirs et de la fosse St. 515 dans le tableau 2. Le tableau 3 regroupe la totalité des restes par unité floristique.

Végétation naturelle et anthropique

Groupements naturels

L'environnement naturel du site d'Onnens-*Le Motti* est esquissé grossièrement par une zone marécageuse et des forêts feuillues, auxquelles doivent être associés différents groupements forestiers.

Végétation de milieux marécageux

Les groupements humides (fig. 40 et annexe 3, tab. 3: 1.1 à 1.3) composent moins de 1 % des restes végétaux. Les six espèces reconnues sont liées à un milieu palustre et aux premières zones d'atterrissement des roselières et des cariçaies. On peut supposer qu'elles colonisaient le marais reconstitué à Onnens.

Végétation forestière

Les 11 espèces des forêts feuillues, des clairières (coupes) et des haies composent plus du 44 % des restes. Elles donnent à priori l'image d'un paysage forestier ouvert.

Pour la plupart comestibles, elles sont sans nul doute liées directement aux activités de cueillette: sureau *Sambucus nigra/racemosa*, baies de la ronce *Rubus fruticosus* et du framboisier *Rubus idaeus*, noisettes *Corylus avellana*, glands *Quercus sp.*, faînes *Fagus sp.*, origan *Origanum vulgare* et coqueret alkékenge *Physalis alkekengi* (fig. 40 et annexe 3, tab. 3: 2.1 à 3).

Les akènes de sureau et des baies, à la paroi épaisse, sont très résistants. Il se pourrait que leur présence particulièrement abondante soit liée à leur longue durée de conservation, à l'inverse de graines ou de fruits plus fragiles.

Groupements végétaux	Nombre de restes	%
1 Groupements humides	20	0.8
2 Forêts	807	33.7
3 Haies	248	10.4
4 Prairies s.l.	5	0.2
5.1 Compagnes cultures sarclées	48	2
5.2 Compagnes cultures céréales	5	0.2
5.3 Autres compagnes	19	0.8
5.4 Rudérales	394	16.5
6 Plantes cultivées	306	12.8
Autres, indét. et varia	540	22.6
Total des restes végétaux	2392	100 %

Fig. 40. Proportion des groupements végétaux par rapport à l'ensemble des restes végétaux de l'horizon BzB d'Onnens-*Le Motti*.

Groupements des cultures

Les plantes cultivées

Le groupe des plantes cultivées (fig. 40 et annexe 3, tab. 3, 6), composant un peu moins de 13 % des restes végétaux identifiés, n'est représenté que par des céréales, de l'orge *Hordeum vulgare* et vraisemblablement différents blés. Parmi les grains carbonisés et très déformés, on pourrait reconnaître du blé nu *Triticum cf. aestivum/durum/turgidum* et de l'amidonnier *Triticum dicoccum*. Les restes de balle de blé sont abondants (env. 10 %) et peuvent résulter du battage de l'ingrain *Triticum monococcum* et de l'amidonnier.

L'épeautre *Triticum spelta* et le millet cultivé *Panicum miliaceum* ont été trouvés au Bronze moyen à Payerne VD/En Planeise, un site du Bronze moyen cependant un peu plus tardif (BzC; Jacquat à paraître).

Aucun reste de légumineuse cultivée, pois *Pisum sativum*, voire fève *Vicia faba*, pourtant attestés à Payerne VD/En Planeise (Jacquat à paraître) ou sur le Plateau de Bevaix (Bednarz *et al.* 2006) au Bronze moyen n'a été retrouvé, ni aucun reste de plante oléagineuse, telle le lin *Linum usitatissimum* ou le pavot somnifère *Papaver somniferum*.

Flore adventice des cultures

La flore adventice des cultures, avec six espèces des cultures sarclées (2 %) et deux espèces des cultures céréalières (0.2 %), est faiblement représentée (fig. 40 et annexe 3, tab. 3, 5.1 à 5.2). Ces compagnes, qui colonisaient vraisemblablement les mêmes champs à Onnens, sont souvent liées à des conditions précises du milieu, nous donnant des indications sur le type de sol travaillé. Nous pouvons relever que ce sont ici en majorité des annuelles d'été, liées vraisemblablement à des semis printaniers. En comparant les facteurs écologiques comme la luminosité, la température, l'humidité, la réaction du sol et la valeur de substances nutritives (Ellenberg 1974; Brun-Hool 1977; Landolt 1977; Jacquat 1989), on constate, malgré le nombre d'espèces peu élevé, qu'elles indiquent plutôt un sol à luminosité moyenne à ensoleillée, à la température moyenne à élevée, frais, faiblement acide à faiblement alcalin et plutôt riche en substances nutritives. Ces tendances moyennes pourraient bien être traduites par une ouverture du paysage moyenne, mais bien réelle, propice aux cultures. Les indices sont toutefois minces et ne permettent guère de dépasser le stade de l'hypothèse.

Les quatre plantes rangées dans « autres espèces compagnes possibles » (0.8 %; fig. 40, annexe 3, tab. 3, 5.3) sont sans doute à rattacher aux terres cultivées, car elles colonisent volontiers les champs et les jardins.

Milieux rudéraux

Bien que cinq espèces soient liées à des milieux dérangés par l'homme, tels décombres, bords des champs ou des chemins, c'est l'ortie dioïque *Urtica dioica* qui domine ce groupe qui compose de ce fait 16.5 % des paléosemences identifiées (fig. 40 et annexe 3, tab. 3, 5.4)! Indicatrice d'humidité, on la rencontre aussi en bordure de milieux très nitrophiles ou dans les forêts riveraines. N'oublions toutefois pas qu'elle est comestible et tinctoriale!

Marais, dépotoirs et fosse

Si l'interprétation qualitative du contenu des échantillons nous permet d'imaginer le cadre végétal du site d'Onnens-*Le Motti*, il est en revanche plus hasardeux de comparer les différents contextes entre eux. Quelques observations sont toutefois à relever.

Marais

Les échantillons liés au marais (28 échantillons; 151 litres de sédiments) se distinguent par leur contenu des dépotoirs, car ils renferment surtout des fruits comestibles issus de la cueillette (annexe 3, tab. 1, 2.1-2.3) et des petites graines d'ortie (annexe 3, tab. 1, 5.4: *Urtica dioica*, 370 graines). Celles-ci ont-elles été ramassées à des fins intentionnelles?

À l'exception des céréales et de fragments d'os, les paléosemences ne sont pas carbonisées. Les plus abondantes, nous l'avons déjà relevé, sont des akènes de sureau et de baies généralement conservés dans les échantillons archéologiques.

Dépotoirs et fosse

Le contenu du dépotoir 1 (1 éch.; 9 l), avec 247 restes caractérisant 21 taxons, est bien plus riche que le dépotoir 2 (4 éch.; 25 l; 104 restes). Entièrement carbonisé, il est composé surtout de grains de céréales brûlés et de restes de battage des épis (annexe 3, tab. 2, 6.1: céréales).

Quant au dépotoir 3, il ne contient que quelques restes de mousses (annexe 3, tab. 2, 7 : bryophytes).

La fosse St. 515 (2 éch. ; 18 l) est également très pauvre et contient surtout des fragments de charbons de bois.

Conclusion

Le matériel carpologique d'Onnens est un témoin supplémentaire d'une époque mal connue en Suisse. Le nombre restreint d'échantillons analysés limite toutefois les reconstitutions souhaitées. Cependant, c'est un paysage clairement anthropique qui se dessine au travers des restes végétaux étudiés. À côté d'une zone marécageuse, les forêts feuillues sont marquées par une ouverture certaine, à laquelle sont liées des espèces de cueillette colonisant des milieux tels que clairières, haies ou lisières. Glands, noisettes, faînes, sureau, framboises, mûres sauvages, coqueret et origan sont ramassés à des fins comestibles. Des grains de céréales, d'orge et de blés (blés nus, amidonnier et ingrain vraisemblablement), ainsi que quelques compagnes des cultures, montrent la présence de champs cultivés.

La comparaison de nos résultats avec d'autres données carpologiques connues du Bronze moyen (sites de Payerne VD/En Planeise, Jacquat à paraître et de Bevaix NE/Les Pâquiers, Bednarz *et al.* 2006) a permis quelques compléments relevés plus haut.

3.4 Synthèse des études environnementales. Évolution du paysage

Carole Blomjous, Nigel Thew, Evelyne Bezat et Anne Schopfer Luginbühl

Les investigations menées le long du vallon compris entre le pied du versant jurassien et la colline d'Onnens ont livré les témoins d'un riche passé archéologique ainsi que les éléments d'une longue histoire de l'environnement.

La confrontation des données stratigraphiques, archéologiques, malacologiques, palynologiques et carpologiques a permis de suivre les étapes du comblement de la dépression formée à cet endroit par la dernière avancée glaciaire, de mieux saisir les phénomènes liés au retrait du glacier du Rhône, puis de documenter la formation de plans d'eau, le développement de la végétation – d'abord herbacée puis arbustive et enfin arborée – et l'évolution de l'emprise humaine sur les territoires environnants (fig. 31).

3.4.1 Les dépôts glaciaires

La région d'étude, limitée au nord par le massif jurassien, se trouve à cheval sur le contact entre les calcaires du Jura, qui plongent rapidement en direction du sud, et la molasse du Plateau qui présente un relief plus doux et arrondi (chap. 3.2.1, phases 1-2). Ce contact a favorisé la formation de la dépression où s'écoule le ruisseau du Pontet.

Le paysage de la région d'Onnens a été fortement modelé par les avancées du glacier du Rhône. Sur son passage, il érode les roches tendres molassiques, polissant les roches calcaires plus dures, et dépose son matériel sous la forme d'un placage morainique que l'on retrouve dans tout le secteur étudié. Lors de son retrait, il abandonne par manque de compétence de nombreux blocs erratiques dans les zones externes, du matériel détritique dans les cavités sous-glaciaires (*drumlin*, *esker*), ainsi qu'un long bourrelet qui forme un cordon morainique (chap. 3.2.2, phases 3-6). Ce *vallum* forme un barrage naturel aux écoulements superficiels jurassiens en direction du lac de Neuchâtel et favorise l'accumulation des eaux de fonte des appareils glaciaires locaux et des glaces mortes résiduelles, jusqu'à ce que des chenaux proglaciaires incisent ce monticule et permettent la vidange de ce plan d'eau. Les paléolacs de *Beau Site* et de *La Léchère* trouvent certainement leur origine durant cette période.

3.4.2 L'environnement tardiglaciaire
(19'000-11'500 BP cal)

Le Tardiglaciaire marque le début d'une longue période comprise entre le retrait glaciaire et le début de l'Holocène. Il s'agit de l'ultime subdivision

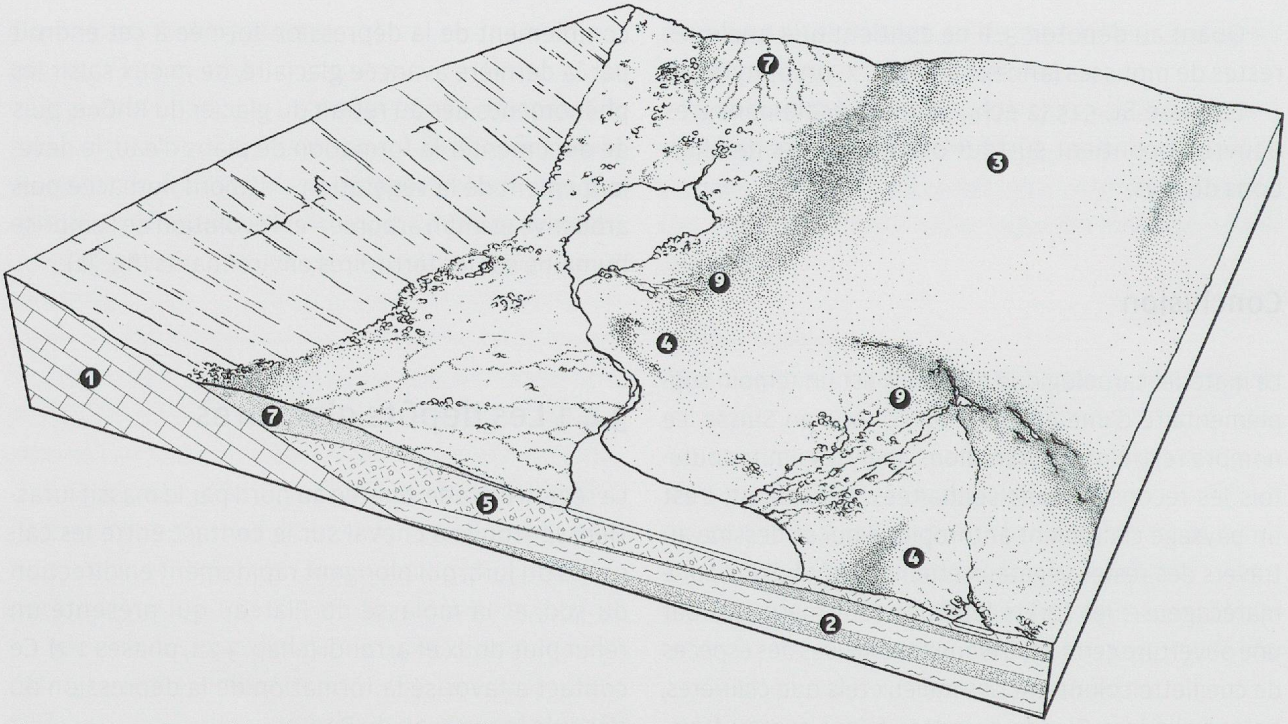


Fig. 41. Onnens. Proposition de reconstitution de l'environnement au Tardiglaciaire.
Les n° renvoient aux phases sédimentaires présentées au chap. 3.2 (localisation de la coupe, fig. 21).

de la dernière glaciation. Au cours de cette période, qui débute il y a environ 19'000 ans, le climat oscille fortement.

Sur les pentes du Jura, les eaux de fonte de la calotte glaciaire jurassienne, ainsi que l'infiltration limitée sur les versants, tant que le système karstique est encore gelé, créent un ruissellement de surface important. Les pentes non stabilisées sont ainsi soumises à des remaniements. Avec le dégel en profondeur du pergélisol, les masses déstabilisées ont tendance à fluer et à s'accumuler en bas de pente, en bordure de la plaine alluviale. Ces dépôts gravitaires de type *débris flow* forment des cônes de déjection surdimensionnés en bas des sillons verticaux (chap. 3.2.2, phase 7). À Onnens, le cône des *Épinettes* est le témoin fossile d'un tel événement (fig. 41). Dans un paysage tout juste libéré des glaces, ces formations sont certainement favorisées par un couvert végétal encore absent ou peu développé. À leur surface se forment de petits chenaux étroits qui indiquent une érosion superficielle par les eaux et initient la mise en place du système hydrographique.

Sur le versant occidental du *drumlin* d'Onnens, principalement sur les sites d'Onnens-*La Golette* et d'Onnens-*Beau Site*, des mouvements gravitaires de la moraine s'observent sous la forme d'ondulations intramorainiques, décimétriques en hauteur et métriques en longueur, qui indiquent un fluage lent et massif. Dans les zones concaves de ces ondulations, l'eau s'accumule sous forme de mouilles, puis s'infiltre dans le terrain sous-jacent, le marquant de fines percolations.

Comme sur les pentes du Jura, le réseau hydrographique se met progressivement en place. Les versants du *drumlin* (phase 3) sont certainement déjà alimentés par plusieurs résurgences. Au *Motti*, mais surtout à *La Golette*, la topographie est marquée par une forme de cirque. Ces dépressions indiquent une érosion du *drumlin*, certainement due à la présence de sources qui causent l'engorgement des terrains, limitent le développement de la végétation et contribuent à l'instabilité de ces secteurs.

Aucun indice ne nous permet de situer précisément le début du fonctionnement de ces écoulements, qui a peut-être eu lieu peu après le dégel des sols. Les dépôts carbonatés mis au jour sur les différents sites (phase 9) constituent les indices majeurs de l'existence de ces sources et permettent de faire remonter leur activité au moins à la seconde moitié du Préboréal.

3.4.3 Du Préboréal à l'Atlantique récent (11'500-5'800 BP cal)

Durant le Préboréal et le Boréal, la présence de deux paléolacs est attestée à Onnens-*Beau Site* et à Onnens-*La Léchère* par des sédiments qui ont livré des assemblages malacologiques à forte composante d'espèces aquatiques, indicatrices de plans d'eau permanents (chap. 3.3.2, éch. 277 et 35). Des craies lacustres s'accumulent au fond de ces lacs (chap. 3.2.3, phase 8; chap. 3.3.2, éch. 277 et colonne 8, sous prél. 8a). La fluctuation de leur niveau d'eau durant la première partie de l'Holocène[17] favorise dans le même temps l'érosion des sédiments sur leurs berges et permet le dépôt de matière organique à *Beau Site* durant la fin du Boréal ou le début de l'Atlantique ancien (palynozone On-1, prél. 2a) et à *La Léchère* durant l'Atlantique ancien (chap. 3.3.3, palynozone On-2, prél. 8a). On observe ainsi à certains endroits l'alternance de fins litages de craie et de sédiments tourbeux.

Parallèlement aux dépôts associés à ces deux lacs, des « tufs poudreux » et les limons tufeux, formés de concrétions calcaires, ont commencé à s'accumuler aussi bien sur le site de *La Golette* qu'au bord des lacs de *Beau Site* et de *La Léchère* (chap. 3.2.3, phase 9). Ils attestent la présence de nombreuses résurgences sur les flancs sud et ouest du *drumlin* d'Onnens. Ces sources alimentent des marais de pente, qui présentent de petites vasques successives colonisées par des mollusques aquatiques typiques des eaux courantes. Ces marais étaient entourés de zones humides présentant une végétation palustre plutôt basse, colonisées par de nombreux mollusques caractéristiques des marais. Les faunes malacologiques montrent que ces dépôts de pente se sont formés entre la seconde moitié du Préboréal (chap. 3.3.2, malacozone On-1, éch. 13 et 262) et l'Atlantique ancien (malacozone On-4 éch. 12 et malacozones On-5a et 5b éch. 263-264). L'accumulation de ces dépôts carbonatés pauvres en matériel détritique peut être due à une stabilisation de la pente grâce à une couverture végétale plus dense, à un climat plus humide qui augmente le débit des résurgences ou à un climat plus chaud qui favorise la précipitation des carbonates, voire à une combinaison de ces différents facteurs.

Ces écoulements entrent en contact avec les paléolacs, participant à la formation de grandes étendues marécageuses (chap. 3.3.2, éch. 22, 23, 27 et 29). Une végétation de marais peu développée entourait également les deux paléolacs (malacozones On-1 et On-2). La faible proportion de mollusques forestiers relevée sur les pentes de *La Golette* ainsi que sur les berges des plans d'eau indique un milieu relativement ouvert, certainement dû à la présence d'un sol détrempé qui a freiné l'installation d'une végétation ligneuse. L'augmentation de la fréquence et de la diversité des espèces forestières dans les assemblages attribués au Boréal (malacozone On-3) suggère qu'une forêt à feuilles caduques a commencé à envahir les zones marécageuses durant cette période.

À la fin du Boréal ou plus probablement au début de l'Atlantique ancien, l'expansion de cette forêt de feuillus est attestée dans les zones humides par une augmentation des mollusques forestiers, qui incluent de nouvelles espèces aux dépends des espèces de milieux ouverts et de marais, ainsi que par le déclin des mollusques boréo-alpins pionniers (malacozone On-4). À *La Léchère*, des sédiments lacustres crayeux riches en mollusques aquatiques continuent à se déposer dans le paléolac (éch. 35). Cette période voit également l'histoire de la végétation d'Onnens s'élargir à l'échelle locale avec les premiers prélèvements palynologiques (palynozone On-1, prél. 2a), qui révèlent alors une forêt composée de noisetiers et de tilleuls, ainsi que de quelques ormes et de quelques pins. Ces derniers, accompagnés de genévriers, colonisent certainement le versant sud des contreforts jurassiens dont le sol sec et l'exposition au sud leur conviennent particulièrement.

Au début de l'Atlantique ancien (palynozone On-2, prél. 8a) les noisetiers ont régressé, concurrencés par les tilleuls et les ormes, mais ils constituent toujours une part importante de la végétation. Les terrains non inondés entourant les paléolacs de *Beau Site* et de *La Léchère* semblent couverts de forêts de feuillus dont la composante principale est formée par les tilleuls, accompagnés de chênes, d'ormes et de frênes. Aux côtés des pins encore assez répandus,

[17] Entre le Préboréal et l'Atlantique ancien, le niveau moyen du lac de *Beau Site* varie entre 453.0 et 454.0 m, tandis qu'à *La Léchère*, des fluctuations sont enregistrées entre 459.0 et 461.0 m.

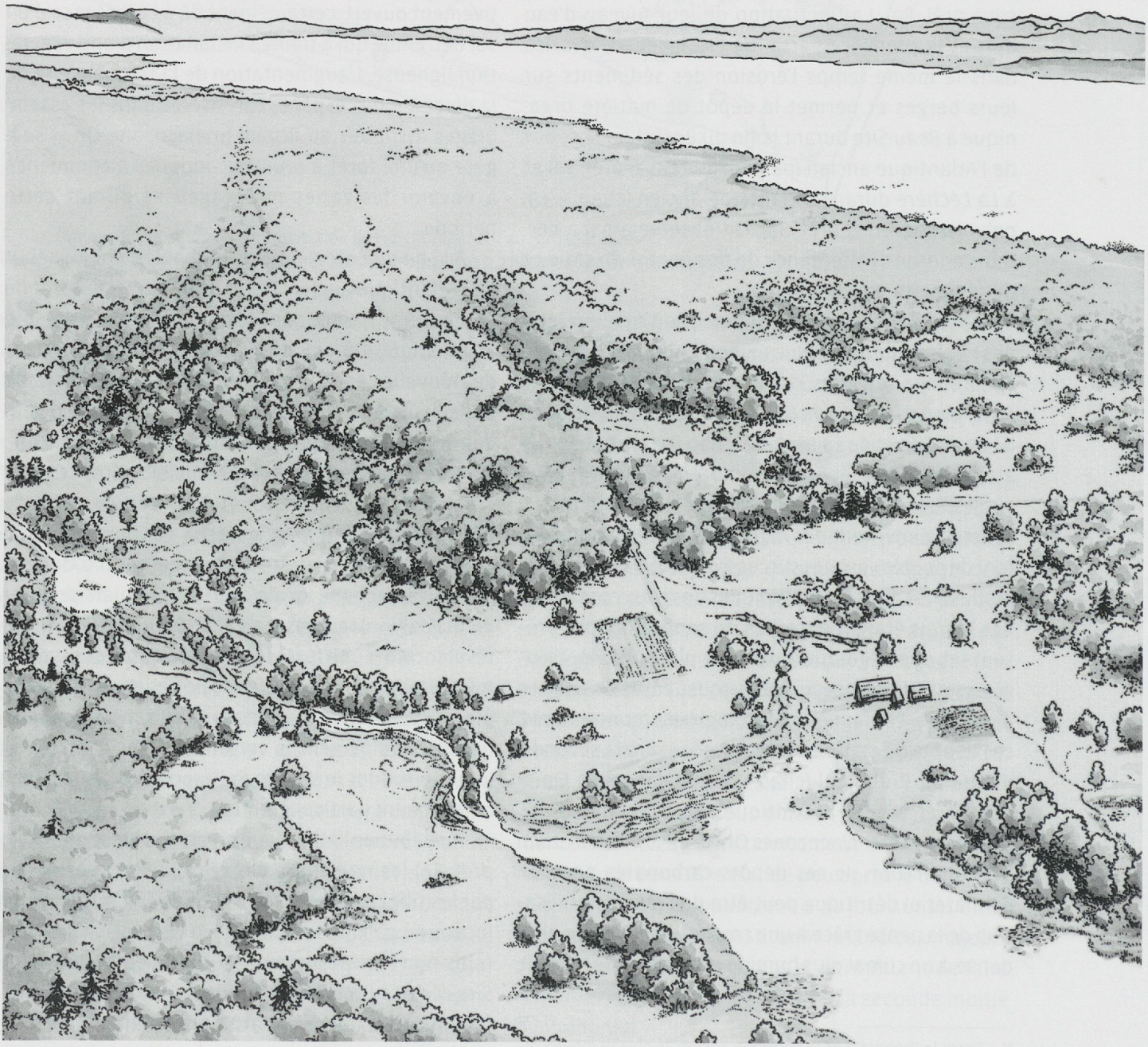


Fig. 42. Proposition de reconstitution de l'environnement et de l'occupation sur le versant occidental de la colline d'Onnens au Néolithique final.

ces tilleuls confèrent à la région une certaine originalité floristique que l'on retrouve d'ailleurs, à la même époque, sur le site de Bevaix NE/Le Bataillard (Schoellammer 2008) et à Neuchâtel/Monruz (Hadorn 1994)[18]. Enfin, il convient de mentionner les éléments habituels de la flore à caractère thermophile de l'Atlantique ancien : le lierre, le gui et la viorne (Gaillard 1984 ; Wegmüller 1966). À Onnens (colonne 8), seul le gui (*Viscum album*) nous est parvenu ; sa présence confirme néanmoins les conditions climatiques favorables propres à cette époque.

Dès la fin de l'Atlantique ancien et plus particulièrement au courant de l'Atlantique récent, les aulnes commencent à se développer sur les bords des paléolacs de *Beau Site* et de *La Léchère*, dans les zones humides des marais de pente et le long des berges marécageuses de la rivière du Pontet. Par leur végétation dense, ils ont tendance à masquer la végétation alentours (palynozone On-3, malacozone On-4). Cette colonisation des espaces ouverts par une forêt de feuillus humide se lit également dans la faune malacologique, avec une augmentation des mollusques forestiers, l'apparition de nouvelles espèces et la disparition de toutes les espèces pionnières (malacozone On-5a/5b).

Le développement de cette aulnaie coïncide également avec l'évolution des plans d'eau. En effet, durant l'Atlantique récent, les craies lacustres semblent avoir été localement remplacées par des limons crayeux organiques (palynozone On-3, colonne 2, prél. 2b). Des sédiments riches en carbonates continuent cependant à se déposer en bordure du lac de *Beau Site* jusqu'à l'Atlantique récent ou le début du Subboréal (malacozone On-5c, éch. 276). Néanmoins, le passage au Subboréal correspond probablement à une baisse du niveau des paléolacs qui permet le développement d'une végétation ligneuse et l'accumulation de dépôts organiques qui conduit à une nette diminution de la taille des plans d'eau (palynozone On-4, colonnes 2, 44) (fig. 42).

[18] On peut se demander si cette dominance pollinique des tilleuls et des pins n'est pas plus qu'une simple caractéristique locale, jusqu'ici propre au plateau de Bevaix et à la région de St-Blaise. Ne découlerait-elle pas, au contraire, de conditions régionales, propres au climat et aux sols de cette frange ensoleillée du Jura ? C'est fort probable ; notons à cet égard que de nos jours encore, le tilleul est fréquent dans le Jura, spécialement dans les combes où il rencontre les conditions thermiques qui lui sont nécessaires.

3.4.4 Le Subboréal et le Subatlantique ancien (5'800-1'200 BP cal)

Durant la quasi-totalité du Subboréal, les aulnaies embroussaillent les berges du Pontet et forment une ceinture autour des larges zones marécageuses qui bordent, à *Beau Site* et à *La Léchère*, les lacs en voie d'atterrissement.

Il est probable qu'à Onnens, durant les phases de basses eaux, comme celle qui pourrait avoir eu lieu durant le Bronze ancien[19], les zones exondées ont vu le développement de prairies à cypéracées et à graminées. La renouée bistorte (*Polygonum bistorta*), la primevère (*Primula pp.*) et la centaurée jacée (*Centaurea jacea*), attestées dans plusieurs prélèvements (palynozone On-4), croissaient probablement dans ces prés plus ou moins humides. Leur présence livre peut-être les indices d'une activité pastorale, liée aux premières marques des défrichements opérés dans la région. Dans les forêts avoisinantes, la chênaie mixte régresse et les tilleuls se font rares. En altitude et sur le versant mal exposé d'Onnens, les sapins blancs (*Abies alba*) et les épicéas (*Picea abies*) s'implantent progressivement, tout comme les hêtres (*Fagus sylvatica*), encore peu nombreux.

La dernière partie du Subboréal voit l'apparition des premières céréales dans les diagrammes polliniques, mais elles ne se manifestent qu'en traces sporadiques et ne sont guère accompagnées par des plantes indicatrices de cultures. Leur présence ne prouve donc pas à elle seule l'existence de champs proches. De petits lopins cultivés, dont les pollens, passablement filtrés par les arbres et arbustes environnants, ne sont pas parvenus à se déplacer jusqu'à nous, sont cependant attestés par les résultats de l'étude carpologique. Les macrorestes recueillis au *Motti* dans les zones de rejet qui bordent la zone marécageuse au début du Bronze moyen (chap. 3.3.4) montrent clairement la présence de champs de céréales cultivés (orge, blés). À la même époque, l'existence d'un cheptel constitué de caprinés, de porcs, de bœufs et de chevaux (chap. 7.1.6) confirme les quelques éléments palynologiques qui semblaient

[19] Selon les études menées dans le marais de Bataillard (Leducq *et al.* 2008, p. 274, 278), l'occupation du Bronze ancien coïncide avec une baisse du niveau d'eau dans le marais, probablement en raison d'un réchauffement climatique.

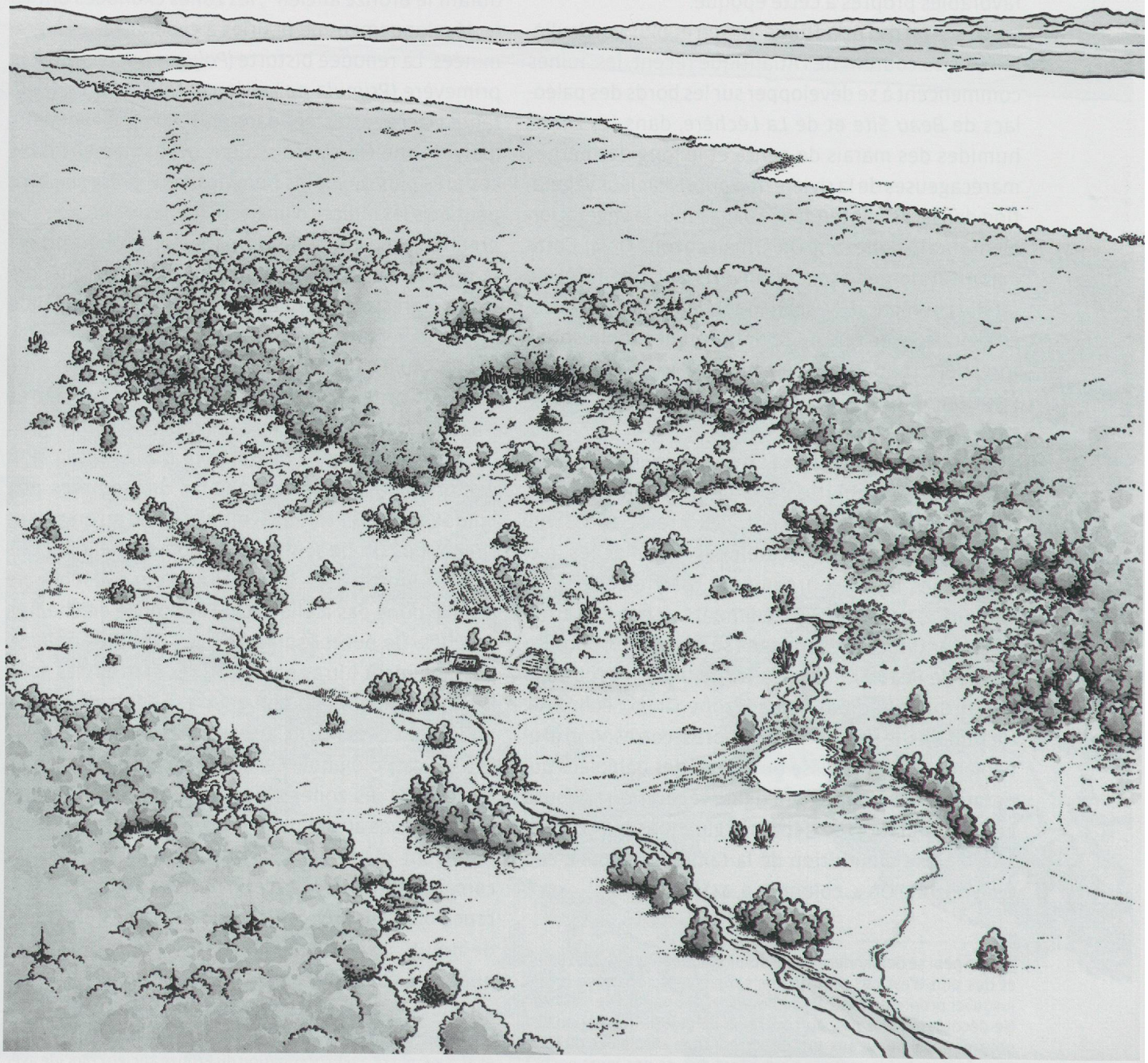


Fig. 43. Proposition de reconstitution de l'environnement et de l'occupation sur le versant occidental de la colline d'Onnens au Bronze moyen.

indiquer la présence de pâtures sur le versant de la colline d'Onnens (fig. 43).

À partir de la fin du Subboréal et au courant du Subatlantique ancien, la plaine alluviale est occupée par une vaste zone marécageuse qui succède aux paléolacs de *Beau Site* et de *La Léchère* et qui s'étend le long des berges du Pontet. Une épaisse couche organique traduit l'extension d'une végétation hydrophile dans des zones souvent inondées aussi bien à Onnens-*Beau Site* qu'au *Motti* ou à *La Léchère* (phases 20 et 21, palynozones On-4 et On-5, colonnes 1, 2, 5, 8, 22 et 44).

Durant la période qui s'étend du Bronze final au Hallstatt et à La Tène (palynozone On-5), les herbacées augmentent et se diversifient. Cette croissance se fait au détriment des aulnes, mais aussi des essences forestières, et traduit aussi bien le défrichement des zones humides que l'éclaircissement des forêts. Les herbacées liées aux prairies et aux pâturages se développent. Parallèlement aux prairies humides, le bétail devait également fréquenter les bois clairsemés dont les sols couverts de graminées offraient des lieux de pâture intéressants (Hadorn 1994).

Les indicatrices de culture sont également bien représentées et la courbe du plantain lancéolé augmente. Les céréales sont maintenant régulièrement attestées, traduisant la présence de champs cultivés, où poussent probablement quelques coquelicots (*Papaver rhoeas*) et la renouée des oiseaux (*Polygonum aviculare*), rencontrés dans les échantillons attribués à cette zone pollinique. L'emprise humaine se marque également par l'accroissement des plantes de rapport et des plantes liées aux champs. Une grande famille semble particulièrement bien représentée : les brassicacées. Pensons aux hôtes de nos potagers que sont les choux ou la moutarde, mais aussi à la capselle bourse-à-pasteur ou à l'herbe-aux-écus (*Thlaspi arvense*), si fréquentes dans les champs. Ces crucifères (*Brassicaceae),* que l'on n'a pu malheureusement différencier ici, semblent jouer, à Onnens comme à Pomy-Cuarny VD (Bezat et Bezat 2001) – un site du plateau romand en bien des points comparable – un rôle important dès le début du Subatlantique. Dans ce paysage ouvert, le charme (*Carpinus betulus*) fait discrètement son apparition.

La poursuite du déboisement et la quasi disparition des aulnaies, mais surtout le développement des arbres et arbustes de rapport, caractérisent l'époque romaine (palynozone On-6, prél. 27a-b). Les noisetiers, les grands sureaux (*Sambucus nigra*), les cornouillers (*Cornus*) et les fusains (*Evonymus*) se développent probablement dans les haies et les lisières des bosquets préservés des coupes. Les premiers châtaigniers apparaissent. L'emprise humaine va croissant. Elle se traduit par une diversification des herbacées cultivées et associées aux cultures (en particulier la renouée des oiseaux *Polygonum aviculare*) et par l'accroissement des plantes dites « rudérales », liées à l'activité humaine : armoises (*Artemisia*), chénopodes (*Chenopodiaceae*), cardères (*Dipsacus*), plantains (*Plantago major* et *media*), orties (*Urtica)*... Ce paysage anthropisé devait également comporter quelques prés, plus ou moins humides, avec des renoncules (*Ranunculus acris*), des plantains lancéolés (*Plantago lanceolata)* et des centaurées (*Centaurea jacea*).

Enfin, cette mosaïque de milieux ne serait pas complète sans les zones humides révélées par le sommet de certaines colonnes (colonne 5, mais surtout colonne 27, extraite du comblement d'un fossé) qui livre une belle gamme de plantes aquatiques ou croissant dans des milieux gorgés d'eau : lentilles d'eau (*Lemna*), trèfles d'eau (*Menyanthes trifoliata*), rubaniers (*Sparganium*), massettes (*Typha*), lythrums (*Lythrum*).

En effet, les épais niveaux organiques observés au fond du vallon indiquent que des zones marécageuses sont encore largement présentes, non seulement à *La Léchère* (chap. 3.3.3, colonne 8), mais également au *Motti*, où d'importants travaux d'assainissement sont entrepris à partir de l'époque romaine (phases 29 et 30). À la fin du Moyen Âge, une source est captée sur le même site et un système de drains est mis en place. Cette nouvelle gestion de l'eau semble être liée au développement d'une zone artisanale et notamment à la production de chaux. Aux alentours, nous ne retrouvons plus trace de champs cultivés : les céréales et leurs compagnes semblent disparaître, ou tout au moins s'éloigner. La reprise du couvert forestier explique peut-être cette absence, car les aulnes et les noisetiers ont sans doute joué un rôle de filtre et bloqué les pollens qui auraient pu nous parvenir. Mais il est néanmoins probable que certains champs aient été laissés en friches ; ils sont alors peu à peu colonisés par les

composées (*Asteraceae* et *Cichoriaceae*) et par les plantains du groupe major-media. Dans ce paysage, on ne laisse toutefois pas les terres à l'abandon. La persistance des herbacées liées aux pâturages (*Centaurea jacea* et *Plantago lanceolata*), indique une certaine continuité dans la pratique pastorale ; le terroir semble moins cultivé, mais il n'en reste pas moins fréquenté et exploité.