

Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 121 (1998)

Artikel: A la recherche des dinosaures : récit d'une campagne de fouilles paléontologiques menée aux Etats-unis
Autor: Ayer, Jacques
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-89504>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

À LA RECHERCHE DES DINOSAURES

RÉCIT D'UNE CAMPAGNE DE FOUILLES PALÉONTOLOGIQUES MENÉE AUX ÉTATS-UNIS
(HOWE RANCH, SHELL, WYOMING, 4 AU 30 AOÛT 1997)

JACQUES AYER

Géologue, responsable du département Géologie-Paléontologie au Muséum d'histoire naturelle de Neuchâtel. Rue des Terreaux 14, 2000 Neuchâtel, Suisse.

Participer une fois dans sa vie à une fouille de fossiles de dinosauriens est certainement le rêve du paléontologue, pour qui la fascination à l'égard de ces animaux n'a d'égale que le mystère qui les entoure. Un rêve devenu réalité pour Bernard Claude, collaborateur au Muséum d'histoire naturelle de Neuchâtel, et moi-même, lorsque nous nous sommes rendus au début août 1997 dans une région retirée des Etats-Unis, située dans l'Etat du Wyoming.

Ce projet a trouvé son origine une année auparavant lors d'une discussion avec Hans-Jakob Siber, directeur du *Saurier Museum* à Aathal, près de Zurich. Ce dernier dirige un musée consacré aux dinosaures et mène régulièrement depuis 1989 des campagnes de fouilles sur un site paléontologique célèbre situé dans le Nord du Wyoming. L'idée d'organiser un jour une exposition sur le thème des dinosaures nous avait déjà effleuré l'esprit mais il nous avait paru jusqu'alors délicat de traiter ce sujet déjà largement exploité. Or, la possibilité d'une participation à des recherches sur le terrain devenait soudain l'occasion idéale pour réaliser notre projet.

Cet article se compose de trois parties: la première présente brièvement le cadre géographique, géologique et historique du site; la deuxième relate le déroulement des fouilles du mois d'août 1997 et décrit les techniques développées sur le terrain et en laboratoire, alors que dans la troisième partie, en guise de conclusion, l'origine géologique du site est discutée.

1^{ère} partie: PRÉSENTATION DU SITE

CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

D'une superficie égale à six fois celle de la Suisse et avec une population de 450'000 habitants seulement, le Wyoming représente le deuxième état le moins peuplé des Etats-Unis après l'Alaska. Sa capitale, Cheyenne, est située à l'extrémité sud-est de l'Etat et ne compte que 50'000 âmes. Le nom *Wyoming* est à l'origine un mot indien qui signifie "Dans les Grandes plaines". Le pays est d'ailleurs le berceau des tribus mythiques que sont les *Sioux*, les *Crow*, les *Shoshones* ou encore les *Cheyennes*. L'Etat a connu au 19^e

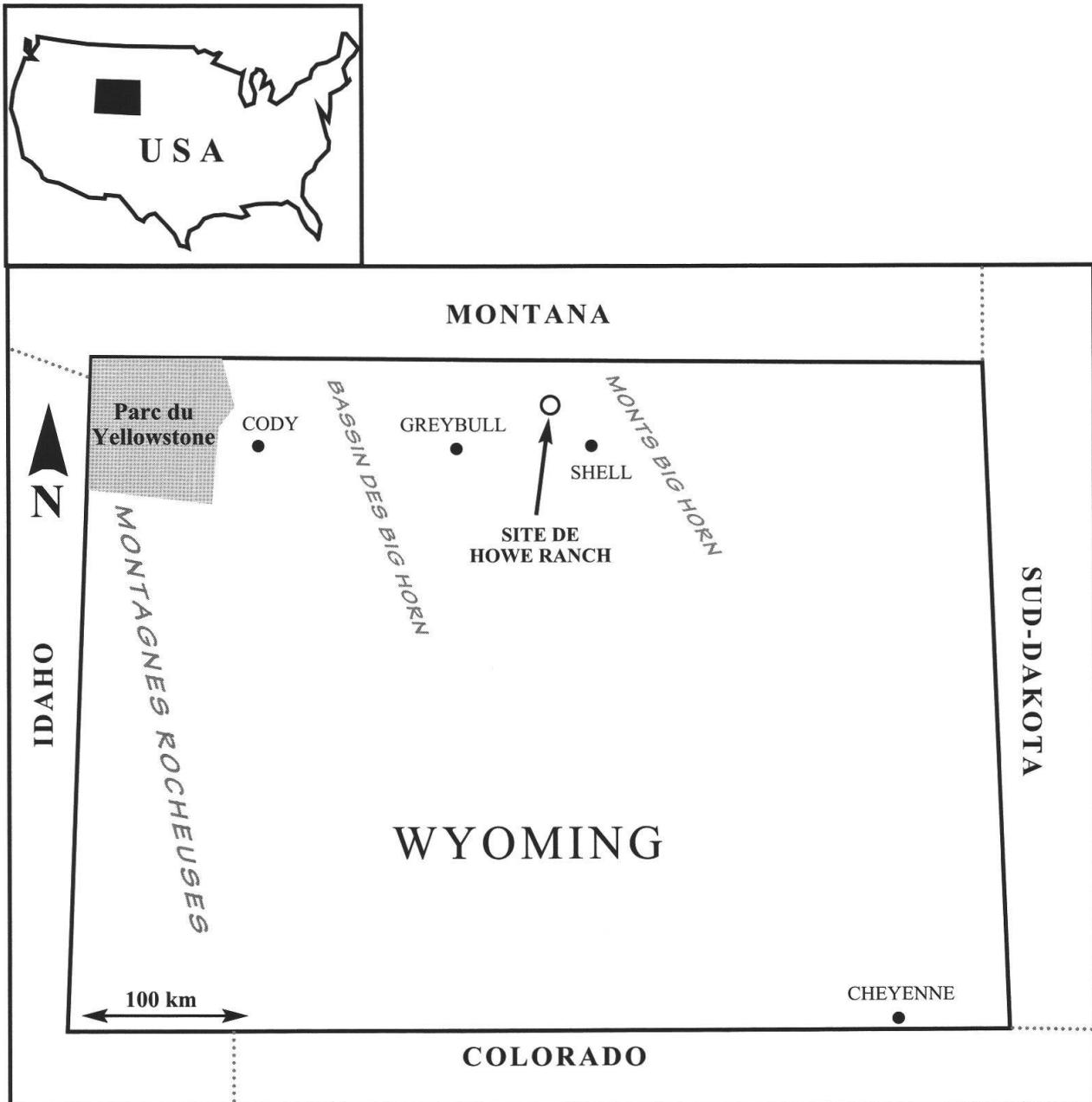


Figure 1: Carte géographique simplifiée du Wyoming. Situé entre le Montana et le Colorado, cet Etat grand comme six fois la Suisse ne compte que 450'000 habitants. Le site de fouilles, indiqué sur la carte par une flèche, se situe au pied du versant ouest des *Monts Big Horn*.

siècle l'arrivée de centaines de milliers d'Européens venus conquérir de nouvelles terres cultivables ou prospecter les rivières aurifères. La célèbre épopée de William Cody, plus connu sous le nom Buffalo Bill, a notamment marqué cette époque. Il a donné son nom à la petite ville de Cody, située au Nord-Ouest du Wyoming, où un musée retrace sa vie.

Aujourd'hui, le Wyoming s'appuie économiquement sur l'extraction des richesses de son sous-sol, pétrole, gaz et charbon entre autres mais aussi sur l'élevage de bovins et de moutons. Le tourisme, enfin, constitue une ressource non-négligeable, avec notamment la venue annuelle de plusieurs millions de visiteurs dans son célèbre *Parc National du Yellowstone* (PITCHER, 1993).

Le site de fouilles se situe au centre-nord du Wyoming et porte le nom de *Howe Ranch* (fig. 1). La région marque la transition entre une plaine semi-désertique à l'ouest, le *Bassin des Big Horn*, et les premiers reliefs de la chaîne de montagnes du même nom, à l'est. Perchés à 1600 mètres d'altitude, les lieux offrent un paysage aride jalonné de petites collines aux teintes variées. La végétation steppique est dominée par des buissons d'armoise. C'est le milieu de prédilection du serpent à sonnette - ou crotale - présent en grand nombre. Les coyotes fréquentent également régulièrement l'endroit. De plus, on assiste certaines années à de véritables invasions de lapins. Le climat de cette région du Wyoming est de type continental. Les étés y sont normalement très chauds et secs alors que la température peut descendre jusqu'à 40 degrés en dessous de zéro durant l'hiver.

Le site de *Howe Ranch* comprend en fait deux carrières principales, *Howe Quarry* et *Howe Stephens Quarry*, et quelques points de fouilles isolés (fig. 2). La région est loin de toute habitation, seuls les vestiges d'une

bergerie attestent de la présence passée d'une ferme d'élevage. On y accède en une heure environ de voiture depuis le village le plus proche, Greybull. Les derniers kilomètres s'effectuent sur une piste difficile, impraticable par mauvais temps.

CADRE GÉOLOGIQUE

Contexte stratigraphique

La série stratigraphique de la région prospectée est bien développée. Une couverture sédimentaire allant du Cambrien au Crétacé repose sur un socle cristallin pré-cambrien affleurant au niveau d'un grand chevauchement au sein des *Monts Big Horn*.

Dans les formations paléozoïques, de grandes falaises blanches de calcaire marin sont visibles depuis le site de fouilles. Cette formation, d'âge carbonifère (Mississipien), contient des niveaux d'algues marines fossiles que l'on retrouve très bien conservées dans des blocs erratiques proches de la carrière.

La série mésozoïque est caractérisée par une alternance de sédiments marins et continentaux. Le Jurassique est représenté dans la région par trois formations. La plus jeune d'entre elles, la *Formation de Morrison*, est composée exclusivement de sédiments continentaux. Les fossiles de dinosaures du site de *Howe Ranch* proviennent de ces couches géologiques (fig. 2).

La Formation de Morrison

La *Formation de Morrison* est célèbre pour les nombreux fossiles de dinosaures qu'elle renferme. Au siècle passé déjà, elle fut à l'origine des premières grandes découvertes historiques de dinosaures géants sur le continent nord-américain. Les sites de *Como Bluff* au Wyoming et du *Dinosaur National Monument* en Utah sont les principaux gisements de ce type.

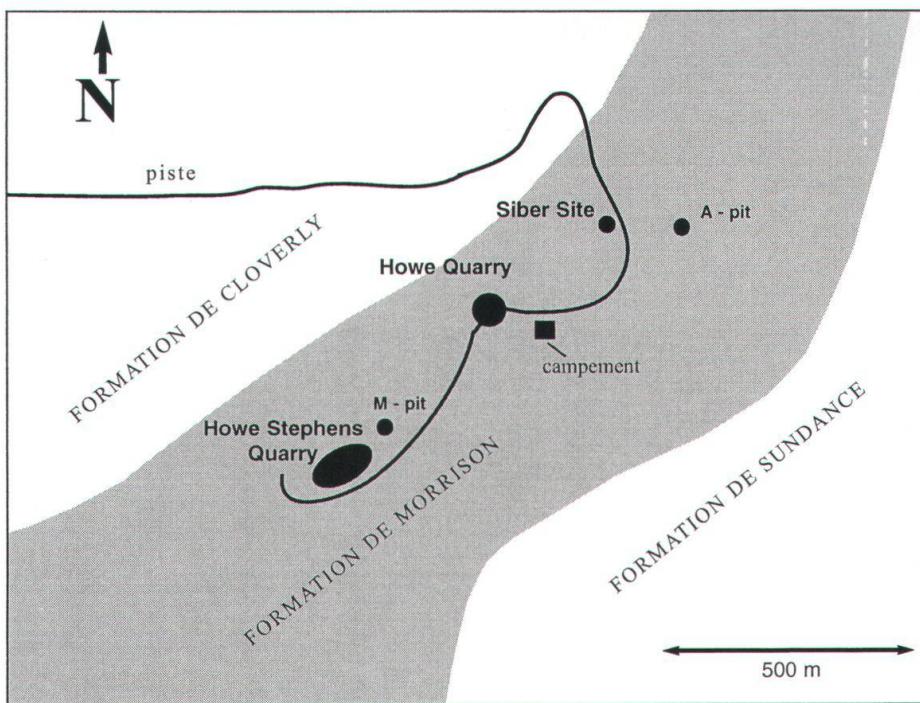


Figure 2: Plan du site de *Howe Ranch* avec la localisation des deux principales carrières et des autres points de fouilles. En filigrane, l'extension schématique de la *Formation de Morrison*, situé stratigraphiquement entre une formation marine jurassique (*Formation de Sundance*) et une formation continentale crétacée (*Formation de Cloverly*).



Figure 3: Vue panoramique en direction du sud sur la région de *Howe Ranch* et la *Formation de Morrison*. On peut distinguer, au milieu de la photo, la carrière de *Howe Stephens Quarry*.

La *Formation de Morrison* s'étend du Nouveau-Mexique au sud du Montana et de l'Utah à l'ouest jusqu'à l'Oklahoma à l'est, sur une superficie totale d'environ 1,5 millions de km². Datée approximativement entre 155 et 145 millions d'années, soit du Jurassique supérieur, elle a pour origine une grande plaine alluviale qui s'installa à l'époque après le retrait de la mer (mer de *Sundance*). De nombreux fleuves y drainaient de grandes quantités de sédiments, notamment depuis des reliefs situés au niveau des Montagnes Rocheuses actuelles. Outre une grande quantité d'ossements de dinosaures, la *Formation de Morrison* renferment également des fossiles de poissons, de batraciens, de crocodiliens ou encore de petits mammifères (BENTON, 1998; CURRIE & PADIAN, 1997).

Dans la région de *Howe Ranch*, la *Formation de Morrison* a été datée, par méthodes radiométriques, à 147 millions d'années. Constituée d'argiles, de grès et d'une faible proportion de calcaires, cette formation atteint une épaisseur d'environ 60 mètres (fig. 3).

Les argiles sont prédominantes. Elles se présentent sous deux formes: d'une part des bentonites gris-clair ou violacées riches en smectite, et d'autre part, des argiles bigarrées composées essentiellement d'illite et présentant des teintes tantôt rouges, tantôt verdâtres. On observe parfois dans ces argiles des fentes de dessication (*mudcracks*) et des nodules riche en calcaire appelés *caliche nodules*.

Les sédiments gréseux, de couleur beige-clair, forment des niveaux centimétriques à décimétriques présentant parfois des stratifications entrecroisées. On rencontre fréquemment dans ces roches des niveaux riches en matière organique, composée essentiellement de végétaux et de bois sous forme de lignite dont certains fragments dépassent le mètre. Il n'est pas

rare également d'observer des horizons à galets mous (fig. 4).

Enfin, de rares niveaux calcaires de couleur rouille se rencontrent occasionnellement dans les argiles bigarrées.

Une interprétation de ces observations sédimentologiques est présentée à la fin de cet article sous le chapitre *conclusions*.

Contexte structural

La géométrie des structures dans la région étudiée est relativement complexe. Un chevauchement de grande envergure au Nord-Est a amené le socle cristallin sur les couches paléozoïques et mésozoïques au sein des *Monts Big Horn*. Ces niveaux sédimentaires forment de grands plis cofrés sur le versant ouest de la chaîne. Le site de *Howe Ranch* se situe sur le flanc oriental d'un grand synclinal kilométrique. La structure est chevauchante à l'ouest.

La géométrie des couches aux alentours du site de fouilles ne présente pas de grandes perturbations. Cependant, dans la carrière de *Howe Stephens Quarry*, les niveaux gréseux forment une flexure avec un fort pendage local indépendant de l'inclinaison général des couches. L'origine de cette structure reste pour le moment inconnue.

HISTORIQUE DU SITE DE HOWE RANCH

Les premières prospections en 1934

Le site paléontologique prospecté a fait l'objet de recherches il y a plus de soixante ans déjà. A cette époque, un chercheur de fossiles du nom de Barnum Brown fut envoyé par l'*American Museum of Natural History* de New-York pour récolter des échantillons dans le Nord du Wyoming (fig. 5). Alors qu'il menait ses recherches sur le terrain, il fut informé de l'existence dans la région de très grands ossements fossiles proche d'un ranch appartenant à un certain Barker Howe.

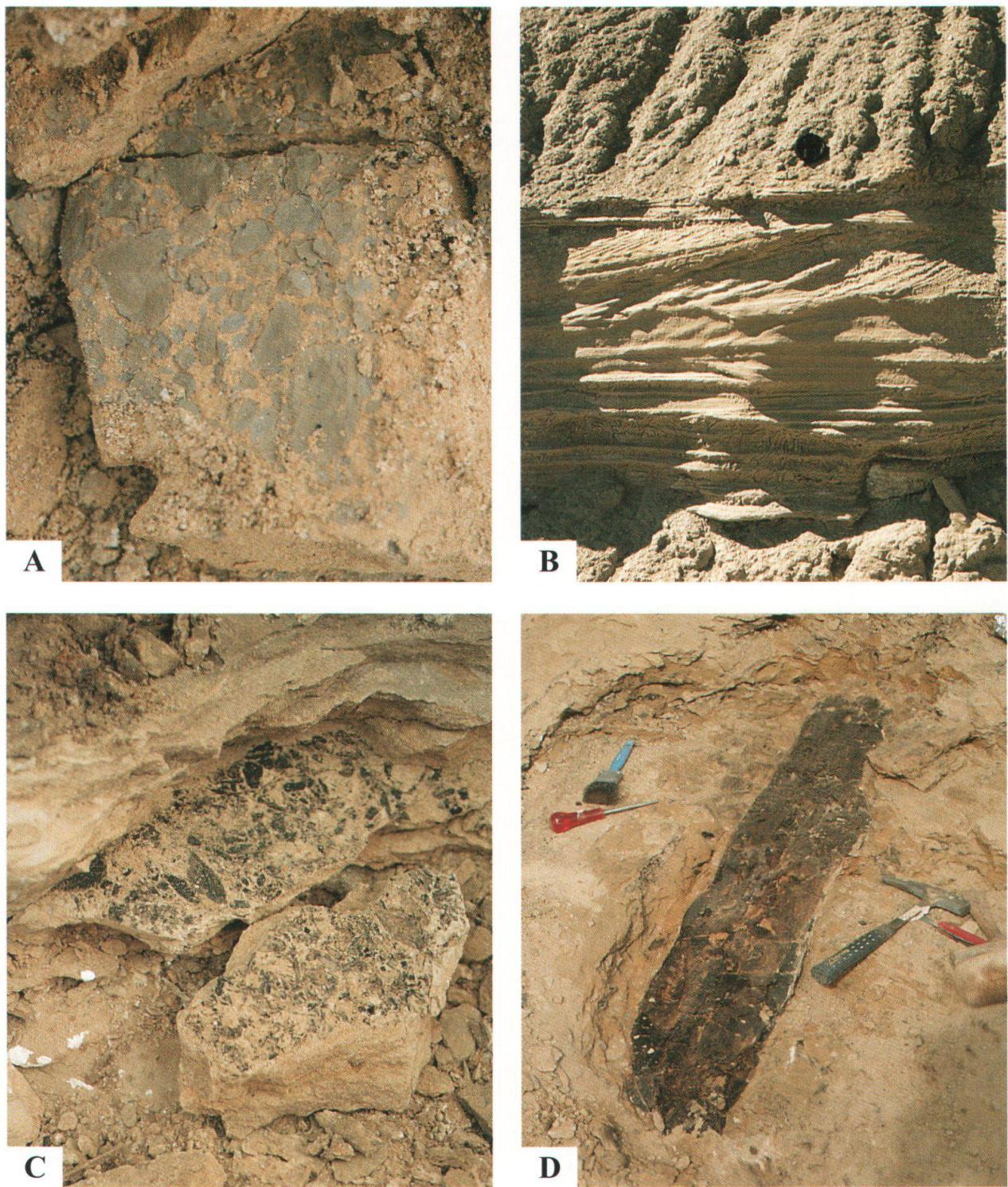


Figure 4: Observations sédimentologiques dans la *Formation de Morrison*. **A:** niveaux à galets mous centimétriques; **B:** stratifications entrecroisées dans les niveaux gréseux; **C:** horizons riches en débris végétaux fossiles; **D:** grand bois lignifié de plus d'un mètre de long.



Figure 5: Lilian et Barnum Brown dans la carrière de *Howe Quarry* en 1934, contemplant quelques ossements spectaculaires d'un dinosaure sauropté. (Neg. N° 2A6933 Photo. Barnum Brown. Courtesy Department Library Services, American Museum of Natural History, New-York).

Deux ans plus tard, soit en 1934, Brown se rendit sur les lieux pour diriger des fouilles. Un livre passionnant relate les aventures paléontologiques de Barnum Brown (BIRD, 1985) et consacre tout un chapitre à ce site du Wyoming. On y découvre dans un passage l'exaltation de Brown lorsqu'il contempla pour la première fois le gisement: «C'est un véritable trésor de dinosaures - s'écria-t-il - un extraordinaire trésor de dinosaures!». On remarqua en effet très vite le caractère exceptionnel du site. Après six mois de fouilles, on avait dégagé dans la carrière prospectée, mesurant 14 x 20 m et baptisée *Howe Quarry*, plus de 4000 ossements fossiles de dinosaures. Avec une telle concentration, ce gisement représente un des sites

jurassiques de ce type parmi les plus riches au monde! Tous les ossements de ces fouilles furent transportés par train et entreposées dans les collections de l'*American Museum of Natural History* de New-York. Le matériel, d'une grande valeur scientifique, n'a pourtant fait l'objet d'aucune étude détaillée au cours des années qui suivirent. A l'époque, Barnum Brown était apparemment très occupé par d'autres recherches. Ceci allait s'avérer d'autant plus regrettable que, quelques années plus tard, un terrible incendie ravagea les collections du Muséum faisant ainsi disparaître le 90% du matériel trouvé à *Howe Quarry*. Une riche et précieuse documentation paléontologique venait de s'envoler en fumée.

De nouvelles fouilles à partir de 1989

Suite à cette fin dramatique, le site allait peu à peu tomber dans l'oubli. Aucune nouvelle prospection ne sera menée jusqu'à la fin des années 80, époque où Hans-Jakob Siber commença à s'intéresser de très près à ce gisement fabuleux. En fait, c'est la lecture de l'ouvrage de BIRD (1985) qui le persuada de reprendre les recherches dans cette région. Après de longues et fastidieuses démarches auprès des propriétaires du terrain, il parvint à obtenir le droit d'ouvrir à nouveau la carrière de *Howe Quarry* et put ainsi démarrer son projet de fouilles paléontologiques qu'il nomma "*The Big Horn Mountain Dinosaur project*". En 1992, une nouvelle carrière était ouverte par Siber et son équipe à environ 450 mètres au sud-ouest de *Howe Quarry*. Le nouveau gisement, baptisé *Howe Stephens Quarry*, allait se montrer très vite tout aussi prometteur que le premier.

La législation américaine en matière de fouilles paléontologiques

Les lois américaines concernant la récolte et l'exportation de fossiles trouvés sur territoire national sont d'une grande sévérité (fig. 6). Cependant, lorsqu'il s'agit d'une parcelle privée, le gouvernement donne de larges droits aux propriétaires du terrain. Le site de *Howe Ranch* se situe précisément sur un domaine privé. Par conséquent, en payant à ses propriétaires une location annuelle, Hans-Jakob Siber s'octroie la concession paléontologique qui lui permet de dégager puis de ramener en Suisse tous les fossiles mis au jour sur son site de fouilles.

Il prit conscience, bien malgré lui, de la rigidité de cette législation lorsqu'en 1991, après avoir découvert et dégagé avec son équipe un squelette d'allosaure presque complet, il se le fit confisquer par les autorités américaines. Le fossile, nommé *Big Al*

One, une pièce exceptionnelle (fig. 7), se trouvait en fait à quelques centaines de mètres du gisement de *Howe Quarry*, à la limite du terrain de l'Etat. Selon les habitants de la région, le lieu de la découverte appartenait au domaine privé. Malheureusement, la venue de responsables de l'aménagement du territoire allait démontrer que les anciennes délimitations cadastrales étaient inexactes. Leurs appareils de mesure indiquaient que l'allosaure se trouvait sur le terrain de l'Etat, à moins de soixante mètres du terrain privé.

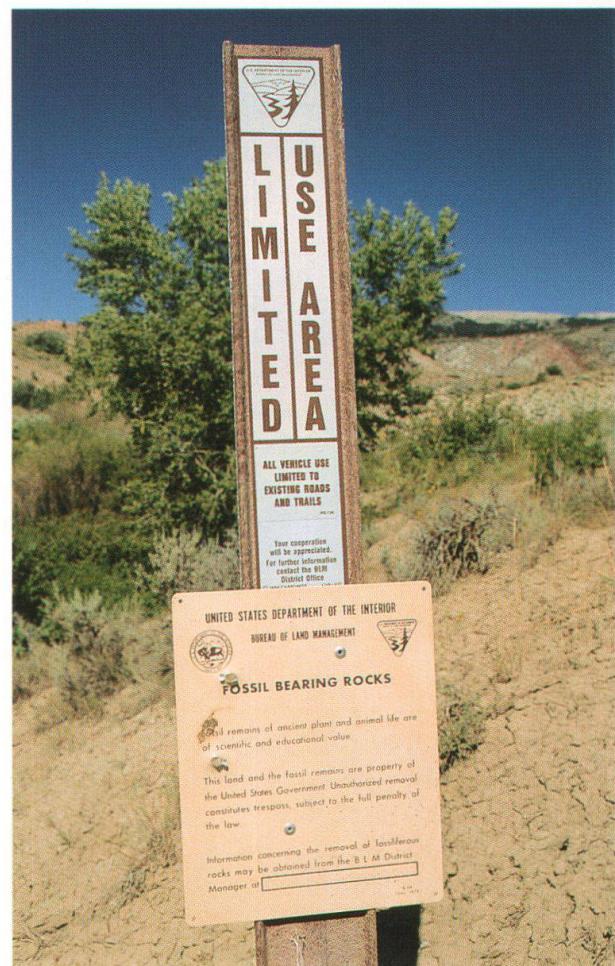


Figure 6: La limite cadastrale actuelle entre le terrain privé et le terrain de l'Etat est matérialisée à *Howe Ranch* par un panneau de mise en garde. On peut y lire notamment: «Les restes fossiles animaux et végétaux ont une valeur scientifique et pédagogique. Ce terrain et les fossiles qui s'y trouvent sont la propriété du Gouvernement des Etats-Unis. Toute récolte non-autorisée sera passible de poursuites judiciaires».



Figure 7: Crâne de l'allosaure *Big Al One* en cours de dégagement. Le fossile, dans un état de conservation remarquable, a été découvert par Siber et son équipe en 1991, à 300 mètres au nord de *Howe Quarry*. Sur la base de nouvelles mesures cadastrales, le squelette devenu propriété de l'Etat, leur sera confisqué quelques temps après par les Autorités américaines et déposé dans un musée au Montana.
(Photo H.-J. Siber)

En conséquence, les ossements, devenus propriété du Gouvernement, furent confisqués et puis déposés dans les collections du *Museum of the Rockies* à Bozeman, au Montana.

Bilan des fouilles entre 1990 et 1996

Les années suivantes allaient faire vite oublier la malheureuse aventure du dinosaure *Big Al One*. Entre 1990 et 1996, Siber et ses collaborateurs ont dégagé sur le site de *Howe Ranch* près de quinze squelettes dont cinq sont complets. Ceux-ci appartiennent à au moins huit genres de dinosaures différents. Cette grande diversité constitue, aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif, une des collections les

plus complètes de dinosaures du Jurassique supérieur sur le continent nord-américain.

Les fossiles extraits s'apparentent aux genres de dinosaures suivants:

- *Diplodocus*, *Camarasaurus*, *Apatosaurus* et *Barosaurus*, dinosaures herbivores géants (sauropodes)
- *Stegosaurus*, dinosaure ornithischien caractérisé par de grandes plaques dorsales
- *Allosaurus*, dinosaure prédateur de grande taille (théropode), caractéristique du Jurassique supérieur
- *Othnielia* et *Dryosaurus*, petits dinosaures ornithopodes.

Une image de ces différents dinosaures est présentée dans le tableau 1.

	<i>Othnielia</i>	<i>Dryosaurus</i>	<i>Stegosaurus</i>	<i>Allosaurus</i>	<i>Diplodocus</i>	<i>Apatosaurus</i>	<i>Barosaurus</i>	<i>Camarasaurus</i>
	<i>Othnielia</i>	<i>Dryosaurus</i>	<i>Stegosaurus</i>	<i>Allosaurus</i>	<i>Diplodocus</i>	<i>Apatosaurus</i>	<i>Barosaurus</i>	<i>Camarasaurus</i>
	Ornithischiens, Ornithopodes, Hypsilophontidae	Ornithischiens, Ornithopodes, Hypsilophontidae	Ornithischiens, Stégosaures, Stegosauridae	Saurischiens, Théropodes, Allosauridae	Saurischiens, Saupodes, Diplodocidae	Saurischiens, Saupodes, Diplodocidae	Saurischiens, Saupodes, Diplodocidae	Saurischiens, Saupodes, Camarasauridae
	1,4 m 30 kg	3,5 m 75 kg	8 m 4000 kg	7-12 m 3000 kg	27 m 10'000 kg	21 m 25'000 kg	27 m ?	25 m 15'000 kg
	herbivore	herbivore	herbivore	carnivore, parfois charognard	herbivore	herbivore	herbivore	herbivore

Tableau 1: Silhouettes des huit genres de dinosaures trouvés à Howe Ranch. Les proportions entre les animaux sont approximativement respectées.

Entre 1990 et 1991, la carrière de *Howe Quarry* a produit entre autre près de 500 nouveaux ossements dont la plupart appartiennent au genre *Diplodocus*. Elle a permis également la mise au jour de plusieurs empreintes tridactyles d'*Allosaurus*, partielles ou complètes. Cette découverte est exceptionnelle car la présence à la fois d'ossements et d'empreintes de dinosaures sur un même gisement reste à ce jour un phénomène extrêmement rare.

Durant cette même période, la mise au jour d'empreintes de peau de dinosaures sauropodes, fossiles jusque là rarement découverts dans des couches jurassiques, a apporté de précieux renseignements sur la morphologie externe de ces animaux. La venue sur le site de *Howe Ranch* de Stephen Czerkas, spécialiste en la matière, a permis d'étudier dans le détail une centaine d'échantillons, dont certains présentaient une forme triangulaire. Ces empreintes de peau insolites, dégagées à proximité des vertèbres caudales d'un diplodocus, ont amené le chercheur à attribuer ces fossiles à une crête cornée partiellement conservée. La publication de ses observations l'ont amené ensuite à proposer une nouvelle image des sauropodes. Aujourd'hui, les reconstitutions de *diplo-docus* font apparaître une crête, ressemblant à celle des iguanes, tout au long du dos et de la queue de ce dinosaure (tab. 1).

Ouverte en 1992, la carrière de *Howe Stephens Quarry* allait réservé des surprises encore plus belles. De 1992 à 1995, ce ne sont pas moins de 4 squelettes partiels de *diplo-docus* qui ont été dégagés. En 1992, la mise au jour d'un doigt de camarasaura dressé vers le ciel signalait en fait la présence d'un squelette complet que l'on surnomma pour la circonstance *E.T.*

Le dernier jour de la campagne de fouilles de 1995 a été le début d'un véritable conte de fée. Ce jour-là, Hans-Jakob

Siber a remarqué la présence d'un os ressemblant à un ischion (pièce du bassin) alors qu'il rangeait les outils pour la pause hivernale. Sa curiosité l'amena à dégager un peu plus le fossile qui semblait se poursuivre dans le terrain. Des vertèbres sont apparues, puis un fémur et un tibia. Le mauvais temps et le calendrier allaient malheureusement contraindre le paléontologue à quitter les lieux sans connaître la nature de sa nouvelle découverte. De retour en Suisse, Hans-Jakob Siber eut tout l'hiver pour rêver à son mystérieux fossile. Parmi les interprétations avancées, on envisagea la présence d'un nouveau squelette de camarasaura. Les premiers jours de la campagne de fouilles 1996 allaient très vite apporter la réponse à cette énigme: il s'agissait en fait d'un squelette de stégosaure dont le dégagement allait de plus mettre au jour un deuxième trésor paléontologique: au niveau de la jambe du stégosaure, on remarqua la présence de la queue d'un dinosaure carnivore. Après quelques semaines de fouilles, le constat dépassait toutes les espérances. Hans-Jakob Siber avait sous les yeux deux squelettes articulés et complets, ceux d'un stégosaure et d'un allosaure, surnommés respectivement *Victoria* et *Big Al Two*.

A cette liste exceptionnelle s'ajoute la mise au jour d'un squelette complet de dryosaure et de deux squelettes partiels du genre *Othnielia*. Au total, plus de 2000 ossements ont été extraits parmi lesquels seul une vingtaine n'ont pu être attribués à un squelette identifié.

L'ouverture d'une petite fouille à quelques dizaines de mètres de *Howe Stephens Quarry* (M-pit) a permis en 1995 la découverte d'un squelette d'apatosaura (*Max*) dont il ne manque que les vertèbres caudales, et d'un squelette partiel de stégosaure (*Moritz*).

Le résumé de ces résultats est présenté dans le tableau 2.

Site	Année de la découverte	Fossiles (nom de l'individu)
<i>Howe Quarry</i>	1934	4000 ossements appartenant à vingt squelettes partiels de saurodopes
<i>Howe Quarry</i>	1990-1991	Empreintes de peau de saurodope
<i>Howe Quarry</i>	1990-1991	Empreintes tridactyles d' <i>Allosaurus</i>
<i>Howe Quarry</i>	1990-1991	500 ossements de <i>Diplodocus</i> et év. de <i>Barosaurus</i>
<i>Siber Site</i>	1991	Squelette d' <i>Allosaurus</i> (Big Al One)
<i>Site au nord-est du campement (A-Pit)</i>	1995	Squelette partiel de <i>Diplodocus</i> (Aurora)
<i>Howe Stephens Quarry</i> (M-Pit) (M-Pit)	1992-1995	Squelette de <i>Camarasaurus</i> (E.T.) 4 squelettes partiels de <i>Diplodocus</i> (Dino Quattro, Broesmeli, Twin, Triplo) Squelette partiel de <i>Stegosaurus</i> (Moritz) Squelette partiel d' <i>Apatosaurus</i> (Max) Squelette partiel d' <i>Othnielia</i> (Minimax)
<i>Howe Stephens Quarry</i>	1996	Squelette d' <i>Allosaurus</i> (Big Al Two)
<i>Howe Stephens Quarry</i>	1996	Squelette de <i>Stegosaurus</i> (Victoria)
<i>Howe Stephens Quarry</i>	1996	Squelette de <i>Dryosaurus</i> (Barbara)
<i>Howe Stephens Quarry</i>	1996	Squelette partiel d' <i>Othnielia</i> (Piccolo)

Tableau 2: Synthèse des découvertes faites sur le site de *Howe Ranch* lors des fouilles de Barnum Brown en 1934 et par l'équipe du *Saurier Museum d'Aathal* de 1990 à 1996. La localisation exacte des carrières est présentée à la figure 2.

2^e partie: LA CAMPAGNE DE FOUILLES DE 1997

La campagne de fouilles 1997 s'est déroulée du 4 au 30 août. Quelques semaines avant les recherches sur le terrain, un programme de fouilles a été mis sur pied afin de définir les objectifs et de tirer le meilleur profit du temps à disposition sur le site. On a pris en compte notamment les résultats des fouilles précédentes, résumés sur un plan illustrant la répartition des fossiles dans le gisement de *Howe Stephens Quarry* (fig. 14). Par extrapolation, on a tenté de repérer les niveaux géologiques et les secteurs de la carrière susceptibles de receler de nouveaux squelettes. Le programme 1997 comportait deux objectifs principaux: le premier consistait à faire progresser le front de fouilles en direction du Nord afin de retrouver en profondeur un niveau riche en fossiles alors que le second visait à dégager définitivement, sur le même gisement, les squelettes complets de l'allosaure *Big Al Two* et du stégosaure *Victoria*, trouvés en 1996.

EN ROUTE POUR LE SITE...

Notre premier contact avec l'Ouest américain ne s'est pas fait sans une certaine émotion. C'est à Billings, une des principales villes du Montana, qu'a pris fin notre voyage en avion, après plus de quinze heures de vol. La location d'une voiture allait ensuite nous permettre de gagner par nos propres moyens le site de fouilles. La ville de Billings, disparue de notre champ de vision, a très vite laissé place à des paysages de plus en plus sauvages, aux horizons infinis. Un décor grandiose, aux formes géologiques parfaites, se déroulait sous nos yeux. La présence d'un couple d'aigles dorés perchés sur un rocher, quelques chiens de prairies à l'affût ou un troupeau de pronghorns, une espèce d'antilope, apportaient parfois une touche de vie à cette immensité minérale. La route, fidèle à la théorie qui veut que la plus petite distance

reliant deux points est une ligne droite, nous paraissait sans fin. Après deux heures et demi de voyage, la petite bourgade de Greybull était atteinte (fig. 8). Cette ville est la dernière localité avant le site de fouilles. Peuplé d'environ 1800 habitants, Greybull doit son nom, raconte-t-on, à la présence passée d'un très grand bison albinos, vénéré à l'époque par les Indiens de cette région. De cet endroit, il fallait encore compter une heure de route: le regard fixé sur notre plan d'accès, nous nous sommes enfoncés progressivement dans un paysage envoûtant aux formes et aux teintes surnaturelles (fig. 9). Après quelques hésitations de notre part, tout à fait justifiées au demeurant, nous sommes arrivés finalement au but par une route transformée sur les derniers kilomètres en une piste périlleuse. Le campement, regroupé autour de quelques arbres, était vide. Après avoir emprunté un chemin sur quelques centaines de mètres, nous avons rencontré nos compagnons de fouilles dans la carrière déjà mythique de *Howe Stephens Quarry*, ce mardi 15 août 1997 en fin d'après-midi.

UNE JOURNÉE SUR LA FOUILLE

L'équipe de base comptait six personnes au total: Hans-Jakob Siber et sa fille Maya; deux bénévoles: Christoph Keilmann et Esther Wolfensberger; et enfin Bernard Claude et moi-même du Muséum de Neuchâtel. Elle fut complétée plus tard par la venue de Ben Pabst, préparateur au *Saurier Museum d'Aathal*, Ioannis Michelis, paléontologue à Bonn et Denis Maurer, reporter vidéo à Colombier, mandaté par le Muséum de Neuchâtel pour filmer le travail sur les fouilles (fig. 23).

Vu l'isolement du site, notre campement devait pouvoir jouir d'une certaine autonomie. Les deux premiers jours avant notre arrivée avaient été réservés à la mise en

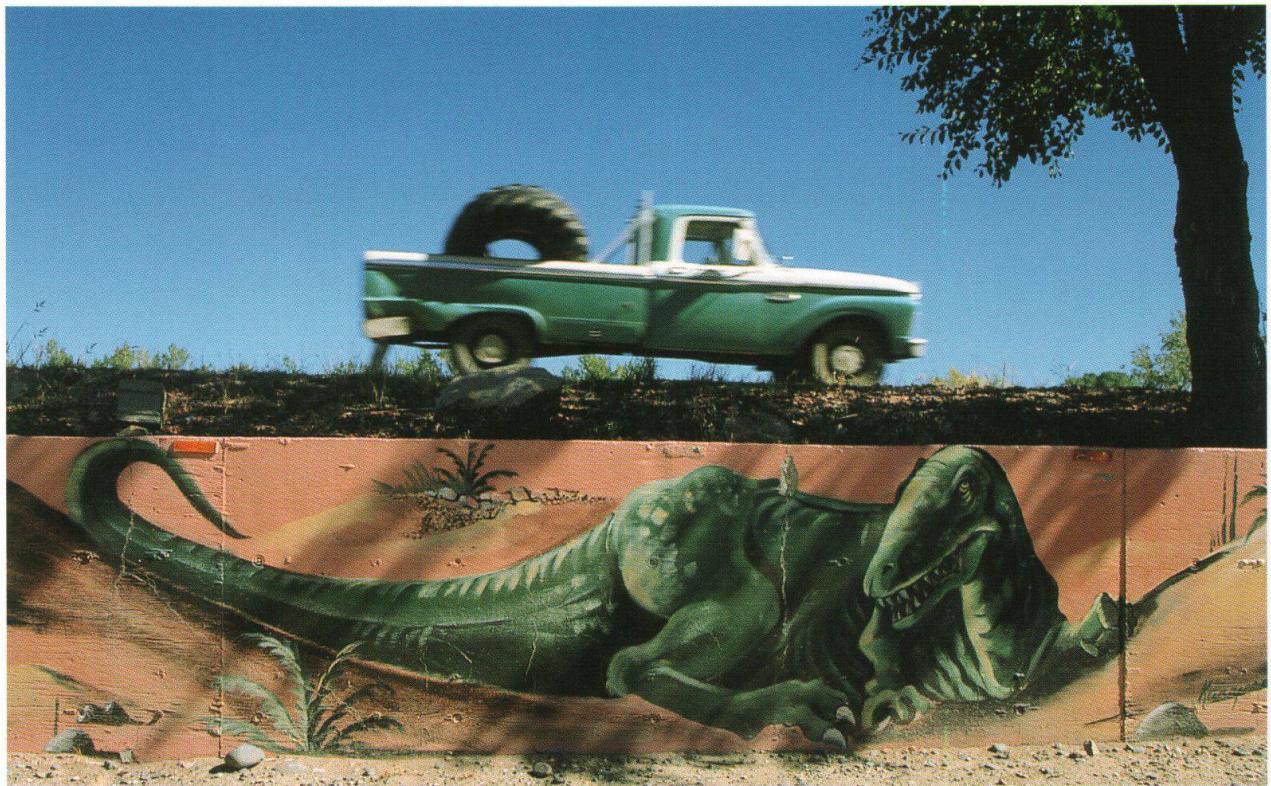


Figure 8: A l'entrée du village de Greybull, on est tout de suite plongé dans l'univers des dinosaures. Une artiste a décoré les murs en contre-bas de la route principale en s'inspirant de ces géants du passé.

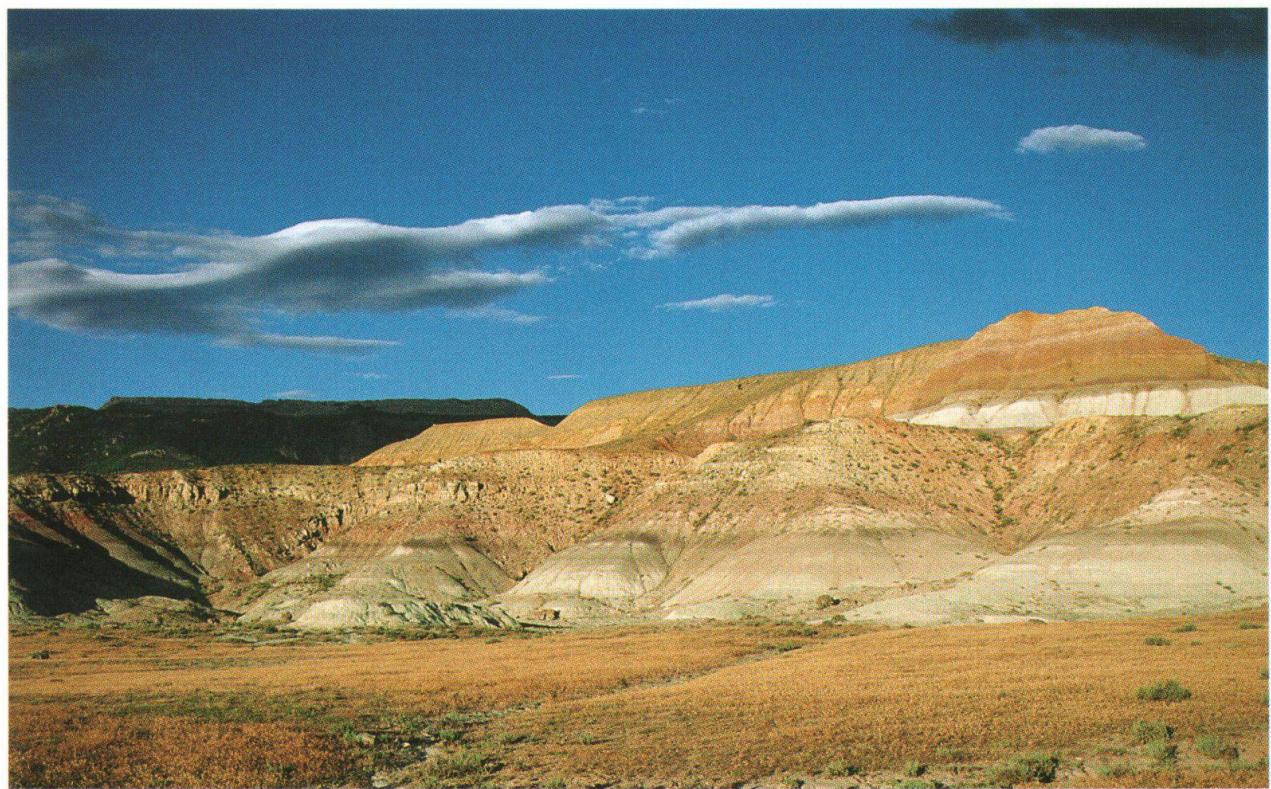


Figure 9: Paysage de Western dans les environs du site de Howe Ranch. Au premier plan, on distingue quelques buissons d'armoise.

place de toute l'infrastructure qui nous permettrait de séjourner un mois durant dans ces conditions particulières. L'eau potable était puisée dans une source voisine. Les tentes, installées les unes à côté des autres, accompagnaient une ancienne caravane faisant office à la fois de cuisinière à gaz et d'abri en cas de mauvais temps. Tous les trois jours, une équipe se rendait à Greybull pour le ravitaillement en nourriture et l'achat de matériel au besoin.

Les journées suivantes allaient être consacrées au travail de prospection proprement dit. Après un petit déjeuner copieux, toute l'équipe se rendait dans la carrière de *Howe Stephens Quarry* en prenant soin d'emporter à chaque fois les litres d'eau indispensables à notre hydratation. La température dans la carrière pouvait en effet s'élever à plus de 40 degrés, ceci couplé à un taux d'humidité très faible. Pour pallier quelque peu à ces conditions parfois difficiles, quelques tentures étaient suspendues au-dessus de la carrière pour nous permettre de bénéficier d'un peu d'ombrage aux heures les plus chaudes. De plus, une petite cabane en bois fut construite aux abord du gisement afin d'entreposer les outils et de protéger le matériel photographique.

Le travail de fouilles faisait appel à des compétences très diverses. En véritables terrassiers, il nous fallait creuser à la pioche ou à la pelle et évacuer des centaines de kilos de gravats au moyen de brouettes. Puis, à chaque trouvaille, c'est avec la patience et la minutie d'un horloger que les fossiles étaient peu à peu dégagés. Notre polyvalence ne s'arrêtait pas là: il fallait encore pratiquer le travail du géomètre pour cartographier les fossiles ou celui du plâtrier pour consolider les ossements. Toutes ces activités étaient bien sûr complétées par des mesures géologiques sur le site et par des séances de discussion portant avant tout sur l'origine du gisement. Cette pluridisciplinarité rendait le travail de fouilles encore plus passionnant.

Le repas de midi était pris au campement où l'ombre de quelques grands arbres nous apportait une délicieuse sensation de fraîcheur. La journée sur les fouilles se prolongeait jusqu'au crépuscule et se terminait souvent par le merveilleux spectacle du coucher de soleil embrasant les *Monts Big Horn* (fig. 10). Le soir, nous prenions un bon repas autour du feu. Après quoi, la nuit illuminée de myriades d'étoiles et bercée parfois par le chant des coyotes nous plongeait dans un sommeil profond et réparateur.

Un imprévu est venu s'ajouter à notre programme quotidien. Le campement était relié à la carrière par une piste à peine carrossable qui devait permettre, à la fin des fouilles, le transport par véhicules des fossiles. Malheureusement, de fortes pluies printanières avaient grossi le petit ruisseau que le chemin enjambait, emportant du même coup le pont de fortune permettant l'accès au gisement. Nous n'avions alors pas d'autre alternative que de rétablir à tout prix le passage. Ainsi, pendant près d'une semaine et aux heures les moins chaudes, nous avons comblé le fossé au moyen de plusieurs dizaines de brouettes remplies de gravats.

Cette construction allait d'ailleurs nous causer quelque frayeur lorsque le jeudi 28 août, à la fin des fouilles, les fossiles quittèrent la carrière pour leur transport jusqu'à l'aéroport. Les véhicules, en l'occurrence une camionnette et deux bœtaillères mises généreusement à disposition par un propriétaire de ranch de la région, s'avancèrent prudemment sur notre pont de fortune, à l'entrée du campement, lorsqu'un pan de terre commença à glisser sous le poids du chargement. Un mois entier de travail de fouilles était soudain menacé. Heureusement, la dextérité du chauffeur et la mise en place en catastrophe de poutrelles sous les roues allaient enfin permettre aux véhicules de poursuivre leur chemin, indemnes.



Figure 10: A chaque fin de journée, le soleil couchant offrait un spectacle surnaturel. A l'arrière-plan: la chaîne des *Monts Big Horn*.

UNE CAMPAGNE FRUCTUEUSE

Les 4 semaines de fouilles ont abouti à de très bons résultats. Au total, plus de 5 tonnes de matériel ont été extraits, os et gangue de sédiments compris. Dès les premiers jours, nous mettions la main sur de grands ossements appartenant probablement au genre *Diplodocus*. On dégagea notamment de grandes vertèbres cervicales et dorsales, une omoplate de 1,5 m de long, un humérus et des pièces du bassin - pubis et ischion (fig. 11, en haut). Au total, près de 35 ossements ont été mis au jour. La grande dimension des fossiles nous amena à surnommer ce diplodocus *XL*.

Quelques vertèbres et une griffe (fig. 11, en bas) d'un autre spécimen de diplodocus, surnommé *Twin*, sont venues compléter les ossements trouvés durant les fouilles précédentes. Ce dinosaure intéresse particuliè-

rement le Muséum de Neuchâtel qui entend acquérir définitivement une partie du squelette, notamment une patte postérieure et le bassin complet, le tout d'une hauteur de 3,5 mètres.

La campagne 1997 a permis également d'extraire définitivement les squelettes de l'allosaure *Big Al Two* (fig. 12, en haut) et du stégosaure *Victoria*, découverts tous deux en 1996. Leur dégagement a de plus abouti à d'étonnantes découvertes: le quatrième pic caudal du stégosaure *Victoria* qui manquait jusqu'ici fut notamment mis au jour. En outre, une dent de poisson, probablement du genre *Ceratodus*, a été localisée à proximité de la cage thoracique de l'allosaure. Cette trouvaille pourrait apporter de précieux renseignements sur le régime alimentaire de ce dinosaure prédateur.



Figure 11: En haut: Vue d'ensemble des ossements du diplodocus XL. On distingue, en haut de la photo, de gauche à droite, un humérus et une omoplate de grande taille. En bas: Griffe du diplodocus Twin.



Figure 12: En haut: Ossements de la patte avant de l'allosaure *Big Al Two*. En bas: Ossements de la patte arrière d'un petit dinosaure, probablement du genre *Othnielia*.

Big Al Two et *Victoria* sont deux spécimens parfaitement conservés et complets à près de 100%. Sur le plan mondial, ils représentent deux trouvailles d'importance majeure. Le squelette de l'allosaure, dont la taille est estimé à 8 mètres de long et à 3 mètres de haut, constitue du reste la trouvaille la plus complète jamais réalisée sur le continent américain. Le fossile, dont la préparation en laboratoire est estimée à plus d'une année, sera d'ailleurs l'attraction principale de l'exposition à Neuchâtel, prévue en 1999.

Nos recherches ont abouti également à la découverte d'ossements appartenant à un dinosaure de très petite taille, probablement du genre *Othnielia*. Il s'agit en particulier d'un fémur et d'un tibia de quelques centimètres seulement (fig. 12, en bas).

La campagne de fouilles 1997 a donc été pleinement réussie. Elle constitue d'ailleurs une des plus riches de ces neuf dernières années. En ajoutant ces résultats aux découvertes précédentes, on obtient dans *Howe Stephens Quarry* une concentration de squelettes exceptionnelle que l'on peut illustrer sur un plan (fig. 13).

LES TECHNIQUES DE FOUILLES

Les méthodes pratiquées sur le gisement ressemblent aux techniques traditionnelles de prospection paléontologique. Voici en résumé les différentes étapes qui séparent la découverte d'un os fossilisé de son transport définitif:

La découverte d'un fossile et son dégagement

Le travail de fouilles consiste dans un premier temps à prospecter grossièrement le terrain au moyen de pioches, de marteaux et de burins. A chaque coup, le contenu des gravats doit être vérifié afin de repérer à temps la présence éventuelle d'un fragment d'os. Dans ce cas, on met

immédiatement de côté les gros outils et on tente de localiser au plus vite d'où le débris d'os vient d'être arraché. Parfois, plusieurs heures d'excavation sont nécessaires avant de toucher l'objet tant recherché. La mise au jour du fossile récompense alors les durs efforts consentis à sa découverte.

Au moyen d'un pinceau ou d'un couteau, le contour et la surface du fossile sont dégagés minutieusement pour permettre plus tard son identification. Il est important que les limites de l'os ou du fragment soient parfaitement définies dans l'espace afin d'éviter toute perte au moment de son extraction. De plus, au cours du dégagement, une goutte de colle forte instanannée est systématiquement appliquée sur chaque petite fissure. Le climat aride de cette région provoque une dessication qui fragilise considérablement le fossile. Pour le stabiliser, on imprègne l'os, à plusieurs reprises, d'une résine appelée *fond d'accrochage acrylique*.

Le dégagement doit tenir compte de deux aspects contradictoires. D'une part, il faut retirer le maximum de sédiments entourant les ossements afin de ne pas surcharger inutilement le lot de fossiles destiné au transport. D'autre part, un nettoyage excessif des ossements avec des outils inappropriés risque d'endommager le fossile ou de le fragiliser, compromettant son exportation vers la Suisse. La solution doit être adaptée à chaque cas. Par exemple, lorsqu'une portion de terrain renferme une multitude de fragments osseux indéterminables ou, dans le cas d'un squelette articulé ne permettant pas d'isoler un à un les différents ossements, il est souhaitable de conserver et de circonscrire cette accumulation dans son ensemble en vue d'un dégagement plus complet en laboratoire. Dans ce cas, la gangue de sédiment, qui doit jouer le rôle de cocon protecteur pendant le transport, est imprégnée d'une solution de colle blanche plus ou moins diluée, destinée à renforcer l'ensemble.

Howe - Stephens - G - Quarry (Wyoming, USA): General Quarry Map

1992 - 1997

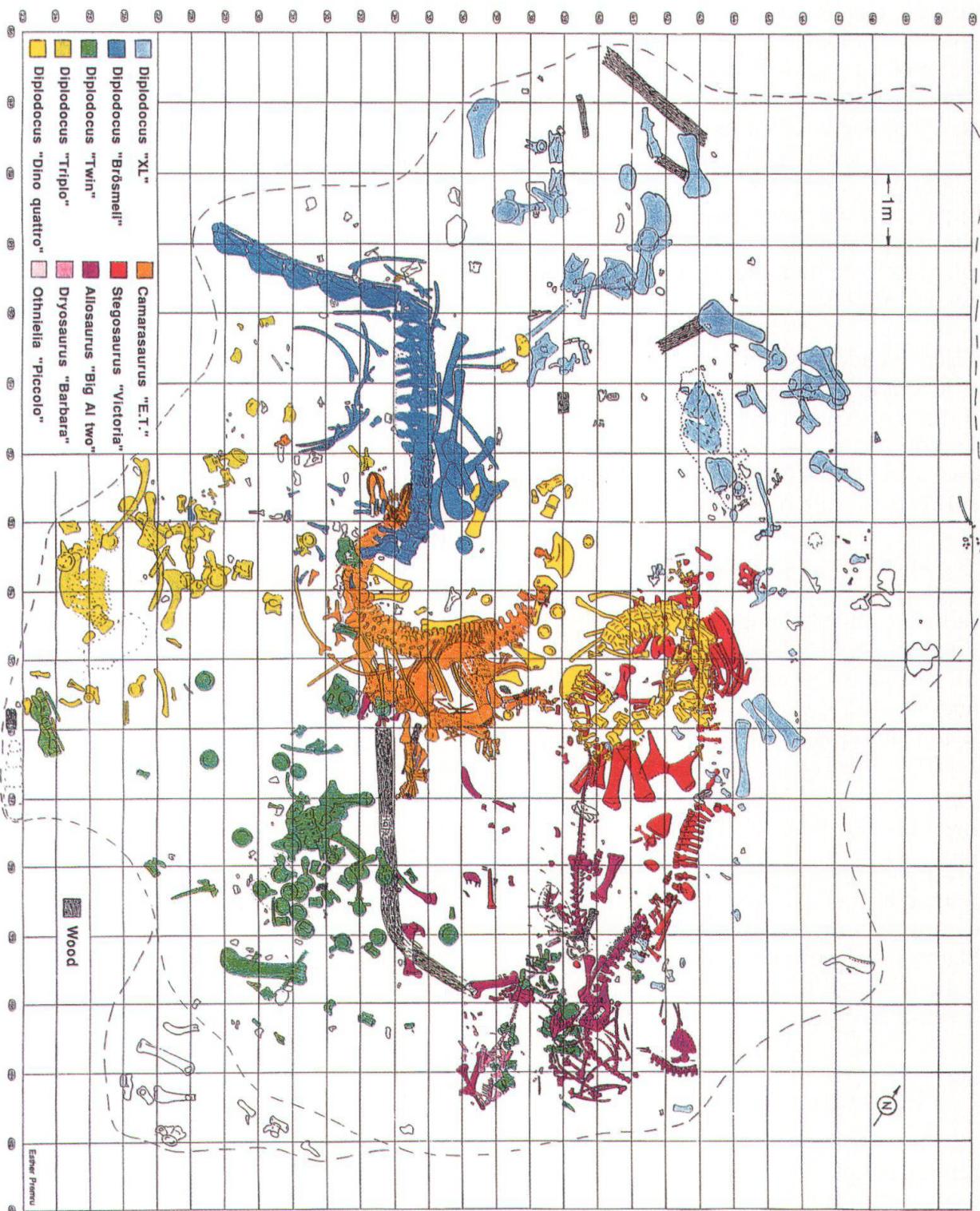


Figure 13: Résultats cumulés des fouilles dans *Howe Stephens Quarry*, de 1992 à 1997. Sur une surface d'à peine 150 m², on observe une concentration exceptionnelle de 10 squelettes imbriqués. Parmi ceux-ci, on observe notamment en haut à droite les ossements du diplodocus *XL* trouvé en 1997.
(Plan réalisé par Esther Premru, paléontologue)

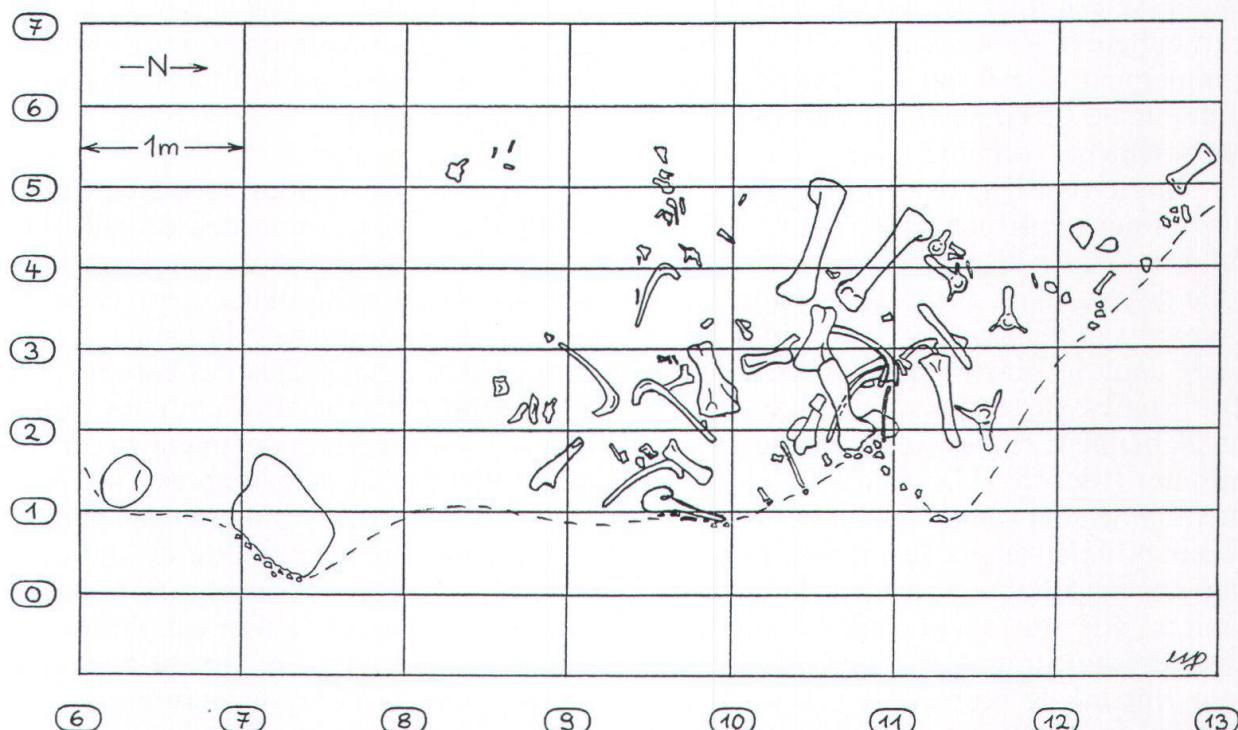


Figure 14: Plan des ossements du stégosaure *Moritz* dégagé dans la carrière *M-Pit* en 1995.
(Dessin: Esther Premru)

La cartographie

Une fois le fossile dégagé, il est soigneusement cartographié afin d'enregistrer sa position exacte et son orientation, selon un système de référence avec des coordonnées verticales et horizontales. Pour cela, la carrière est représentée sous la forme d'une grille dont chaque unité représente $0,5\text{ m}^2$ de terrain. Un système de repères topographiques et des fils tendus dans la carrière permettent de localiser le fossile sur cette grille et d'en dessiner le contour (figs. 14 et 15). Ces informations, reportées sur un plan, sont très importantes à différents égards. D'une part, le travail de préparation des fossiles en laboratoire s'appuie sur de tels documents afin notamment de reconstituer les squelettes livrés en pièces détachées. D'autre part, une vision générale de la disposition des différents fossiles apporte de précieux renseignements pour l'interprétation géologique du gisement.



Figure 15: L'utilisation d'un chablon représentant l'unité cartographique facilite le travail de documentation.

La consolidation et le transport des fossiles

Avant leur extraction et plus tard en vue de leur transport, les fossiles sont consolidés selon une méthode adaptée à la taille des ossements. Pour les petits fragments de

quelques centimètres, aucune préparation particulière n'est nécessaire et le fossile est simplement extrait par sa base au moyen d'une lame de couteau par exemple. Pour les ossements complets isolés et les parties de squelettes, l'utilisation de plâtre est absolument indispensable. Pour ce faire, on découpe des bandes de tissu dans de la toile de jute, alors que du plâtre liquide est préparé simultanément. Ces bandes trempées dans le plâtre sont soigneusement appliquées sur toute la surface de l'os préalablement recouvert de feuilles d'aluminium (fig. 16). L'exercice doit s'effectuer rapidement car, au bout de deux à trois minutes déjà, le plâtre liquide durcit et devient inutilisable. Au bout de quelques heures, une fois séchés par le soleil, les fossiles sont prêts à être enfin libérés de leur linceul de pierre. La vision de ces momies immaculées posées sur le sol est tout à fait surprenante (fig. 17).

L'extraction définitive des ossements est un moment toujours délicat. Dans un premier temps, on sectionne le "cordon ombilical" qui lie encore le fossile plâtré à son substrat. Puis, d'un seul mouvement, on retourne le tout afin de vérifier si aucun fragment d'os ne se trouve encore dans le

sol. Le résultat de la manœuvre vient ainsi sanctionner en quelques secondes les heures de travail préliminaire passées à préparer le fossile.

La préparation pour le transport est adaptée à la dimension des échantillons. Les fossiles de petite et moyenne taille sont emballés minutieusement dans des feuilles d'aluminium et du papier journal avant d'être rangés dans des cartons prêts au transport. Par contre, pour les grands fossiles, dont certains peuvent peser jusqu'à 1000 kg, la démarche est plus délicate. Les ossements plâtrés sont déposés tout d'abord sur une palette de transport. Puis, à la force des bras ou au moyen d'un treuil manuel, le tout est glissé, centimètre par centimètre, jusqu'aux véhicules. Pour faciliter la manœuvre, des rondins de bois sont placées à l'avant et sous les palettes pour créer un effet de tapis roulant, à la manière des bâtisseurs de pyramides.

A la fin de la campagne de fouilles 1997, le transport s'est effectué dans un premier temps jusqu'à Greybull où le chargement fut déposé provisoirement dans un abri. Quelques jours après, le tout était rangé dans un grand conteneur et conduit par camion jusqu'à l'aéroport de Denver, au Colorado. Il ne restait plus à nos dinosaures qu'à survoler l'Atlantique par avion jusqu'en Suisse pour être livrés par camion, quelques jours après et dans un parfait état de conservation, devant la porte du *Saurier Museum d'Aathal*.



Figure 16: Application de bandes de jute trempées dans du plâtre sur la surface d'une vertèbre.

LE NETTOYAGE DES OSSEMENTS EN LABORATOIRE

Le travail en laboratoire représente une étape capitale, mais ô combien laborieuse. En effet, on évalue que la préparation et le montage définitif d'un squelette requièrent vingt fois plus de temps que

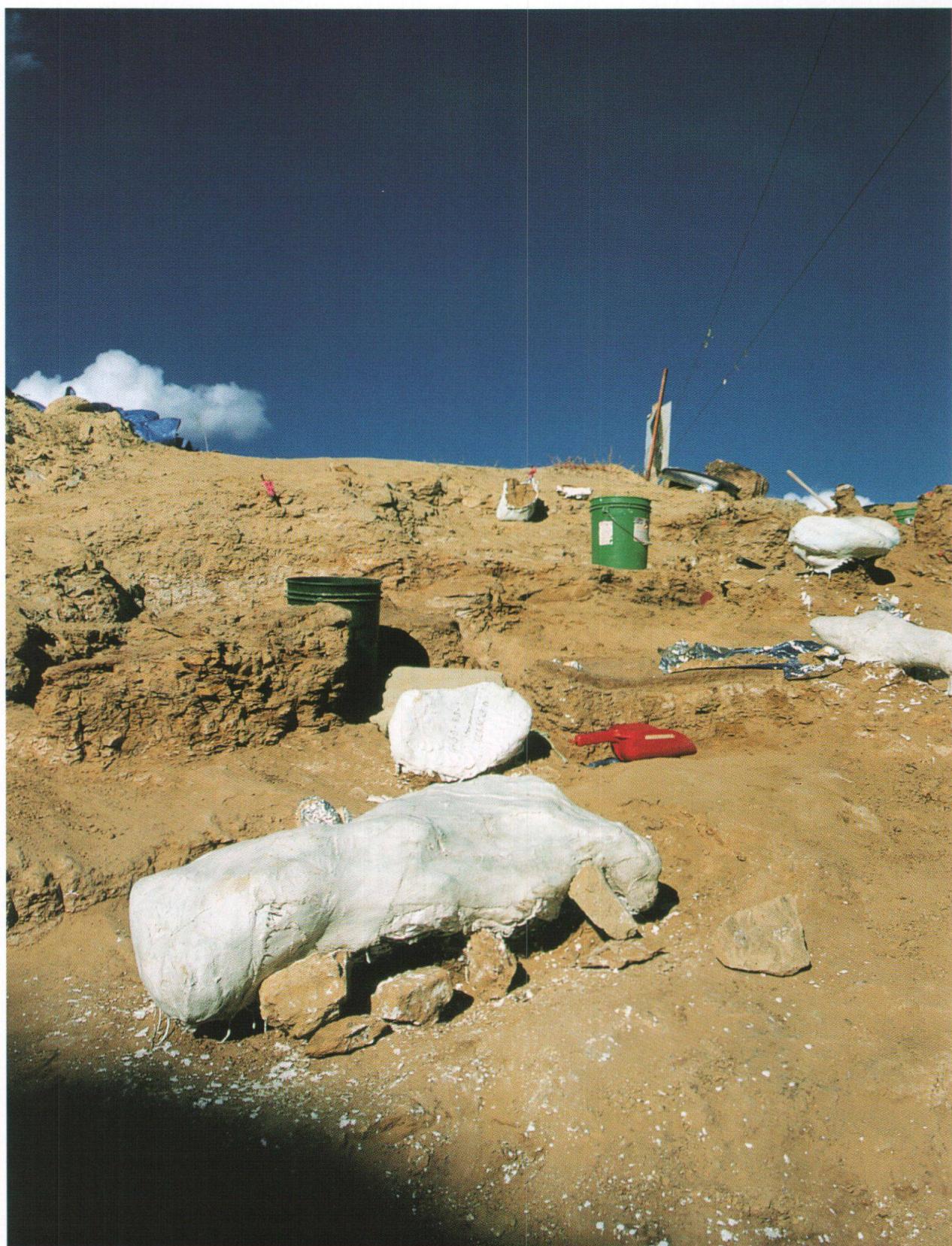


Figure 17: Une fois plâtrés, tels des sarcophages, les grands ossements offrent une vision insolite.

son dégagement sur le terrain. La préparation de l'allosaure *Big Al Two* dégagé durant les campagnes de fouilles 1996 et 1997 a été entreprise dès son arrivée au *Saurier Museum d'Aathal*, soit en octobre 1997. Ben Pabst, le préparateur, a estimé la durée du travail à près de 2000 heures. Sans trop insister sur les techniques utilisées, on peut résumer ainsi les principales étapes de la préparation des ossements en laboratoire:

- Se référant aux données cartographiques de terrain, le préparateur tente d'abord d'identifier le fossile à dégager et estime sa position dans la gangue sédimentaire. Il peut s'aider également de représentations anatomiques tirées de la littérature.
- Le travail de dégagement des ossements s'effectue prudemment au moyen de petits outils ou de différentes fraises mécaniques. Le fossile est peu à peu libéré de sa coque

de plâtre. Comme sur le terrain, les surfaces osseuses nouvellement dégagées sont stabilisées au moyen de différentes colles et résines.

- Une fois libérés de leur gangue, les fossiles sont nettoyés au moyen d'une sableuse. Cet appareil propulse sous pression de la poudre minérale abrasive qui retire les derniers millimètres de sédiment collés aux ossements.
- Un travail de reconstitution est ensuite nécessaire pour les pièces à recoller ou pour celles présentant des fissures. Un mastic mélangé à une pâte durcissante est alors appliqué aux endroits concernés.
- L'os est finalement trempé quelques minutes dans une résine acrylique pour une dernière consolidation.
- Une fois toutes les pièces du squelette nettoyées, le préparateur passe à la phase

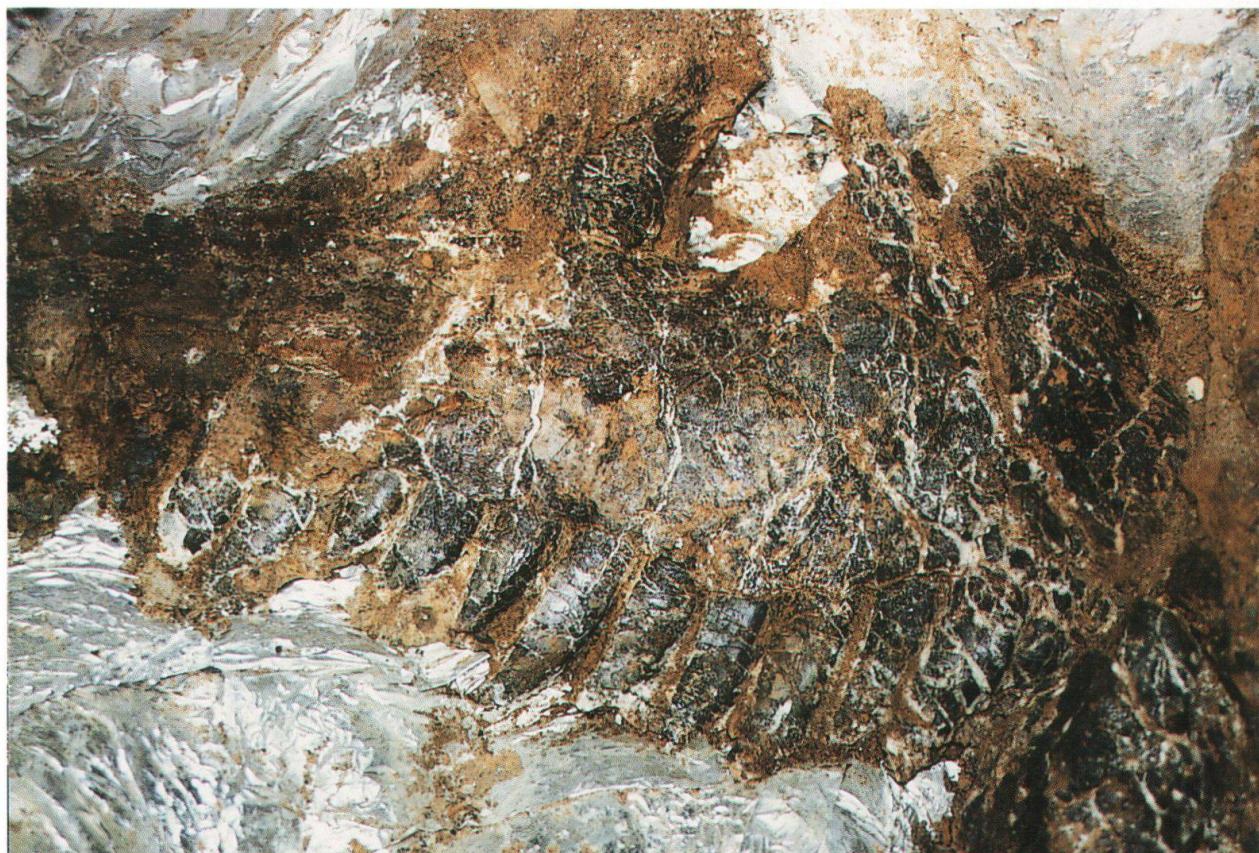


Figure 18: Ossements de l'allosaure *Big Al Two* en cours de préparation. On distingue clairement une mâchoire supérieure et sa rangée de dents très bien conservées.

de montage qui est adaptée à chaque fossile. Les ossements trop fragiles ou d'une très grande importance scientifique seront par exemple conservés dans les collections et seront remplacés par des moulages pour la présentation publique.

Le squelette de l'allosaure *Big Al Two* sera tout de même présenté sous sa forme

authentique durant l'exposition du Muséum de Neuchâtel, qui s'ouvrira au printemps 1999. La fin du montage est prévue pour novembre 1998. Les résultats intermédiaires sont d'ores et déjà spectaculaires et laissent présager d'une présentation finale impressionnante (fig. 18).

3^e partie: INTERPRÉTATION GÉOLOGIQUE DU SITE DE HOWE RANCH

L'étude taphonomique

La taphonomie est une discipline de la paléontologie qui tente de retracer sur un gisement les événements qui ont suivi la mort des organismes, notamment le transport, l'enfouissement et les processus de fossilisation. Couplée à des études sédimentologiques, elle permet d'une part de proposer une image reconstituée du site étudié et, d'autre part, d'envisager un scénario pour expliquer l'origine du gisement. Ces démarches s'appuient bien sûr sur des observations de terrain, mais également sur des analyses plus fines en laboratoire.

La taphonomie se concentre sur l'étude des ossements, de leur préservation et de la disposition des squelettes dans la carrière prospectée. L'étude sédimentologique analyse la nature des roches et la géométrie des strates sédimentaires. Elle s'appuie notamment sur des données cartographiques détaillées. Elle a pour but de déterminer entre autre l'origine des sédiments et leurs conditions de dépôt. La composition minéralogique et le contenu fossifère des roches apportent des informations paléoécologiques.

Cette recherche est une véritable enquête policière où l'interprétation de tous les indices doit se faire pas à pas, sans céder à des conclusions trop hâtives.

Interprétations sédimentologiques du site de Howe Ranch

Ioannis Michelis, paléontologue allemand, mène depuis quelques années des recherches dans la région de *Howe Ranch*, se consacrant à l'étude taphonomique du gisement de *Howe Quarry*. Ce travail aboutira en 1999 à une thèse de doctorat. Sa présence lors des fouilles en 1997 a permis de discuter du contexte sédimentologique du site. Voici quelques-unes de ses observations:

L'analyse des argiles a permis de distinguer deux conditions de dépôt. L'origine des bentonites est rattachée généralement au dépôt éolien de particules d'origine volcanique. A l'inverse, les argiles bigarrées ont été déposées par l'eau. Dans la *Formation de Morrison*, ce dépôt a fait suite à des inondations. Des phénomènes d'altération ont modifié ensuite ces argiles: les teintes rouges attestent d'un drainage important responsable de l'oxydation du sédiment alors que les argiles verdâtres, mal drainées, ont été plutôt altérées par des circulations d'eau souterraine; enfin, la formation de nodules calcaires, les *caliche nodules*, est un produit caractéristique d'altération sous des conditions climatiques arides, tout au moins saisonnières.

Dans la région de *Howe Ranch*, les grès ont pour origine le dépôt d'alluvions au sein d'un système de chenaux formé par l'écoulement d'une rivière de type *braided river* ("rivière à chenaux tressés") (WALKER, 1984). Contrairement à la rivière à méandres, la *braided river* dépose ses sédiments sous la forme de dunes longitudinales entre lesquelles circulent le courant. Dans la région étudiée, la largeur de la rivière est estimée à au moins 50 mètres, avec des chenaux d'une profondeur de 3 à 6 mètres environ. De telles dimensions sont envisageables au vu de la taille des cadavres de dinosaures que la rivière a pu transporter à l'époque. Des indices de direction du courant, présents dans les niveaux gréseux, montrent un écoulement général du sud-ouest vers le nord-est.

Enfin, les rares niveaux calcaires ont pour origine l'évaporation à l'époque de points d'eau en période sèche.

Ces différents indices sédimentologiques représentent des éléments précieux pour l'interprétation des gisements de *Howe Quarry* et de *Howe Stephens Quarry*.

Howe Quarry, il y a 147 millions d'années

La carrière de *Howe Quarry* a déjà fait l'objet d'une interprétation après les fouilles de 1934. L'image reconstituée du gisement au Jurassique supérieur montre un allosaure attaquant un troupeau de diplodocus (BIRD, 1985). Les observations faites par Hans-Jakob Siber et son équipe durant les fouilles de 1990 et de 1991 ont permis de proposer une nouvelle représentation. Ainsi, avec la participation de Mark Hallett, célèbre illustrateur américain, une image de *Howe Quarry* il y a 147 millions d'années a été réalisée (fig. 20). On y voit notamment un troupeau de dinosaures sauropodes composé d'adultes et d'individus juvéniles venus se regrouper autour d'un ancien point d'eau, d'une largeur de quelques dizaines

de mètres, dernier vestige d'une rivière asséchée par une longue période sans pluie. Les individus assoiffés constituent des proies faciles pour les allosaures, les grands prédateurs de l'époque. D'autres dinosaures affaiblis s'envasent. La végétation est représentée par quelques fougères et de grands conifères, les araucarias.

Ce tableau est fortement inspiré des scènes animalières actuelles que l'on peut observer notamment dans la savane africaine. Il est en effet tentant de tirer des parallèles entre cette représentation et les nombreux films documentaires mettant en scène les stratégies d'attaque d'un groupe de lions, par exemple, sur un troupeau d'herbivores rassemblé autour d'un point d'eau. Cependant, même si l'image proposée comporte la touche personnelle de l'illustrateur, elle n'en repose pas moins sur une démarche scientifique rigoureuse dont les arguments sont les suivants:

- Dans *Howe Quarry*, la nature argileuse du niveau sédimentaire qui contient les ossements traduit des conditions hydrodynamiques de très faible énergie qui ont accompagné le dépôt des fossiles. Un transport fluviatile est donc exclu. Cette conclusion est de plus renforcée par le fait que les sédiments de la carrière ne renferment que peu ou pas du tout de débris végétaux.
- La géométrie des couches dans la carrière laisse apparaître une sorte de cuvette. Cette paléotopographie serait le témoin du point d'eau décrit ci-dessus.
- Bien qu'aucun squelette d'allosaure n'ait été trouvé sur ce gisement, la présence de ce grand carnivore est attestée d'une part par des empreintes trouvées aux côtés des ossements et d'autre part par la mise au jour de quelques dizaines de dents.
- La cartographie de tous les ossements montre une répartition des fossiles très hétérogène (fig. 19). De plus, aucun squelette complet n'a été trouvé. Il semble que l'activité prédatrice et occasionnellement

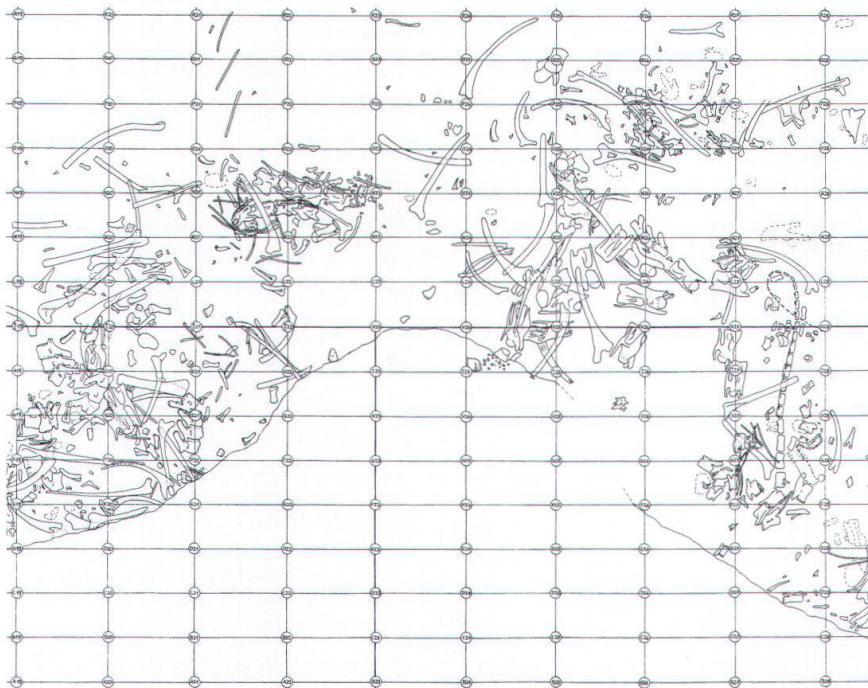


Figure 19: Détail du plan de répartition des ossements trouvés dans *Howe Quarry*, entre 1990 et 1991.

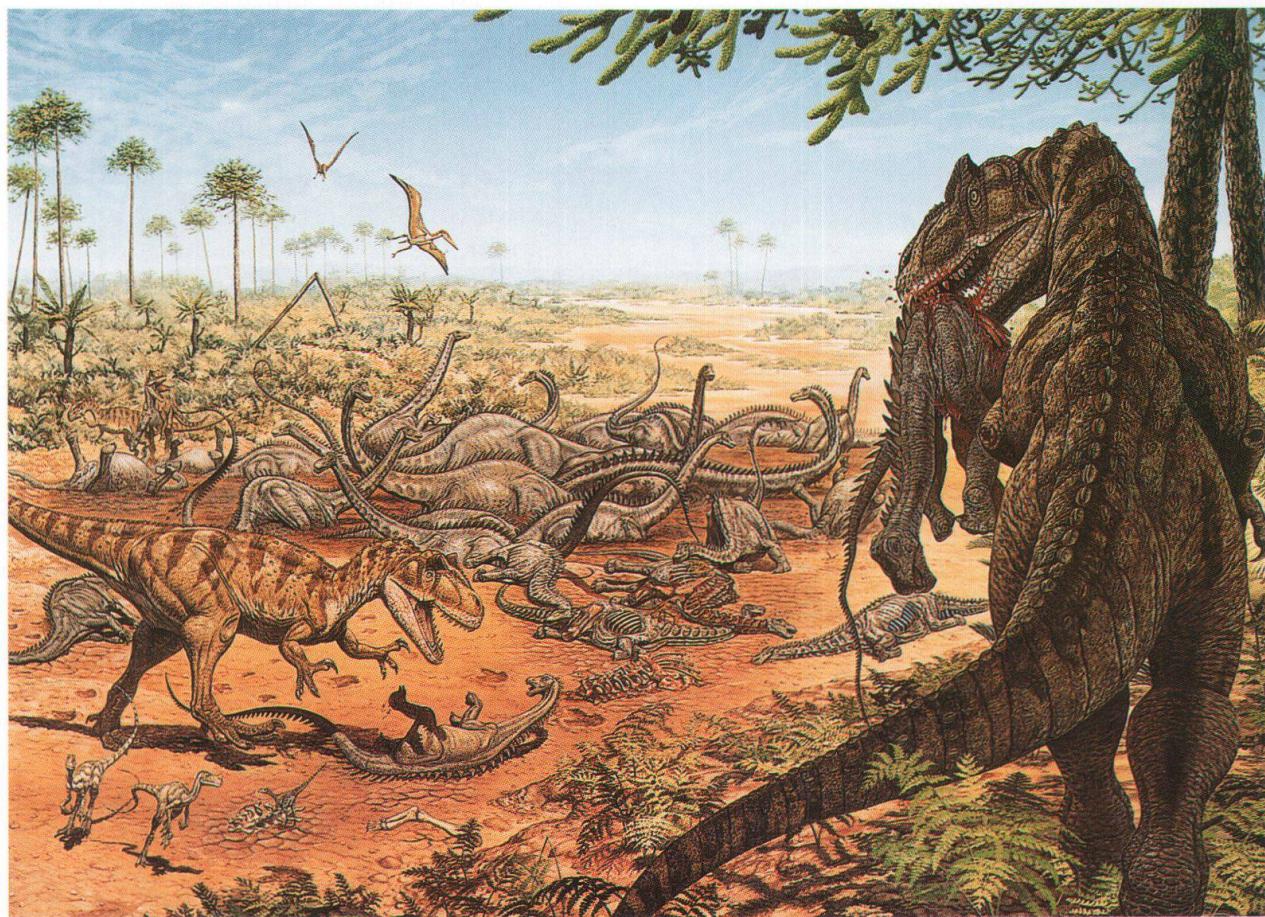


Figure 20: Représentation du paysage de *Howe Quarry*, il y a 147 millions d'années. Réalisation artistique de Mark Hallett.

charognarde des allosaures soit à l'origine de cette répartition désordonnée des ossements.

- la préservation d'empreintes de peau implique des conditions de fossilisation particulières. D'une part, l'enfouissement des cadavres doit se faire rapidement et d'autre part, le sédiment doit être suffisamment fin pour protéger les parties organiques de l'oxydation par l'air. De ce fait, l'envasement de certains individus peut être envisagé.

Parmi les questions non résolues, la dimension temporelle de la scène reconstituée est encore très discutée. S'agit-il d'un événement dramatique ponctuel dans le temps, comme le laisse paraître la représentation de Mark Hallett ? Ou faut-il plutôt imaginer une situation analogue qui s'est répétée dans le temps sur plusieurs décennies ? Le travail de doctorat de Ioannis Michelis amènera peut-être une réponse à cette question et permettra sans doute d'affiner l'interprétation du gisement de *Howe Quarry*.

Première interprétation géologique de Howe Stephens Quarry

Bien que distante de 450 mètres seulement de *Howe Quarry*, la carrière de *Howe Stephens Quarry* présente un contexte sédimentaire très différent. Les couches géologiques de la carrière sont de plus situées stratigraphiquement quelques mètres au-dessus des niveaux présents dans *Howe Quarry*. L'interprétation géologique des deux gisements ne peut donc être en aucun cas similaire.

La carrière n'a pas fait encore l'objet d'une étude taphonomique détaillée. Cependant, des observations sédimentologiques faites durant les fouilles, une analyse de la disposition des squelettes dans la carrière et des relevés en laboratoire permettent de proposer les indices suivants :

- Contrairement à *Howe Quarry*, les sédiments sont clairement de nature gréseuse

et les restes de bois et autres débris végétaux y sont nombreux (fig. 4 C,D). Le dépôt des restes animaux et des sédiments s'est sans doute organisé dans le lit d'une rivière active.

- Une analyse en laboratoire de la composition des ossements a montré une relativement forte teneur en composés phosphatés, éléments originels de l'os. De plus, la préservation exceptionnelle de la plupart des squelettes, dont certains sont complets, implique un recouvrement très rapide des cadavres par les sédiments, les protégeant des agressions extérieures.

- Mis à part le diplodocus *XL* qui semble avoir une autre origine géologique, les neufs autres squelettes sont regroupés sur une surface de 10 m x 12 m seulement et sont contenus dans une couche d'un mètre d'épaisseur. Une telle imbrication semble indiquer un dépôt contemporain.

- La présence de niveaux à galets mous (fig. 4 A) atteste d'une resédimentation consécutive à une inondation.

- La disposition sur le terrain du squelette de l'allosaure *Big Al Two*, dont les vertèbres caudales étaient détachées du reste du squelette et reposaient sur l'avant de l'animal, tend à montrer que le cadavre a été transporté par le courant puis stoppé par un obstacle naturel.

- Lors d'une campagne de fouilles menée sur le même gisement en août 1998, à laquelle Bernard Claude et moi-même avons participé partiellement, une découverte majeure a apporté un élément supplémentaire à cette enquête. L'obstacle naturel envisagé s'est soudain concrétisé sous la forme d'un gigantesque tronc silicifié (fig. 22). L'arbre, dont les bases des racines sont préservées, mesure plus d'un mètre de diamètre et sa longueur est estimée à plus de dix voire vingt mètres. La position et l'orientation de ce fossile spectaculaire semblent assez bien concorder avec la direction du courant envisagée du sud-ouest vers le nord-est (fig. 21).

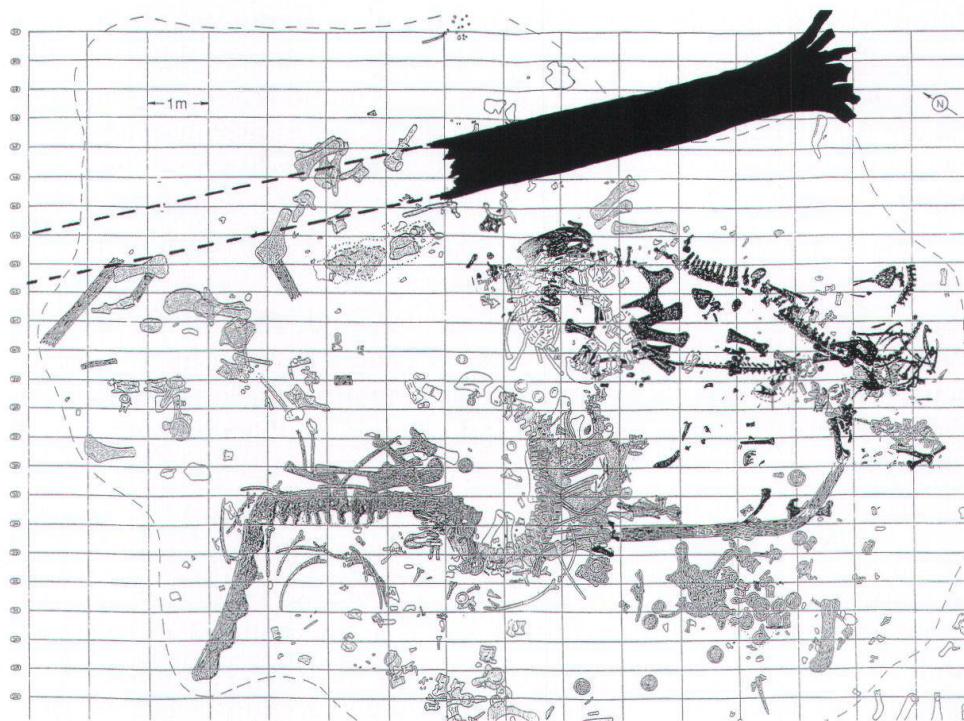


Figure 21: Position et orientation du tronc silicifié reportées sur le plan des squelettes trouvées dans *Howe Stephens Quarry* (fig. 13).
En noir: partie dégagée (7 m)
En tirets: prolongation estimée



Figure 22: Tronc fossile silicifié mis au jour dans la carrière de *Howe Stephens Quarry* en 1998. Cette découverte est d'une grande importance pour l'interprétation géologique du gisement.

Toutes ces observations permettent de proposer une première interprétation du gisement: La formidable concentration de squelettes articulés dans la carrière de *Howe Stephens Quarry* semble être le résultat d'une crue dévastatrice. L'inondation aurait emporté les cadavres de dinosaures sur une certaine distance avant de les imbriquer un à un contre un gigantesque tronc faisant barrage au milieu de la rivière. L'énergie hydraulique devait être très importante pour transporter les très lourds cadavres de dinosaures. L'énorme quantité d'alluvions charriées par la rivière aurait ensuite recouvert rapidement les dépouilles.

A l'avenir, ce scénario devra être testé sur le terrain par des études sédimentologiques détaillées et des relevés cartographiques précis. Même si cette première hypothèse est séduisante, de nombreux problèmes sont encore à résoudre, notamment la géométrie des couches au niveau du diplodocus *XL* qui présente un fort pendage indépendant de l'inclinaison générale des strates.

CONCLUSION ET REMERCIEMENTS

Les répercussions scientifiques de ces recherches au Wyoming sont multiples. Les fossiles, d'une préservation exceptionnelle, constituent sur le plan mondial un matériel paléontologique de grande valeur. De plus, l'étude paléoécologique de ce gisement ouvre une fenêtre nouvelle sur un monde disparu qui suscite depuis des décennies une fascination sans pareille. A l'heure où la *Dinomania* fait encore rage avec son lot de spéculations et d'images erronées sur les dinosaures, la découverte et l'étude d'un site comme celui de *Howe Ranch* apportent aux chercheurs des éléments précieux pour leur permettre de proposer au public une vision de ces animaux qui soit plus proche de la réalité.

Outre l'intérêt scientifique, cette aventure merveilleuse vécue dans un groupe solidaire restera gravée à tout jamais dans ma mémoire. A ce titre, toute ma reconnaissance s'adresse d'une part aux personnes qui ont permis la réalisation de ce projet et d'autre part, à toute l'équipe de fouilles, en particulier Bernard Claude et Hans-Jakob Siber, qui ont largement contribué à la réussite de cette aventure. Je tiens également à remercier Ioannis Michelis pour la communication de ses observations et Jean-Paul Haenni, Christophe Dufour et Johanne Blanchet, pour la relecture attentive du document.

BIBLIOGRAPHIE

Références dans le texte

- BENTON, M. J. 1998. Atlas historique des dinosaures. *Autrement, Paris*. Trad. de l'anglais.
- BIRD, R. T. 1985. Bones for Barnum Brown. *Texas Christian University Press*.
- CURRIE PH. J. & PADIAN, K. 1997. Encyclopedia of Dinosaurs. *Academic Press, New-york*.
- PITCHER, D. 1993. Wyoming Handbook. *Moon Publications, Inc. Chico, California, USA*.
- WALKER, R. G. (éd.) 1984. Facies Models. *Geological Association of Canada Publications, Toronto*.



Figure 23: L'équipe de fouilles photographiée par H.-J. Siber dans *Howe Stephens Quarry*: Du premier plan à l'arrière plan: Christoph Keilmann, Maya Siber, Esther Wolfensberger, Bernard Claude, Jacques Ayer, Ioannis Michelis, Denis Maurer (à la caméra) et Ben Pabst.

Lectures conseillées

- BAKKER, R. T. 1986. The Dinosaur Heresies. *Kensington Publishing Corp., New-York.*
- BUFFETEAU, E. 1997. Dinosaures: A la recherche d'un monde perdu. *L'archipel, Paris.*
- EHRLICH, G. 1996. La consolation des grands espaces. *Albin Michel, Paris.* (Trad. de l'anglais)
- HORNER R. J. & GORMAN J. 1988. Digging Dinosaurs. *Harper & Row, Publishers, New-York.*
- NORMAN, D. 1991. La Grande Encyclopédie des dinosaures. *Gallimard.* (Trad. de l'anglais)
- TAQUET, PH. 1997. L'empreinte des dinosaures. *Ed. Odile Jacob.* (2^e éd.)
-