



Chimie du sol et activités humaines anciennes

Les exemples archéologiques du Mexique et d'Amérique centrale

E. C. Wells et J. E. Moreno Cortés

Department of Anthropology, University of South Florida, 4202 E. Fowler Ave., SOC 107, Tampa, FL 33620 USA
cwells@cas.usf.edu

RÉSUMÉ

Le sol est une ressource très importante pour les archéologues par suite de sa capacité à recueillir et préserver une large variété d'informations sur les civilisations passées. A côté d'informations sur la technologie agricole et les traditions du passé, les analyses de sols conduisent à pouvoir imaginer la façon dont la population « étudiée » utilisait et gérait l'espace où elle vivait. Grâce à ces données, les archéologues ont pu reconstruire divers aspects des civilisations anciennes qui n'auraient pas été élucidés autrement. Dans cet article, nous explorons brièvement les différentes approches pédologiques mises en œuvre par les archéologues (analyses physiques et chimiques du sol) pour participer à une meilleure connaissance des sociétés préhistoriques, en particulier mésoaméricaines.

Mots clés

Archéologie, pédologie, chimie et physique du sol, Mexique, Amérique centrale, revue, littérature.

SUMMARY

SOIL CHEMISTRY AND ANCIENT HUMAN ACTIVITIES: Archaeological examples from Mexico and central America

For over a century, soil has been an important resource for archaeologists because of its ability to trap and preserve a range of information about past cultures. In addition to data on agricultural technologies and traditions, soil analysis can yield clues to how people used space, mainly what they did, and where they did it. With this information, archaeologists have been able to reconstruct many aspects of ancient cultures that are otherwise hidden or lost because the activities that produced them did not result in durable artifacts. In this paper, we briefly review the varied ways in which archaeologists have studied soil to learn about prehistoric societies. We focus on the contributions of ethnoarchaeology (where most work has been carried out in Mesoamerica), which provide valuable bridging arguments necessary for inferring past human behavior from the physical and chemical residues of activities in soil.

Key-words

Archaeology, soil science, soil physics and chemistry, Mexico, central America, literature review.



**RESUMEN****LA QUÍMICA DE SUELO Y ANTIGUAS ACTIVIDADES HUMANAS: Ejemplos arqueológicos de México y la América central**

Por más de un siglo, el suelo ha sido una fuente importante para los arqueólogos debido a su habilidad de atrapar y preservar una variedad de información acerca de las culturas del pasado. Además de proveer información sobre las tecnologías y tradiciones agrícolas, el análisis del suelo puede ofrecer muchas pistas para entender como las personas usaban su espacio, principalmente que estas hicieron y donde lo hicieron. Con esta información, los arqueólogos han podido reconstruir muchos aspectos de las culturas pasadas que de otra forma hubieran pasado desapercibidos o se hubiesen perdidos, ya que estos no producen artefactos duraderos. En este trabajo, revisamos brevemente las formas variadas usadas por los arqueólogos para estudiar el suelo con el objetivo de aprender de las sociedades prehistóricas. Nos concentramos en las contribuciones de la etnoarqueología (la cual ha sido más practicada en Mesoamérica), la cual provee un puente para investigar los argumentos necesarios para interpretar el comportamiento humano del pasado basado en residuos químicos y físicos en el suelo.

Palabras clave

Arqueología, ciencias del suelo, química y física del suelo, México, América Central, revisión de literatura.



INTRODUCTION

Il est reconnu, depuis longtemps, que les propriétés physiques, biologiques et chimiques des sols peuvent être significativement changées par les activités humaines (Holliday, 2004; Tan, 1998). Les sols très transformés sont nommés « anthrosols ». Rien d'étonnant, donc, à ce que la chimie des sols ait joué un rôle important dans la recherche archéologique depuis presque un siècle. Les premiers travaux ont généralement été consacrés aux relations entre le phosphore (P) du sol et les anciens établissements humains pour identifier des sites archéologiques. Par contre, aujourd'hui, les archéologues s'appuient sur les analyses plus complexes et multi-élémentaires des anthrosols pour préciser les relations entre la chimie du sol et une grande variété d'activités humaines, que ce soit les pratiques agricoles, les activités ménagères ou les pratiques rituelles. La chimie du sol appliquée à l'archéologie permet de répondre à diverses voies de la recherche archéologique comme : la détection et la datation des sites préhistoriques, la reconstruction des pratiques agricoles passées, et la localisation et l'organisation de secteurs d'activités domestiques anciennes. Ce sont ces aspects que nous commenterons ici.

DÉTECTION DES SITES ARCHÉOLOGIQUES

Les premières études importantes en chimie du sol pour la découverte de sites archéologiques ont été publiées en Europe au cours des années 20 et 30, et ont concerné essentiellement l'analyse des teneurs de P dans les sols. C'est Arrhenius (1929, 1931), dans un travail de cartographie des sols pour la compagnie suédoise « Swedish Sugar Manufacturing Company », qui note,

pour d'anciens sites médiévaux, des niveaux élevés de P par rapport aux sols n'ayant pas subi de présence humaine. Ceci tient au fait que cet élément, une fois stocké dans le sol, est relativement stable. Les études postérieures d'Arrhenius, ainsi que celles de Lorch (1940) et d'autres (Dauncey, 1952; Dietz, 1957; Lutz, 1951) conduisent à la mise en œuvre d'un ensemble de techniques de terrain appliquées au dosage de P du sol en vue de prospections archéologiques. Ces techniques seront complétées par la chromatographie et par diverses méthodes de fractionnement au cours des années 70, particulièrement par Eidt (1973, 1977), mais aussi par Woods (1977).

Au cours des dix dernières années, la collaboration des pédologues et des archéologues a conduit à une amélioration de ces techniques classiques, mais aussi au développement de nouvelles (Courty et Fedoroff, 2002; Entwistle *et al.*, 2007; Hjulström et Isaksson, 2009; Miedema *et al.*, 1994; Oonk *et al.*, 2009; Rypkema *et al.*, 2007; Sánchez Vizcaíno et Cañabate, 1996; Wilson *et al.*, 2008). Ainsi, en vue de la prospection systématique, les archéologues utilisent aussi aujourd'hui des trousseaux commerciaux qui permettent une mesure semi-quantitative des teneurs de P des sols (Bethell et Máté, 1989; Craddock *et al.*, 1985; Crowther, 1997; Holliday et Gartner, 2007; Hutson *et al.*, 2009) ou d'autres éléments (Courty et Nornberg, 1985; Davidson, 2002; Leonardi *et al.*, 1999; Macphail *et al.*, 1990). Mais la recherche de techniques de déterminations quantitatives continue à l'aide d'extractions ou solubilisation par des acides faibles ou forts et la détection grâce aux techniques modernes comme l'ICP (torche à plasma ou spectroscopie d'émission plasma atomique couplée, par ex., Linderholm et Lundberg, 1994; Terry *et al.*, 2000), la spectrométrie d'émission optique ou la spectrométrie de masse (Ball et Kelsay, 1992; Cavanagh *et al.*, 1998; Dunning, 1993; Parnell *et al.*, 2001; Sánchez Vizcaíno et Cañabate,

Figure 1 - Carte géographique de Mésoamérique montrant les sites mentionnés dans le texte.

Figure 1 - Map of Mesoamerica showing the sites mentioned in the text



1999; Sánchez Vizcaíno *et al.*, 1996; Sandor, 1991; Wells *et al.*, 2007).

D'autres éléments que le phosphore, comme l'aluminium (Al), le baryum (Ba), le calcium (Ca), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le potassium (K), le magnésium (Mg), le manganèse (Mn), le sodium (Na), le titane (Ti) et le zinc (Zn), sont aussi dosés par les mêmes techniques (Barba, 1986; Cook *et al.*, 2005; Entwistle et Abrahams, 1997; Entwistle, Dodgshon et Abrahams, 2000; Knudson *et al.*, 2004; Linderholm, 2007; Linderholm et Lundberg, 1994; Parnell, Terry et Nelson, 2002) pour mieux comprendre les processus de formation des sites archéologiques (Entwistle *et al.*, 1998; Wells *et al.*, 2000).

DATATION DES SITES ARCHÉOLOGIQUES

Depuis les années 60, la chronologie de dépôts archéologiques a été étudiée par les techniques de radiocarbone des matières organiques et des carbonates (Cherkinsky et Brovkin, 1993; Chichagova et Cherskinsky, 1993; Frink, 1992; Orlova et Panychev, 1993; Stein, 1984; Wang et Amundson, 1996). Cependant, compte tenu du coût élevé des analyses par rapport aux budgets généralement faibles de nombreux projets de recherche, ces approches qui permettent d'étudier les changements à long terme dans les environnements anciens ne sont pas systématiquement appliquées au travail archéologique.

RECONSTRUCTION DES PRATIQUES AGRICOLES

Alors que la chimie du sol et la science agricole partagent une longue histoire, leur application à l'archéologie est un phénomène relativement récent (Wells et Terry, 2007a). Les toutes premières études ont été menées dans les années 60 par Cowgill (1961; Cowgill et Hutchinson, 1966) avec l'analyse chimique de sédiments des lacs des Basses Terres mayas en Amérique centrale pour évaluer les effets de la culture intensive des sols de la région avant le seizième siècle. Ils ont ainsi pu mettre en évidence une accélération de l'érosion des sols, comme l'indique l'accumulation d'épais dépôts argileux dans les lacs du Petén. Peu après ce travail, Provan (1971, 1973) a étudié les anthrosols archéologiques de Bjellandsøyen, une ferme de l'âge de fer de Norvège. En examinant le C organique, P et N et les ions échangeables de Na, K, Ca et Mg, Provan a pu conclure que la distribution des podzols bruns correspond aux sols les plus anciennement cultivés, tandis que celle des podzols à horizons d'humus et de fer correspond à des sols peu cultivés. Ces dernières études sont très importantes car, non seulement elles ont fourni aux archéologues un modèle de recherche et une méthodologie pour identifier les paysages anciennement cultivés et les impacts humains sur les environnements locaux, mais elles

ont aussi démontré que d'autres éléments que P peuvent être efficacement utilisés pour préciser les pratiques agricoles des différentes sociétés étudiées.

Au-delà de ces cas isolés, c'est seulement à partir du milieu des années 70 que la chimie de sol joue un rôle majeur dans la recherche archéologique pour reconstruire les agricultures préhistoriques. Ces études ont d'abord été essentiellement limitées à rechercher l'enrichissement ou l'épuisement des sols en certains macronutriments des plantes, comme N, P, et K. Plus récemment, la chimie du sol a été impliquée dans des grands projets multidisciplinaires qui combinent l'étude des fouilles archéologiques avec l'analyse physique et chimique des sédiments, les charbons, la palynologie, et l'écologie des mollusques (Beach *et al.*, 2002; Dunning *et al.*, 1998; Kern *et al.*, 2004; Lehmann *et al.*, 2003).

En outre, les travaux sur les abondances naturelles des isotopes stables du carbone (le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) sont aussi appliqués à une meilleure connaissance des agricultures préhistoriques puisque ces approches peuvent être utilisées pour étudier des successions de végétation de plantes de type C_3 (légumineuses, ligneux), C_4 (graminées d'origines tropicales) ou CAM (craculacées). Ainsi, les plantes C_4 (par ex., le maïs), sont enrichies en ^{13}C par rapport aux plantes C_3 ou CAM. Or, la différence des signaux isotopiques des différents types de plante se conserve, au cours du processus de décomposition de la matière végétale dans les sols. Si la matière organique (MO) extraite des horizons humifères enterrés dans un sol actuel est enrichie en ^{13}C , il est probable qu'il ait porté une agriculture basée sur la culture d'une ou plusieurs graminées d'origine tropicale (Cerri *et al.*, 1985). C'est ainsi que l'on a pu suivre la diffusion de la culture du maïs dans les forêts d'Amérique du Nord et les forêts tropicales d'Amérique centrale et du Sud (Johnson *et al.*, 2007; Webb *et al.*, 2007).

LOCALISATION ET ORGANISATION D'AUTRES ACTIVITÉS SPÉCIFIQUES DU PASSÉ

Généralités

Certains composés chimiques sont déposés en quantités significatives dans le sol par suite d'activités humaines particulières. La chimie du sol ouvre donc une nouvelle voie de recherche pour localiser et évaluer l'importance de diverses pratiques domestiques (Barba et Manzanilla, 1992; Entwistle, Abrahams et Dodgshon, 1998, 2000; James, 1999; Parnell, Terry et Sheets, 2002; Terry *et al.*, 2004; Wells, 2004b; Wells *et al.*, 2000; Wells et Terry, 2007b). Ainsi, l'enrichissement en P peut-il être associé à la préparation et la consommation de nourritures et de boissons, soit parce que les sels phosphatés de sodium et potassium sont accumulés par la production de cendres de bois dans les foyers



et les fours, alors que les oxydes de fer et le sulfure mercurique le sont par l'usage rituel de certains pigments comme l'hématite et le cinabre au cours de cérémonies d'enterrements et dépôts. Ces derniers composés en étant rapidement absorbés aux fractions minérales des sédiments deviennent stables. Cette stabilité dans le sol (car non entraînés par les eaux de pluies ou de drainage) peut être importante sur le long terme.

Au milieu des années 60, Cook et Heizer (1965), ont pu déterminer l'importance de la contribution des fonctions physiologiques des humains et des animaux à la formation des anthrosols archéologiques suite à la mesure de fortes concentrations de P, Ca et N des sols anthropiques en Californie du nord et au Mexique, dans les sites d'Amapa et Cuicuilco. Dans leur travail sur les habitations de forme allongée des Iroquois du site de Robitaille dans l'Ontario méridional au Canada, Heidenreich et Konrad (1973) ont pu déterminer, grâce à la distribution spatiale de P, Ca, Mg et C, une localisation précise des emplacements de ce type d'habitation.

Beaucoup des travaux sont menés aujourd'hui pour analyser comment les activités humaines actuelles influent sur les éléments chimiques du sol dans les sociétés non industrielles et/ou traditionnelles (Fernández *et al.*, 2002; Middleton et Price, 1996; Terry *et al.*, 2004; Wells et Urban, 2002). Luis Barba et ses collègues (Barba, 1990; Barba et Bello, 1978; Barba et Denise, 1984; Barba et Ortiz Butrón, 1992; Barba *et al.*, 1995) du « Laboratoire de Prospection Archéologique de l'Institut de l'Université Autonome Nationale Mexicaine pour les Études Anthropologiques », ont été les pionniers de cette recherche. Ils ont ainsi pu montrer que les activités domestiques d'aujourd'hui comme la cuisine, le magasinage, ou certaines activités artistiques des groupes indigènes de petits villages ruraux de diverses régions du Mexique avaient une influence sur la distribution et la concentration de certains éléments chimiques des sols.

L'ensemble des modifications des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols dues aux différentes activités humaines (Barba et Lazos, 2000; Courty et Marlin, 1997) a été nommé « mémoire du sol » (Wells, 2006; voir aussi Glaser, 2002). L'hypothèse fondamentale est que certains composés chimiques sont associés avec certaines activités humaines et leurs produits dérivés. Ces composés sont rapidement adsorbés aux fractions minérales des sédiments et leur stabilité pourrait être importante sur le long terme. Les formes stockées, ions complexes absorbés sur les surfaces des argiles, oxydes insolubles, sulfures et carbonates, peuvent être toutes détectées chimiquement. Par ailleurs, les pratiques agricoles modernes et historiques (par ex., les labourages, les pâturages) n'ont pas caché les signaux d'activités anciennes, et, en conditions de sol favorables (sols faiblement alcalins ou acides à drainage modéré), les variations des concentrations de certains éléments chimiques sur un site peuvent être utilisées comme critères d'un certain nombre d'activités domestiques anciennes.

Par exemple, dans la Mésoamérique, les planchers de stucs tels que ceux trouvés dans les patios et sur les places, sont des surfaces idéales pour extraire des résidus chimiques puisque ils sont souvent faits à partir d'un plâtre à base de chaux (carbonate de calcium), et l'on sait que le carbonate de calcium a comme propriété de conserver de nombreux composés chimiques pendant de très longues périodes (Barba, 1990, 2007; Ortiz *et al.*, 1994; Wells, 2004b). Ainsi, le P inorganique et les sels de potassium, sont retenus dans les sols calcaires en se liant à l'aluminium complexé et aux minéraux contenant du fer, comme les argiles qui s'associent à de l'apatite. Aussi, les progrès futurs concernant les méthodes chimiques pour l'étude des sols archéologiques se baseront sur la prise en compte aussi des signatures chimiques d'activités humaines modernes.

Le « coin cuisine » et le « coin repas »

L'excavation autour des lieux de préparation des repas peut être très instructive pour déterminer les pratiques culinaires passées. Cependant, cette activité est difficile à documenter dans le registre archéologique, car les espaces concernés ont été souvent conservés propres de détritits et de déchets pour des raisons pratiques et sanitaires. De fait, en l'absence d'objets archéologiques *in situ*, il est presque impossible de déterminer où les activités culinaires ont lieu par rapport aux autres activités domestiques.

Des études récentes des anthrosols actuels de Mésoamérique suggèrent que les sols des lieux où différents types d'activités culinaires ont eu lieu montrent des signatures chimiques particulières. Les sols dans lesquels des décharges de détritits sont trouvées peuvent être reliés chimiquement aux secteurs d'activité qui sont proches (Barba *et al.*, 1987; Barba et Manzanilla, 1992; Barba et Ortiz Butrón, 1993; King, 2003, 2008; Manzanilla et Barba, 1990; Middleton, 1998; Middleton et Price, 1996; Parnell, 2001; Parnell *et al.*, 2001; Wells, 2003a, 2003b, 2004a).

En comparaison au fond géochimique local des sols non perturbés par l'occupation humaine, les distributions de P et d'autres éléments chimiques peuvent ainsi aider à localiser les activités culinaires comme la préparation, la consommation et le stockage des aliments et des boissons. Les concentrations de chaque élément en soi ne sont pas des indicateurs fiables des pratiques liées à la nourriture ou aux autres activités humaines, mais permettent de mieux comprendre l'organisation et la distribution spatiale de ces activités. Ainsi, l'analyse des anthrosols actuels peut-elle fortement aider à l'étude des anthrosols du passé associés à des sites archéologiques et donc contribuer à déduire certains types d'activités humaines en absence d'objets archéologiques. Nous donnons ci-dessous quelques illustrations de ce type d'approche pour le Mexique et l'Amérique centrale concernant la distinction entre lieu de préparation et lieu de consommation des repas.

Quelques exemples

La reconstruction des activités passées dans la préparation des repas est souvent basée sur la présence d'instruments de cuisine. Cependant, ces objets sont souvent trouvés dans des dépôts secondaires, comme des tas des déchets, ce qui limite notre capacité d'étudier des modèles spatiaux de pratiques culinaires et les relations sociales qu'elles impliquent.

Alors que P peut être souvent considéré avec confiance comme un indicateur des activités culinaires ou autres impliquant des apports organiques, l'intérêt des autres éléments majeurs et mineurs, et les raisons de leur accumulation ont besoin d'être explorées. À la fin des années 70, six études importantes ethnoarchéologiques ont été effectuées dans la Mésoamérique (*figure 1*) avec l'intention de développer des techniques qui permettent d'associer des données chimiques aux comportements des sociétés humaines passées.

Luis Barba et ses collègues (Barba et Bello, 1978; Barba et Ortiz Butrón, 1992) du Laboratoire de Prospection Archéologique de Mexico appartenant à l'Institut de Recherches Anthropologiques de l'Université Autonome Nationale du Mexique, ont développé entre les années 70 et 90, à partir de l'étude d'une habitation actuelle de la ville de San Vicente Xiloxchitla au Tlaxcala, des techniques d'analyses physiques et chimiques des sols avec l'objectif d'appliquer les résultats à une meilleure connaissance des activités préhispaniques de sites archéologiques au Mexique. L'unité d'habitation comprenait une maison principale, une écurie pour les animaux et une cuisine séparée avec un four de brique élevé. Le plancher de terre près du four montre de basses concentrations de P et de hautes valeurs de pH, ainsi que des teneurs élevées de Ca et de carbonates, particulièrement dans l'espace utilisé pour préparer le maïs. Dans la cour, devant la cuisine, là où sont pris les repas, les concentrations de P sont par contre élevées.

Au début des années 1980, Barba et Denise (1984) ont étudié, dans un village mexicain récemment abandonné (3 années seulement avant l'étude) de l'Etat des Chiapas, Osumacinta Viejo, deux maisons, l'une localisée au centre de la ville et l'autre à sa périphérie. Il a été constaté les faits suivants: les teneurs de P sont faibles autour des cheminées et des foyers, mais avec des valeurs élevées de pH, les teneurs de Ca sont élevées à l'extérieur des maisons dans les espaces utilisées pour tremper les grains de maïs dans l'eau de chaux, et les teneurs en fer (Fe) sont élevées dans les espaces utilisés pour préparer les feuilles d'agave. Ceci contraste fortement avec les zones de repas qui présentent des concentrations élevées de P et faibles de Ca et de Fe.

Plus récemment, au cours des années 1990, Barba et ses collègues (1995) ont étudié des maisons modernes dans la ville de Muxuccucab, de l'état mexicain du Yucatán, près du site préhispanique de Kabah. Ici, la partie résidentielle est emmurée et consiste en un bâtiment principal et quatre structures as-

sociées, dont l'une est une cuisine. Le secteur de préparation de la nourriture est caractérisé par la présence des résidus de protéines, de carbonates, de fortes valeurs de pH, de faibles niveaux de P. La terre brûlée et les cendres des foyers ont des teneurs élevées en K et Mg. A l'opposé, le secteur de consommation de la nourriture se distingue du secteur de préparation par des sols à plus faibles valeurs de pH mais à très fortes teneurs de P.

A Oaxaca, pendant les années 90, au cours de sa thèse, Middleton (1998; Middleton et Price, 1996) a dirigé une étude ethnoarchéologique sur une unité domestique du site de Xaaga, à quelques kilomètres des ruines archéologiques de Mitla. L'unité consiste en un espace d'habitation et un espace de cuisine aux murs faits en tige de canne à sucre et au toit de chaume. La cuisine, avec un plancher de terre tassée, comprenait dans un coin un four traditionnel (« horno ») d'adobe au bois. Il a été trouvé de fortes concentrations d'aluminium (Al), de baryum (Ba), de manganèse (Mn), de Na, de strontium (Sr), de zinc (Zn), P, Ca, Fe, K, et Mg. Par suite de la présence de grandes quantités de cendres de bois et de charbon, ainsi que des restes de produits organiques, la surface la plus proche du four présente des teneurs élevées de K et Mg. Middleton a aussi trouvé de fortes concentrations de Ca et Sr, qu'il a attribuées à la préparation du nixtamal — un mélange de maïs séché, d'eau, et de chaux utilisé pour préparer le masa, une pâte à la base des « tortillas » et des « tamales ».

Il y a quelques années déjà, au Guatemala, Fabián Fernández et ses collègues (2002) ont examiné deux maisons dans le village agricole de Las Pozas. Ce village, habité par les Mayas du groupe Q'eqchi, est localisé à peu près à 10 km au sud-est des restes d'une ville maya de la période Classique appelée Aguateca. Les maisons qu'ils ont examinées sont constituées de murs de planches de bois, de toits de chaume et de sols en terre; une maison était abandonnée mais l'autre toujours occupée lors de l'étude. Terry et ses collègues (2004) ont dressé la carte de la répartition des activités, dont les secteurs de cuisson de la nourriture et celui où a lieu le meulage, le trempage et la cuisson du maïs pour les « tortillas ». Cette dernière s'effectue sur un foyer traditionnel de trois pierres et le repas se tient près des lieux de repos et de stockage des grains. Les sols des secteurs des cuisines présentent des pH très alcalins, de fortes teneurs de P, K, Mg, Ca, et Na, et des traces de métaux comme le cadmium (Cd), le mercure (Hg), le plomb (Pb), Cu, Fe, Ba, Mn, et Zn.

Au Honduras, lors de sa thèse, Wells (Wells, 2003a; Wells et Urban, 2002), a cherché à retrouver les signatures chimiques d'activités de nutrition, liées aux fêtes des cérémonies préhispaniques de El Coyote, dans la ville rurale agricole de Petoa. L'auteur a assisté à un grand nombre d'événements festifs sur la place de Petoa, dont la « feria », une célébration de la ville dédiée à son saint patron, San Bartolomé (*figure 2*). Après avoir observé les activités de consommation de nourritures et



Figure 2 - La place principale à Petoa, Santa Bárbara, Honduras.

Figure 2 - The main plaza at Petoa, Santa Bárbara, Honduras.



de boissons des participants de la cérémonie, il a collecté les échantillons de terre ramassés ensuite par le service de nettoyage de la municipalité (*figure 3*). Le principal lieu de consommation des participants était le centre de la place, au sud-ouest de l'église, devant l'estrade des principales activités de la fête. Les restes de nourriture retrouvés provenaient des « tamales » et sandwiches, ainsi que des sucreries et des liquides de boissons gazeuses. Dans les secteurs de consommation décrits, il a été trouvé généralement de plus fortes concentrations de P, Ca, Fe, et Mn, et de plus faibles de Al, K, et Mg.

Discussion

L'ensemble des résultats de ces études ethnoarchéologiques est résumé dans le *tableau 1*. Celui-ci montre que les sols des secteurs de préparation de la nourriture (cuisines) correspondent aux niveaux faibles de P. Ceci est lié au pH alcalin de ces sols par suite de forts apports de cendres des bois (feux de cuisine) qui limite la fixation de P dans les sédiments (Courty *et al.*, 1998; Scotter, 1963; Watzet et Courty, 1987), bien que l'apport

de P soit généralement élevé dans les secteurs d'activités culinaires. Toutefois, identifier une activité culinaire par l'absence de P pouvant paraître peu convaincant, on peut alors utiliser les signatures chimiques liées aux cendres de bois, en particulier les fortes concentrations de K et Mg. Les secteurs de cuisine peuvent donc archéologiquement être associés aux secteurs dont les sols sont pauvres en P et riches en K et Mg.

Toutefois, toutes les activités culinaires n'impliquent pas la présence de cendres comme la préparation de diverses nourritures à base de maïs, l'abattage des animaux, etc. C'est ainsi que de fortes teneurs des sols en Ca et Sr peuvent être une signature de la préparation de maïs, et que les zones d'abattage des animaux correspondent à des teneurs élevées en Fe, Al, Ti, et K, éléments qui proviennent des phénocristaux et autres inclusions des outils utilisés, comme les grattoirs en obsidienne (Wells, 2004b). Mais les accumulations de Fe peuvent aussi caractériser des dépôts de sang animal comme ce fut démontré par Parnell, Terry et Sheets (2002 : 338) dans leur étude de Cerén au Salvador.



Figure 3 - Entourés par les spectateurs, les danseurs masqués célèbrent la « feria » à Petoa.

Figure 3 - Surrounded by onlookers, masked dancers celebrate the feria at Petoa.



Les secteurs culinaires accueillent aussi des activités non culinaires comme le traitement de l'agave; les sols sont alors enrichis en Fe et P. Les secteurs de consommation de la nourriture ont tendance à être marqués surtout par des niveaux élevés de P, avec un cortège assez large d'autres éléments, ce qui semble montrer que ce sont non seulement des lieux d'activité de consommation mais aussi d'autres activités. Enfin, l'analyse des déchets de cérémonies actuelles est particulièrement importante pour comprendre les signatures chimiques liées aux événements culturels et culturels du passé comme notre étude sur les festins de la grande place de cérémonie à El Coyote au Honduras la montre (Wells, 2004b).

CONCLUSION

Pour conclure, grâce au travail ethnoarchéologique sur les résidus de nourriture retrouvés dans les anthrosols, nous pouvons identifier des signatures chimiques de certaines activités de préparation culinaire. Ces résultats, combinés aux données d'observation issues des sondages archéologiques

(stratigraphie, analyses des objets), fournissent des arguments importants et indépendants pour la localisation et l'organisation des activités culinaires des sites archéologiques étudiés. Il est intéressant de constater que ces approches pluridisciplinaires se développent aussi dans d'autres parties du monde comme les Iles Caïmans (Scudder et Quitmyer, 1998), l'Argentine (Sampietro et Vattuone, 2005), l'Espagne (Sánchez Vizcaino et Cañabate, 1999), la Turquie (Middleton, 2004), l'Inde (Kshirsagar, 1996), la Hollande (Oonk *et al.*, 2009a, 2009b), et le Royaume-Uni (Macphail *et al.*, 2003).

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Christian Feller pour sa proposition sur la préparation de cet article et pour son aide dans la mise en forme du manuscrit en français, ainsi que Karla L. Davis-Salazar pour ses commentaires sur la première version de ce papier.

Tableau 1 - Sommaire des études des sols ethnoarchéologiques de Mésoamérique.**Table 1** - Summary of Ethnoarchaeological Soil Studies from Mesoamerica.

Local	P	K	Ca	Mg	Na	Mn	Sr	Ba	Al	Fe	Zn	Référence
Préparation des nourritures												
San Vicente Xiloxochitla, Tlaxcala, Mexique	bas		haut									Barba et Bello 1978 ; Barba et Ortiz 1992
Osumacinta Viejo, Chiapas, Mexique	bas		haut							haut		Barba et Denis 1981
Muxuccucab, Yucatan, Mexique	bas	haut		haut								Barba <i>et al.</i> 1995
Xaaga, Oaxaca, Mexique	haut	Middleton 1998 ; Middleton et Price 1996										
Las Pozas, Peten, Guatemala	haut	haut	haut	haut	haut	bas		bas		bas	bas	Fernández <i>et al.</i> 2002
Consommation des nourritures												
San Vicente Xiloxochitla, Tlaxcala, Mexique	haut											Barba et Bello 1978 ; Barba et Ortiz 1992
Osumacinta Viejo, Chiapas, Mexique	haut		bas							bas		Barba et Denis 1981
Muxuccucab, Yucatan, Mexique	haut											Barba <i>et al.</i> 1995
Petoa, Santa Barbara, Honduras	haut	bas	haut	bas		haut			bas	haut		Wells 2004 ; Wells et Urban 2002

BIBLIOGRAPHIE

- Arrhenius O., 1929 - Die phosphatfrage. Zeitschrift für Pflanzenernährung. Düngung und Bodenkunde, 10: 185-194.
- Arrhenius O., 1931 - Die bodenanalyse im dienst der Archäologie. Zeitschrift für Pflanzenernährung. Düngung und Bodenkunde, 10: 427-439.
- Ball J. W., Kelsay R. G., 1992 - Prehistoric intrasettlement land use and residual soil phosphate levels in the Upper Belize Valley, Central America. In: Killion T. W (Ed.), Gardens of Prehistory: The Archaeology of Settlement Agriculture in Greater Mesoamerica. University of Alabama Press, Tuscaloosa, pp. 234-262.
- Barba L., 1986 - La química en el estudio de áreas de actividad. In: Manzanilla L. (Ed.), Análisis de unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, pp. 21-39.
- Barba L., 1990 - El análisis químico de pisos de unidades habitacionales para determinar sus áreas de actividad. In: Sugiyama Y. et Serra Puche M. (Eds.), Etnoarqueología Coloquio Bosch Gimpera 1988. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico, pp. 177-200.
- Barba L., 2007 - Chemical residues in lime-plastered archaeological floors. Geoarchaeology, 22: 439-452.
- Barba L., Bello G., 1978 - Análisis de fosfatos en el piso de una casa habitada actualmente. Notas Antropológicas 1: 188-193.
- Barba L., Dense P., 1984 - Actividades humanas y análisis químico de los suelos: El caso de Osumacinta Viejo, Chiapas. Memorias de la XVII Mesa Redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología 2: 263-277.
- Barba L., Lazos L., 2000 - Chemical analysis of floors for the identification of activity areas: A review. Antropología y Técnica 6: 59-70.
- Barba L., Ludlow B., Manzanilla L., Valadez R., 1987 - La vida doméstica de Teotihuacán: Un estudio interdisciplinario. Ciencia y Desarrollo 77: 21-33.
- Barba L., Manzanilla L., 1992 - Superficie/excavación: Un ensayo de predicción de rasgos arqueológicos desde superficie en Ozttoyahualco. Antropológicas 1: 19-46.
- Barba L., Ortiz Butrón A., 1992 - Análisis químico de pisos de ocupación: Un caso etnográfico en Tlaxcala, México. Latin American Antiquity 3: 63-82.
- Barba L., Ortiz Butrón A., 1993 - Superficie/excavación: Evaluación del sector estudiado a través de los restos excavados. In: Manzanilla, L. (Ed.), Anatomía de un conjunto residencial Teotihuacano en Ozttoyahualco, II: Los estudios específicos. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico, pp. 595-616.
- Barba L., Pierrebourg F. d., Trejo C., Ortiz Butrón A., Link K., 1995 - Activités humaines reflétées dans les sols d'unités d'habitation contemporaine et préhispanique de Yucatan (Mexique): Etudes chimiques, ethnoarchéologiques et archéologiques. Revue d'Archéométrie 19: 79-95.
- Beach T., Luzzadder-Beach S., Dunning N., Hageman J., Lohse J., 2002 - Upland agriculture in the Maya lowlands: Ancient conservation in northwestern Belize. The Geographical Review 92: 372-397.
- Bethell P., Máté, I., 1989 - The use of soil phosphate analysis in archaeology: A critique. In: Henderson J. (Ed.), Scientific Analysis in Archaeology and Its Interpretation. Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles, pp. 1-29.

- Cavanagh W. G., Hirst S., Litton C. D., 1988 - Soil phosphate, site boundaries, and change point analysis. *Journal of Field Archaeology* 15: 67-83.
- Cerri C. C., Feller C., Balesdent J., Victoria R., Plenecassagne A., 1985 - Application du traçage isotopique naturel en ^{13}C à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 9, Sér. 2 (t. 300): 423-428.
- Cherkinsky A. E., Brovkin V. A., 1993 - Dynamics of radiocarbon in soils. *Radiocarbon* 35(3): 363-367.
- Chichagova O. A., Cherkinsky A. E., 1993 - Problems in radiocarbon dating of soils. *Radiocarbon* 35(3): 351-362.
- Cook S. F., Heizer R. F., 1965 - Studies on the Chemical Analysis of Archaeological Sites. Publications in Anthropology No. 2. University of California, Berkeley.
- Cook S. R., Clarke A. S., Fulford M. G., 2005 - Soil geochemistry and detection of early Roman precious metal and copper alloy working at the Roman town of Calleva Atrebatum (Silchester, Hampshire, UK). *Journal of Archaeological Science* 32: 805-812.
- Courty M.-A., Cachier H., Hardy M., Ruellan S., 1998 - Soil record of exceptional wild-fires linked to climatic anomalies (inter-tropical and Mediterranean regions). In: *Congrès mondial des sciences du sol. [Cd-Rom]. Montpellier: CIRAD. Congrès Mondial de Science du Sol. 16, Montpellier, France.*
- Courty M.-A., Fedoroff N., 2002 - Micromorphologie des sols et sédiments archéologiques. In: Miskovsky J.-Cl. (Ed.), *Géologie de la Préhistoire: méthodes, techniques, applications. GéoPré, Paris*, pp. 514-554.
- Courty M.-A., Marlin C., 1997 - The memory of spatial and temporal discontinuities in pedogenic carbonates. In: Brandstetter A. (Ed.), *International Symposium on Soil System Behaviour in Time and Space, Vienna. Austrian Soil Science Society, Vienna*, pp. 47-52.
- Courty M.-A., Nornberg P., 1985 - Comparison between buried uncultivated and cultivated Iron Age soils on the West Coast of Jutland, Denmark. *ISKOS* 5: 57-70.
- Cowgill U. M., 1961 - Soil fertility and the ancient Maya. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 42: 1-56.
- Cowgill U. M., Hutchinson G. E., 1966 - A General account of the basin and the chemistry and mineralogy of the sediment cores. In: Cowgill U. M., Goulden C. E., Hutchinson G. E., Patrick R., Racek A. A., Tsukada M. (Eds.), *The History of Laguna Petenxil. Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 17, pp. 2-62.
- Craddock P. T., Gurney D., Pryor F., Hughs, M. J., 1985 - The application of phosphate analysis to the location and interpretation of archaeological sites. *Archaeological Journal* 142: 361-376.
- Crowther J., 1997 - Soil phosphate surveys: Critical approaches to sampling, analysis and interpretation. *Archaeological Prospection* 4: 93-102.
- Dauncey K. D. M., 1952 - Phosphate content of soils on archaeological sites. *Advancement of Science* 9: 33-37.
- Davidson D. A., 2002 - Bioturbation in old arable soils: Quantitative evidence from soil micromorphology. *Journal of Archaeological Science* 29: 1247-1253.
- Dietz E. F., 1957 - Phosphorus accumulation in soil of an Indian habitation site. *American Antiquity* 22: 405-409.
- Dunning N., Rue D., Beach T., Covich A., Traverse A., 1998 - Human-environment interactions in a tropical watershed: The paleoecology of Laguna Tamarindito, El Petén, Guatemala. *Journal of Field Archaeology* 25: 139-151.
- Dunning N. P., 1993 - Ancient Maya anthrosols: Soil phosphate testing and land use. In: Foss J. E., Timpon M. E., Morris M. W. (Ed.), *Proceedings of the First International Conference on Pedo-Archaeology. Special Publication No. 93-03. University of Tennessee, Knoxville*, pp. 203-211.
- Eidt R. C., 1973 - A rapid chemical field test for archaeological site surveying. *American Antiquity* 38: 206-210.
- Eidt R. C., 1977 - Detection and examination of anthrosols by phosphate analysis. *Science* 197: 1327-1333.
- Entwistle J. A., Abrahams P. W., 1997 - Multi-elemental analysis of soils and sediments from Scottish historical sites: The potential of inductively coupled plasma-mass spectrometry for rapid site investigation. *Journal of Archaeological Science* 24: 407-416.
- Entwistle J. A., Abrahams P. W., Dodgshon R. A., 1998 - Multi-elemental analysis of soils from Scottish historical sites: Interpreting land-use history through the physical and geochemical analysis of soil. *Journal of Archaeological Science* 25: 53-68.
- Entwistle J. A., Abrahams P. W., Dodgshon R. A., 2000 - The geoarchaeological significance and spatial variability of a range of physical and chemical soil properties from a former habitation site, Isle of Skye. *Journal of Archaeological Science* 27: 287-303.
- Entwistle J. A., Dodgshon R. A., Abrahams P. W., 2000 - An investigation of former land-use activity through the physical and chemical analysis of soils from the Isle of Lewis, Outer Hebrides. *Archaeological Prospection* 7: 171-188.
- Entwistle J. A., McCaffrey K. J. W., Dodgshon R. A., 2007 - Geostatistical and multi-elemental analysis of soils to interpret land-use history in the Hebrides, Scotland. *Geoarchaeology* 22: 391-415.
- Fernández F. G., Terry R. E., Inomata T., Eberl M., 2002 - An ethnoarchaeological study of chemical residues in the floors and soils of Q'eqchi' Maya houses at Las Pozas, Guatemala. *Geoarchaeology* 17: 487-519.
- Frink D. S., 1992 - The chemical variability of carbonized organic matter through time. *Archaeology of Eastern North America* 20: 67-79.
- Glaser B., 2002 - The long term memory of soils - how Amazonian dark earths reflect past land-use. *European Tropical Forest Research Network News* 37: 25-27.
- Heidenreich C. E., Konrad V. A., 1973 - Soil analysis at the Robitaille Site, part 2: A method useful in determining the location of Long House Patterns. *Ontario Archaeology* 20: 33-62.
- Hjulström B., Isaksson S., 2009 - Identification of activity area signatures in a reconstructed Iron Age house by combining element and lipid analyses of sediments. *Journal of Archaeological Science* 36(1): 174-183.
- Holliday V. T., 2004 - *Soils in Archaeological Research*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Holliday V. T., Gartner W. G., 2007 - Methods of soil P analysis in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 34: 301-333.
- Hutson S. R., Magnoni A., Beach T., Terry R. E., Dahlin B. H., Schabel M. J., 2009 - Phosphate fractionation and spatial patterning in ancient ruins: A case study from Yucatan. *Catena* 78(3): 260-269.
- James P., 1999 - Soil variability in the area of an archaeological site near Sparta, Greece. *Journal of Archaeological Science* 26: 1273-1288.
- Johnson K. D., Wright D. R., Terry R. E., 2007 - Application of carbon isotope analysis to ancient maize agriculture in the Petexbatún region of Guatemala. *Geoarchaeology* 22: 313-336.
- Kern D. C., da Costa M. L., Lima Frazão F. J., 2004 - Evolution of the scientific knowledge regarding archaeological black earths of Amazonia. In: Glaser B., Woods W. I. (Ed.), *Amazonian Dark Earths: Explorations in Space and Time*. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 19-28.
- King S. M., 2003 - *Social Practices and Social Organization in Ancient Coastal Oaxaca*. Ph.D. dissertation, University of California, Berkeley.
- King S. M., 2008 - The spatial organization of food sharing in Early Postclassic households: an application of soil chemistry in Ancient Oaxaca, Mexico. *Journal of Archaeological Science* 35(5): 1224-1239.
- Knudson K. J., Frink L., Hoffman B., Price T. D., 2004 - Chemical characterization of arctic soils: activity area analysis in contemporary Yup'ik fish camps using ICP-AES. *Journal of Archaeological Science* 31: 443-456.
- Kshirsagar A., 1996 - Anthrosols from Balathal: A chemical study. *Man and Environment* 21: 111-116.

- Lehmann J., da Silva Jr. J. P., Steiner C., Nehls T., Zech W., Glaser B., 2003 - Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil* 249: 343-357.
- Leonardi G., Miglavacca M., Nardi S., 1999 - Soil phosphorus analysis as an integrative tool for recognizing buried ancient ploughsoils. *Journal of Archaeological Science* 26: 343-352.
- Linderholm J., 2007 - Soil chemical surveying: A path to a deeper understanding of prehistoric sites and societies in Sweden. *Geoarchaeology* 22: 417-438.
- Linderholm J., Lundberg E., 1994 - Chemical characterization of various archaeological soil samples using main and trace elements determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *Journal of Archaeological Science* 21: 303-314.
- Lorch W., 1940 - Die siedlungs geographische phosphat methode. *Die Naturwissenschaften* 28: 633-640.
- Lutz H. J., 1951 - The concentration of certain chemical elements in the soils of Alaska archaeological sites. *American Journal of Science* 249: 925-928.
- Macphail R. I., Courty M.-A., Gebhart A., 1990 - Soil micromorphological evidence of early agriculture in north-west Europe. *World Archaeology* 22: 53-69.
- Macphail R. I., Cruise G. M., Allen M. J., Linderholm J., Reynolds P., 2003 - Archaeological soil and pollen analysis of experimental floor deposits; with special reference to Butser Ancient Farm, Hampshire, UK. *Journal of Archaeological Science* 31: 175-191.
- Manzanilla L., Barba L., 1990 - The study of activities in classic households: Two case studies from Coba and Teotihuacan. *Ancient Mesoamerica* 1: 41-49.
- Middleton W. D., 1998 - Craft Specialization at Ejutla, Oaxaca, Mexico: An Archaeometric Study of the Organization of Household Craft Production. Ph.D. dissertation, University of Wisconsin, Madison.
- Middleton W. D., 2004 - Identifying chemical activity residues on prehistoric house floors: A methodology and rationale for multi-elemental characterization of a mild acid extract of anthropogenic sediments. *Archaeometry* 46: 47-65.
- Middleton W. D., Price T. D., 1996 - Identification of activity areas by multi-elemental characterization of sediments from modern and archaeological house floors using inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy. *Journal of Archaeological Science* 23: 673-687.
- Miedema R., Chartres C. J., Courty M.-A., McSweeney K., Oleschko K., Rabenhorst M. C., 1994 - Soil micromorphology: towards an analytical and quantitative tool for assessing anthropogenic influences on soils. *Transactions du 15ème Congrès Mondial de Science du Sol* 1: 143-162.
- Oonk S., Slomp C. P., Huisman D. J., 2009 - Geochemistry as an aid in archaeological prospection and site interpretation: Current issues and research directions. *Archaeological Prospection* 16(1): 35-51.
- Oonk S., Slomp C. P., Huisman D. J., Vriend S. P., 2009a - Effects of site lithology on geochemical signatures of human occupation in archaeological house plans in the Netherlands. *Journal of Archaeological Science* 36(6): 1215-1228.
- Oonk S., Slomp C. P., Huisman D. J., Vriend S. P., 2009b - Geochemical and mineralogical investigation of domestic archaeological soil features at the Tiel-Passewaaij site, The Netherlands. *Journal of Geochemical Exploration* 101(2): 155-165.
- Orlova L. A., Panychev V. A., 1993 - The reliability of radiocarbon dating buried soils. *Radiocarbon* 35(3): 369-377.
- Ortiz A., Barba L., López Luján L., Link K. F., 1994 - Stuccoed floors: A resource for the study of ritual activities, the case of Templo Mayor, México. In: Vandiver P. B., Druzik J. R., Galvan Madrid J. L., Freestone I. C., Wheeler G. S. (Eds.), *Materials Issues in Art and Archaeology IV*. Materials Research Society, Pittsburgh, Pennsylvania, pp. 723-726.
- Parnell J. J., 2001 - Soil chemical analysis of activity areas in the archaeological site of Piedras Negras, Guatemala. M.A. thesis, Brigham Young University, Provo, Utah.
- Parnell J. J., Terry R. E., Golden C., 2001 - Using in-field phosphate testing to rapidly identify middens at Piedras Negras, Guatemala. *Geoarchaeology* 16: 855-873.
- Parnell J. J., Terry R. E., Nelson Z., 2002 - Soil chemical analysis applied as an interpretive tool for ancient human activities in Piedras Negras, Guatemala. *Journal of Archaeological Science* 29: 379-404.
- Parnell J. J., Terry R. E., Sheets P., 2002 - Soil chemical analysis of ancient activities in Cerén, El Salvador: A case study of a rapidly abandoned site. *Latin American Antiquity* 13: 331-342.
- Rypkema H. A., Lee W. E., Galaty M. L., Haws J., 2007 - Rapid, in-stride soil phosphate measurement in archaeological survey: A new method tested in Loudoun County, Virginia. *Journal of Archaeological Science* 34(11): 1859-1867.
- Sampietro M. M., Vattuone M. A., 2005 - Reconstruction of activity areas at a Formative household in northwest Argentina. *Geoarchaeology* 20: 337-354.
- Sánchez Vizcaíno A., Cañabate M. L., 1999 - Identification of activity areas by soil phosphorus and organic matter analysis in two rooms of the Iberian sanctuary "Cerro El Pajarillo". *Geoarchaeology* 14: 47-62.
- Sánchez Vizcaíno A., Cañabate M. L., Lizcano R., 1996 - Phosphorus analysis at archaeological sites: An optimization of the method and interpretation of the results. *Archaeometry* 38: 151-164.
- Sandor J. A., 1991 - Long-term effects of prehistoric agriculture on soils: Examples from New Mexico and Peru. In: Holliday V. T. (Ed.), *Soils in Archaeology: Landscape Evolution and Human Occupation*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp. 217-245.
- Scotter G., 1963 - Effects of forest fires on soil properties in northern Saskatchewan. *Forest Chronology* 39: 412-421.
- Scudder S. J., Quitmyer I. R., 1998 - Evaluation of evidence for Pre-Columbian human occupation at Great Cave, Cayman Brac, Cayman Islands. *Caribbean Journal of Science* 34: 41-49.
- Stein J. K., 1984 - Organic matter and carbonates in archaeological sites. *Journal of Field Archaeology* 11: 239-246.
- Tan K. H., 1998 - *Principles of Soil Chemistry*. 3rd edition. Marcel Dekker, New York.
- Terry R. E., Hardin P. J., Houston S. D., Nelson S. D., Jackson M. W., Carr J., Parnell J. J., 2000 - Quantitative phosphorus measurement: A field test procedure for archaeological site analysis at Piedras Negras, Guatemala. *Geoarchaeology* 15: 151-166.
- Terry R. E., Fernández F. G., Parnell J. J., Inomata T., 2004 - The story in the floors: Chemical signatures of ancient and modern Maya activities at Aguateca, Guatemala. *Journal of Archaeological Science* 31: 1237-1250.
- Wang Y., Amundson R., 1996 - Radiocarbon dating soil organic matter. *Quaternary Research* 45: 282-288.
- Wattez J., Courty M.-A., 1987 - Morphology of ash of some plant materials. In: Fedoroff N., Bresson L. M., Courty M.-A. (Eds.), *Micromorphologie des Sols- Soil Micromorphology*. AFES, Plaisir, France, pp. 677-683.
- Webb E. A., Schwarcz H. P., Jensen C. T., Terry R. E., Moriarty M. D., Emery K. F., 2007 - Stable carbon isotope signature of ancient maize agriculture in the soils of Motul de San José, Guatemala. *Geoarchaeology* 22: 291-312.
- Wells E. C., 2003a - Artisans, Chiefs, and Feasts: Classic Period Social Dynamics at El Coyote, Honduras. Ph.D. dissertation, Arizona State University, Tempe.
- Wells E. C., 2003b - La arqueología y las lecturas químicas de las actividades rituales en la plaza monumental del Sitio El Coyote, Santa Bárbara, Honduras. In: Laporte J. P., Arroyo B., Escobedo H. L., Mejía H. (Eds.), *XVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2002*. Museo de Arqueología y Etnología, Guatemala City, pp. 918-930.

- Wells E. C., 2004a - A brief history of archaeological soil chemistry. Newsletter of the International Union of Soil Science and the Soil Science Society of America 11 : 2-4.
- Wells E. C., 2004b - Investigating activity patterns in prehispanic plazas: Weak acid-extraction ICP/AES analysis of anthrosols at Classic Period El Coyote, northwest Honduras. *Archaeometry* 46: 67-84.
- Wells E. C., 2006 - Cultural soils. In: Frossard E., Blum W. E. H., Warkentin B. P. (Eds.), *Function of Soils for Human Societies and the Environment*. Geological Society, London, pp. 125-132.
- Wells E. C., Novotny C., Hawken J. R., 2007 - Quantitative modeling of soil chemical data from inductively coupled plasma–optical emission spectroscopy reveals evidence for cooking and eating in ancient Mesoamerican plazas. In: Glascock M. D., Speakman R. J., Popelka-Filcoff R. S. (Eds.), *Archaeological Chemistry: Analytical Techniques and Archaeological Interpretation*. American Chemical Society, Washington, DC, pp. 210-230.
- Wells E. C., and Terry R. E., 2007a - Introduction. In: Wells E. C., Terry R. E. (Eds.), *Advances in Geoarchaeological Approaches to Anthrosol Chemistry, Part I: Agriculture*. Special issue of *Geoarchaeology: An International Journal* 22(3) : 285-290.
- Wells E. C., and Terry R. E., 2007b - Introduction. In: Wells E. C., Terry R. E. (Eds.), *Advances in Geoarchaeological Approaches to Anthrosol Chemistry, Part I: Activity Area Analysis*. Special issue of *Geoarchaeology: An International Journal* 22(3) : 387-390.
- Wells E. C., Terry R. E., Parnell J. J., Hardin P. J., Jackson M. W., Houston S. D., 2000 - Chemical analyses of ancient anthrosols in residential areas at Piedras Negras, Guatemala. *Journal of Archaeological Science* 27: 449-462.
- Wells E. C., Urban P. A., 2002 - An ethnoarchaeological perspective on the material and chemical residues of communal feasting at El Coyote, northwest Honduras. In: Vandiver P. b., Goodway M., Mass J. L. (Eds.), *Materials Issues in Art and Archaeology VI*. Materials Research Society, Warrendale, Pennsylvania, pp. 193-198.
- Wilson C. A., Davidson D. A., Creeser M. S., 2008 - Multi-element soil analysis: An assessment of its potential as an aid to archaeological interpretation. *Journal of Archaeological Science* 35(2) : 412-424.
- Woods W. I., 1977 - The quantitative analysis of soil phosphate. *American Antiquity* 42 : 248-252.