

Université de Montréal

Les pierres à moudre du site d'Ucanal, Guatemala
Provenance des matériaux dans les basses-terres mayas de la
période Classique

par Kim de Chantal

Département d'anthropologie
Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté
en vue de l'obtention du grade de Maîtrise ès Sciences (M. Sc.)
en Anthropologie
option Archéologie

Mai, 2019

© Kim de Chantal, 2019

Résumé

Ce mémoire porte sur les pierres à moudre retrouvées au site archéologique d'Ucanal, situé à Petén, au Guatemala. Celles-ci correspondent principalement aux *manos* et aux *metates*, qui étaient des outils indispensables aux maisonnées mayas puisque ceux-ci servaient à transformer le maïs en farine, l'un des aliments de base du régime maya. Ce travail documente les choix typologiques, stylistiques et technologiques ainsi que les caractéristiques des matières premières constituant ces outils à l'aide d'un échantillon de 156 pierres à moudre datant de la période Préclassique au Classique Terminal (300 a.n.è. – 1000 d.n.è.). Puis, les outils composés de granites et de quartzites ont été soumis à une analyse chimique à l'aide d'un appareil portable de spectrométrie par fluorescence à rayons X (*pXRF*) afin de confirmer la fiabilité de cette méthode quant à l'identification de la provenance des matériaux et des possibles réseaux d'échanges entre le site d'Ucanal et les différentes régions mayas. Ces pierres à moudre ont également été considérées selon leur contexte archéologique afin de reconnaître si le statut social des individus conférait un accès différentiel à ces matériaux et par conséquent, aux différents réseaux d'échanges. Les résultats de cette étude ont ainsi permis d'identifier trois sources de granites originaires des Montagnes Mayas, au Belize. Bien qu'il s'agisse d'une analyse préliminaire, les données obtenues à l'aide des échantillons de quartzite ont permis de souligner la similarité de la composition des outils étudiés. D'autre parts l'étude contextuelle a permis de révéler que les différents types de résidence ne disposaient pas d'un accès préférentiel aux sources de matières premières d'origine non locale et donc, que ces pierres à moudre devaient être acquises au sein d'échanges de marchés. Enfin, l'importation de ces matériaux ne diminue pas au fil des périodes Classique Récent (600 – 830 d.n.è.) au Classique Terminal (830 – 1000 d.n.è.), témoignant de la participation du site d'Ucanal à des réseaux d'échanges de longues distances en dépit des crises politiques qui ébranlent les basses-terres mayas du sud au cours de la période Classique Terminal.

Mots-clés :

Pierres à moudre, pXRF, Ucanal, provenance, Montagnes Mayas, granites, basses-terres mayas

Abstract

This thesis examines groundstone artifacts found at the archaeological site of Ucanal, in Petén, Guatemala. These stone tools consist primarily of *manos* and *metates*, tools which were indispensable to all Maya households since they were used to process corn into flour, one of the basic staples of the Maya diet. This thesis documents the typological, stylistic, technological, and raw material characteristics of a sample of 156 groundstone tools dating from the Late Preclassic to Terminal Classic periods (ca. 300 BC – AD 1000). In addition, a more focused chemical composition study of the granite and quartzite groundstone tools was conducted using a portable X-ray fluorescence machine (pXRF) in order to test the reliability of the pXRF for identifying provenience sources and, if possible, to identify different exchange networks between Ucanal and other regions of the Maya area. Groundstone raw materials were also assessed by archaeological context in order to identify if elite, middle-status, and commoner households at the site of Ucanal had access to different raw materials sources and thereby participated in different economic exchange networks. The results of this chemical composition study reveal that the site of Ucanal had access to three sources of granites from the Maya Mountains in Belize. Although the results from the quartzite samples are too preliminary to identify specific source locations, they reveal that the majority of the quartzite tools had a similar chemical composition. Contextual analyses reveal that different types of households did not have significantly different access to non-local groundstone raw materials, and therefore the exchange of groundstone tools may have occurred through market exchange. Finally, access to non-local groundstone tools did not decline over the course of the Late Classic (ca. 600-830 AD) to Terminal Classic (ca. 830-1000 AD) periods, indicating that the site continued to engage in long-distance exchanges despite political crises that were experienced more broadly in the Southern Maya Lowlands during the Terminal Classic period.

Keywords :

Groundstone, pXRF, Ucanal, sourcing, Maya Mountains, granites, Maya Lowlands

Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des tableaux.....	vi
Liste des figures.....	vii
Liste des sigles.....	ix
Remerciements.....	x
Introduction.....	1
Le Proyecto Arqueológico Ucanal (PAU).....	1
Objectifs.....	2
Cadre contextuel.....	3
1.1 Les Mayas de la période Classique.....	3
1.1.1 Les basses-terres mayas.....	5
1.1.2 Les principaux sites mayas.....	5
1.2 Le site d’Ucanal.....	6
1.2.1 Historique des recherches à Ucanal.....	6
1.2.2 Le contexte archéologique d’Ucanal.....	8
1.2.3 Les relations du site d’Ucanal.....	10
1.3 Les pierres à moudre en Mésoamérique.....	10
1.3.1 Définition des pierres à moudre.....	11
1.3.2 La consommation du maïs chez les Mayas.....	12
1.3.3 La typologie des pierres à moudre.....	13
1.3.4 Le rôle des genres.....	15
1.4 Historique des recherches sur les sources de matières premières.....	16
1.4.1 La géologie de la région des basses-terres.....	16
1.4.2 Environnement karstique.....	17
1.4.3 Les différents types de matériaux.....	18
1.4.4 Les différentes formations géologiques.....	19
1.4.5 La région des basses-terres et des Montagnes Mayas.....	22

1.4.6	Le Guatemala et la région des hautes-terres : gîtologie	25
1.4.7	Historique de la recherche sur la provenance des matières lithiques.....	27
1.4.8	Autres sources possibles	29
1.4.9	Les similitudes avec les données ethnographiques	31
	Matériaux et méthodologie	32
2.1	Collecte de données	32
2.2	Méthode d'analyses	34
2.2.1	Étude comparative	34
2.2.2	Appareil de spectrométrie portable (<i>pXRF</i>).....	35
2.2.3	Échantillons de contrôle et références	36
2.2.4	Fiabilité du <i>pXRF</i>	37
2.2.4.1	Limitations	38
2.3	Interprétation statistique des données	39
	Résultats : Analyses typologiques	40
3.1	Les <i>manos</i>	40
3.2	Les metates.....	45
3.3	Les mortiers	49
3.4	Les pilons	50
3.5	Les polissoirs	52
3.6	Les autres types de pierres à moudre	52
3.6.1	Bilan des analyses typologiques	54
	Résultats : Analyses des matériaux.....	55
4.1	Résultats de l'échantillon de granites	57
4.2	Résultats de l'échantillon de quartzites.....	61
4.3	Identification de la provenance des matériaux.....	65
	Discussion.....	66
5.1	Réseaux d'échanges	66
5.1.1	Échelles géographiques.....	66
5.1.2	Les échanges de marchés	67
5.2	Contexte archéologique des pierres à moudre	70
5.2.1	Contextualisation des <i>manos</i>	72

5.2.2 Contextualisation des <i>metates</i>	73
5.3 Provenance des matériaux d'Ucanal	76
Conclusion	79
Bibliographie.....	81
Annexe	xi

Liste des tableaux

Tableau I. Densité de pierres à moudre retrouvées au site d'Ucanal par m2, selon les rangs 1, 2 et 3.....	54
Tableau II. Composition des pierres à moudre d'Ucanal selon l'examen visuel (n = 156)	55
Tableau III. Moyennes des éléments détectés par le <i>pXRF</i> dans les échantillons de granite provenant des Montagnes Mayas et les artéfacts du site d'Ucanal (en ppm).....	57
Tableau V. Moyenne des éléments détectés par le <i>pXRF</i> pour les artéfacts en quartzite du site d'Ucanal (en ppm, n = 54).....	62
Tableau VI. Contextualisation des <i>manos</i> selon leur typologie (n = 63).....	72
Tableau I.	72
Tableau VII. Contextualisation des <i>metates</i> selon leur typologie (n = 46).....	74
Tableau VIII. Moyenne et coefficient de variation (RSD) de l'échantillon de contrôle (en ppm; n = 8).....	xi
Tableau IX. Résultats de l'analyse géochimique par <i>pXRF</i> des outils en granite d'Ucanal et des échantillons géologiques de Tibbits (2016) : concentration Rb, Sr et Y, et ratios Rb/Sr et Sr/Y (en ppm; n = 46).....	xii
Tableau X. Résultats de l'analyse <i>pXRF</i> : concentration des éléments pour les objets en granite d'Ucanal (en ppm; n = 36).....	xiii
.....	xiv
Tableau XI. Résultats de l'analyse <i>pXRF</i> : concentration des éléments contenus dans les échantillons de quartzite d'Ucanal (en ppm; n = 44).....	xv
Tableau XII. Résultats de l'analyse <i>pXRF</i> : concentration des éléments contenus dans les échantillons de quartzite d'Ucanal (en ppm; n = 44).....	xvi
Tableau XIII. Résultats de l'analyse <i>pXRF</i> : concentration des éléments pour les échantillons en granite provenant des sources géologiques du Belize (fournis par Tibbits) à l'aide du <i>pXRF</i> de l'Université de Montréal (en ppm, n = 11)	xviii

Liste des figures

Figure 1. Chronologie maya (adaptée selon Demarest 2004, 26).....	3
Figure 2. Le territoire maya et ses principaux sites (tiré de Sharer et Traxler 2006, Figure 1.1)4	
Figure 3. Carte du site de la région d’Ucanal (modifiée d’après Halperin 2019, fig. 1)	7
Figure 4. Cartographie du site d’Ucanal (Halperin 2019, communication personnelle)	8
Figure 5. Formation des roches ignées (tiré de Bourque 1997).....	21
Figure 6. Provenance des échantillons de référence (modifiée selon Tibbits 2016, fig. 1.3)...	23
Figure 7. Géologie de la région maya (tiré de Solari et al. 2009, fig. 1)	26
Figure 10. Possibilités de mouvements des manos selon leur taille et la typologie des metates (tiré de Clark 1988, fig. 40)	42
Figure 9. <i>Manos</i> d’Ucanal en plan longitudinal. En ordre : PM086, PM066, PM077 et PM075	42
a. Lenticulaire; b. Conique; c. Elliptique; d. Rectangulaire.....	42
Figure 11. Chronologie des pierres à moudre du site d’Ucanal (n = 156)	43
Figure 12. Composition géologique des <i>manos</i> selon l’examen visuel (en %, n = 63).....	44
Figure 13. Metates en vue transverse. En ordre : PM072, PM053, PM048 et PM030.....	46
a. Creusé; b. Plat; c. Bassin; d. Concave.....	46
Figure 14. Pied de <i>metate</i> plat en basalte vésiculaire (PM035).....	47
N.B. La surface de l’objet se trouve à gauche de l’image	47
Figure 15. <i>En haut</i> : <i>Metate</i> à double surfaces, en vue supérieure et inférieure. <i>En bas</i> : Dessins du <i>metate</i> vue de profil et de sa surface usée en vue inférieure (par l’auteure; PM129).....	48
Figure 16. Composition géologique des <i>metates</i> selon l'examen visuel (en %, n = 44).....	49
Figure 17. Mortier en téphrite (PM017)	50
Figure 18. Profil des pilons d’Ucanal (par l’auteure)	51
Figure 20. Têtes de hache (PM041, PM047) et poids (PM060)	53
Figure 21. Exemple des différents matériaux et des inclusions de la collection du PAU (dimensions approximatives).....	56
Figure 22. <i>Hierarchical clustering</i> des échantillons de granites d’Ucanal et des prélèvements de sources des Montagnes Mayas (fournis par Tibbits), selon Rb/Sr et Sr/Y (n = 35)	58

Figure 23. Analyse <i>PCA</i> des granites d'Ucanal et des prélèvements des Montagnes Mayas (fournis par Tibbits), selon les trois familles définies par le <i>hierarchical clustering</i> dans les rapports de Rb/Sr et Sr/Y (avec ellipses d'intervalle de confiance de 95%, n = 45).....	59
Figure 24. Représentation des différentes couleurs identifiées au site d'Ucanal parmi les trois sources des Montagnes Mayas; a. HBR, b. CCB, c. MPR	61
Figure 25. <i>Hierarchical clustering</i> des échantillons de quartzites d'Ucanal selon la moyenne des éléments de V, Sr et Ti (n = 54).....	63
Figure 26. Analyse <i>PCA</i> des groupes (A, B, C, D) de quartzites de la collection d'Ucanal, selon V/Sr et Ti (avec ellipses d'intervalle de confiance de 95%) (n = 54).....	64
Figure 29. Statut hiérarchique associé aux contextes archéologiques des <i>manos</i> et des <i>metates</i> en granites selon leur provenance (en %, n = 35).....	70
Figure 30. Statut hiérarchique associé aux contextes archéologiques des pierres à moulin faits de granites (n=35) et de quartzites (n=53; en %).....	71
Figure 32. Chronologies des <i>manos</i> et des <i>metates</i> de granites retrouvés au site d'Ucanal (en %, n = 35).....	76
Figure 33. Période chronologique des pierres à moulin d'Ucanal en fonction de tous les matériaux (en %, n = 156).....	77
Figure 34. Échantillons géologiques provenant des sources de granite fournis par Tibbits, de MPR, HBR et CCB.....	xix

Liste des sigles

a.n.è. : Avant notre ère

d.n.è. : De notre ère

PAU: Proyecto Arqueológico Ucanal

PAA: Proyecto Atlas Arqueológico

pXRF: portable X-Ray Fluorescence

MPR: Mountain Pine Ridge

HBR: Humming Bird Ridge

CCB: Cockscomb Basin

BB: Baldy Beacon

LQR: Little Quartz Ridge

PM: Pierres à moudre

ppm: partie par million

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier ma directrice de recherche, Christina Halperin, pour son soutien et ses conseils précieux tout au long de ce projet de recherche. Je remercie également Jean-Baptiste LeMoine pour son aide et sa collaboration au cours de ma collecte de données.

Pareillement, je tiens à remercier les membres de mon jury pour leur intérêt, leur commentaire ainsi que le temps consacré à l'amélioration de ce travail. Par la même occasion, j'aimerais témoigner ma gratitude à tous les participants du *Proyecto Arqueológico Ucanal* pour leur implication à ce projet de recherche archéologique.

Enfin, je souhaite exprimer ma reconnaissance à l'Université de Montréal pour avoir mis à ma disposition les outils nécessaires à mon terrain de recherche de même qu'à son programme de bourse de mobilité pour m'avoir permis de voyager au Guatemala.

À mes proches, un immense merci pour votre patience et vos encouragements au cours de la dernière année, cette réalisation est grâce à vous.

Introduction

Depuis l'arrivée des Européens en Amérique, les civilisations précolombiennes ont été largement étudiées et ont suscité un fort intérêt en regard à leur niveau de développement culturel. Les Mayas sont sans doute les plus renommés pour leur architecture monumentale, l'élaboration de leur système d'écriture, leur production artistique, leur niveau d'organisation sociale ainsi que pour leur connaissance approfondie de l'astronomie dont résulte un calendrier complexe (Cowgill 1962, 273 ; Sharer et Traxler 2006 ; Demarest 2004). Ces derniers sont cependant moins reconnus pour les innovations qu'exigeaient leurs activités quotidiennes telles que la consommation du maïs. En effet, de nombreuses pratiques chez les Mayas s'orientaient autour de leur moyen de subsistance, incluant le culte des divinités, leur schème d'établissement, leur mode de production agricole ainsi que la manière dont ils préparaient et consommaient les aliments. Dans cette perspective, ce mémoire portera sur la transformation du maïs, et plus précisément sur l'utilisation des pierres à moudre par les anciens Mayas. Plus largement, ce projet s'intéresse aux différents matériaux privilégiés dans la fabrication de pierres à moudre par les Mayas des basses-terres du sud selon la disponibilité des ressources lithiques, des schèmes d'approvisionnement et des réseaux d'échange, ainsi qu'en fonction des préférences morphologiques et de l'utilisation différentiels de ces outils par les différents rangs de population. Ce travail de recherche se limitera d'ailleurs au site archéologique d'Ucanal, situé à l'est du département de Petén au Guatemala au cours de la période Classique Récent et Terminal, soit de 600 à 950-1000 de notre ère.

Le Proyecto Arqueológico Ucanal (PAU)

Ce mémoire s'insère dans le cadre du *Proyecto Arqueológico Ucanal* (PAU) qui consiste en un terrain de recherche archéologique entrepris depuis 2014 au site d'Ucanal, dans la région des basses-terres de Petén au Guatemala. Ce projet mené sous la direction de Christina T. Halperin et José Luis Garrido a pour but d'étudier les relations sociales entre les différents groupes hiérarchiques, l'organisation politique de la région ainsi que les réseaux d'échanges de longues distances ayant existés durant la transition de la période Classique (300-900 d.n.è.) vers le Postclassique (900-1521 d.n.è.; Halperin et Garrido 2014, 4).

Objectifs

Les objectifs de ce mémoire portent sur l'étude typologique des pierres à moudre ainsi que sur l'identification de la provenance des matériaux employés par les Mayas pour leur fabrication. Les trois dernières saisons de fouilles, menées entre 2016 et 2018 sur le site d'Ucanal, ont permis de mettre à jour une quantité considérable d'artéfacts archéologiques. Pour ce travail, 156 outils en pierres tels que les *manos* et les *metates* ont été catalogués afin d'observer le processus de sélection des anciens Mayas selon la forme des pierres à moudre, leur fonction ainsi que les matériaux utilisés pour cet usage. Par la suite, 115 objets constitués principalement de granite et de quartzite ont été analysés grâce à un appareil portable de spectrométrie par fluorescence de rayons X (*pXRF*), une méthode non-destructive permettant d'identifier la composition élémentaire des différents minéraux contenus dans les roches ignées. L'objectif principal de ces analyses consiste à reconnaître la provenance géologique des matériaux et par le fait même de confirmer ou non la faisabilité de l'identification chimique des matières hétérogènes à l'aide du *pXRF*. Un regard sera ainsi porté sur les interactions entre les hautes-terres du Guatemala, situées au sud, et la région centrale du Belize, à l'aide d'un recueil de littérature portant sur l'historique de recherche des sources de matières premières et des formations rocheuses en Mésoamérique. Les différents matériaux identifiés seront ensuite étudiés en fonction de leur contexte archéologique en lien avec le statut social des individus au site d'Ucanal. Ce travail de recherche tente donc de répondre à de nombreuses questions sur les pierres à moudre utilisées par les Mayas durant la période Classique, à savoir: quelles sont les préférences stylistiques ou technologiques des outils en pierres utilisés au site d'Ucanal? De quels matériaux ces outils sont-ils composés? Quelles étaient les sources de matières premières dans la région des basses-terres et à quels réseaux d'échange participaient les habitants d'Ucanal? Finalement, est-ce que l'accès différentiel à ces matériaux était déterminé par le statut socioéconomique des maisonnées?

Chapitre 1

Cadre contextuel

1.1 Les Mayas de la période Classique

La civilisation maya regroupe l'une des plus grandes lignées de populations autochtones à travers la Mésoamérique. Originellement, cette identité se forme sous la bannière d'une langue commune partagée par six familles linguistiques : les K'iche, les Mam, les Kanjobal, les Huastèques, les Yucatèques et les Tzeltal (Sharer et Traxler 2006 : 26). Les Mayas connaissent une phase de développement culturel, sociopolitique et artistique plus que prospère au cours des deux derniers millénaires, alternant des phases d'expansion et de contraction politique (fig. 1). À leur apogée, durant la période Classique (300-600 d.n.è.), les populations mayas occupent un large territoire qui inclue l'est et le nord du Mexique, le Guatemala, le Belize ainsi que l'ouest du Honduras et du Salvador. D'ailleurs, cette civilisation est caractérisée par l'un des systèmes hiérarchiques et idéologiques les plus sophistiqués de l'époque précolombienne. Leurs réalisations sont visibles à travers l'élaboration d'un calendrier complexe axé sur les connaissances de l'astronomie et des mathématiques, d'une production culturelle et artistique florissante ainsi que l'établissement d'une architecture monumentale. Les Mayas de la région des basses-terres connaîtront toutefois un déclin brutal vers la fin de la période Classique (800-1000 d.n.è.) marqué par des épisodes de sécheresse puis de conflits politiques et militaires (Sharer et Traxler 2006 ; Demarest 2004).

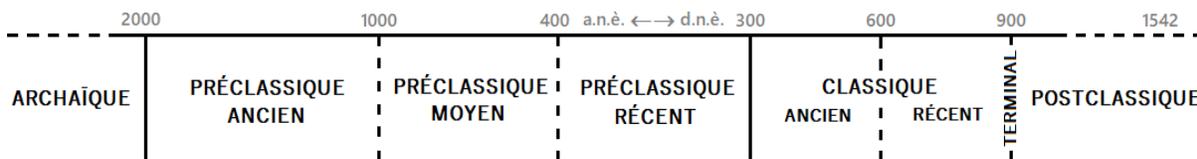


Figure 1. Chronologie maya (adaptée selon Demarest 2004, 26)



Figure 2. Le territoire maya et ses principaux sites (tiré de Sharer et Traxler 2006, Figure 1.1)

1.1.1 Les basses-terres mayas

Selon Robert J. Sharer et Loa P. Traxler (2006, 29-56), l'aire géographique correspondant à la civilisation maya est divisée en trois zones : le littoral pacifique au sud, les hautes-terres au centre ainsi que les basses-terres (du nord et du sud) au nord (fig. 2). Ces territoires se distinguent entre autres en fonction de leur environnement, qui malgré l'absence de frontières physiques, présentent une variation et une diversité écologique, hydrographique, topologique, climatique de même que géologique.

Au cours de la période Classique, les basses-terres mayas deviennent le berceau de nouveaux centres de pouvoir et d'influence. Ce territoire correspond au département de Petén, situé au nord de l'actuel Guatemala, aux régions de Chiapas et de Tabasco au Mexique puis du Belize. La particularité essentielle de cette région consiste en son environnement karstique défini par de larges étendues de calcaire, parsemées de zones de forêts tropicales. Le Petén est caractérisé par de fortes pluies atteignant de 2000 à 3000 mm annuellement ainsi que par une topographie variant entre 800 et 1000 mètres d'élévations. Au Belize, les Montagnes Mayas se dressent à travers cette zone; une chaîne de montagnes d'une élévation de plus de 1000 mètres d'altitude, constituant l'unique source de granite, de quartzite et d'ardoise de ce territoire, à l'exception des hautes-terres (Sharer et Traxler 2006 : 46).

1.1.2 Les principaux sites mayas

Au cours de leur apogée, de nombreux centres de pouvoir maya exercent leur influence à travers la région des basses-terres. Parmi eux, Tikal, Calakmul, Piedras Negras, Naranjo, Palenque, Yaxchilan et Dos Pilas connaîtront tous un déclin vers le Classique Terminal (800-1000 d.n.è.). Affectés par de nombreux conflits politiques et militaires (Sharer et Traxler 2006, chap. 8), ces centres seront progressivement abandonnés et laissés en ruine suite à la contestation de l'autorité royale, à la destruction de structures monumentales ainsi qu'à l'arrêt de leur édification. L'effondrement de ces centres de pouvoir présente cependant une opportunité pour d'autres cités des basses-terres mayas de prospérer et de se développer au cours de cette époque de crise politique et économique. Ainsi, plusieurs sites mayas tels que Ceibal, Calzada Mopan, Ixlú, Lamanai, Nakum, Tayasal et Ucanal continueront d'être occupés jusqu'à la période Postclassique (fig. 2 et 3; Halperin et Garrido 2019, 2).

1.2 Le site d'Ucanal

1.2.1 Historique des recherches à Ucanal

Le site d'Ucanal est situé à l'est du département de Petén au Guatemala, dans la municipalité de Melchor de Mencos, à proximité de l'actuelle frontière du Belize (fig. 3). Son emplacement géographique à l'ouest de la rivière Mopan positionne ce centre à une distance stratégique de sites de grande importance comme Tikal, mais également au carrefour des interactions de Naranjo et de Caracol dont Ucanal a été sous la gouverne au cours de la période Classique (Mayer 2006 : 4, Rice 2004 : 208).

Bien que la découverte exacte du site d'Ucanal demeure inconnue, l'existence de ce site est soulignée pour la première fois en 1908 par Teober Maler dans son rapport de la septième expédition organisée par le Musée Peabody alors que ce dernier y présente un croquis de la région de Petén accompagnée d'une notice sur la présence d'autels et de stèles. En 1914, Raymond E. Merwin et Carl W. Bishop élaborent la première cartographie du site accompagnée de photographies et de documentations sur les monuments d'Ucanal au cours de la onzième expédition du Musée Peabody. Ces informations serviront par la suite aux travaux de Sylvanus Morley qui publie en 1938 une documentation détaillée de dix-sept stèles retrouvées sur le terrain appuyée sur les notes de Merwin et qui permettront de dater ces artefacts entre le 9^e et le 10^e siècle de notre Ère (Morley 1938, 186). Dans les années 1970, Ian Graham reprend ces travaux afin de publier à son tour une étude plus approfondie des stèles d'Ucanal en plus de proposer une réorientation cartographique du centre cérémoniel d'Ucanal. Néanmoins, les premières fouilles archéologiques entreprises à Ucanal furent menées par Juan Pedro Laporte en 1996 avec le *Proyecto Atlas Arqueológico de Guatemala* (PAA) permettant de révéler des structures architecturales datant du milieu de la période Préclassique jusqu'au début du Postclassique (Corzo et al. 1998 : 209-210, Halperin et Garrido 2019 : 5-6).

Plus récemment, le *Proyecto Arqueológico Ucanal* (PAU) est mené depuis 2014 sous la direction de Christina T. Halperin et José Luis Garrido. Suivant les premières fouilles de 2016, ce projet archéologique a pour objectif de cartographier le site d'Ucanal puis de mener des recherches dans les secteurs résidentiels et monumentaux du site dans le but d'examiner les contextes de l'élite et les contextes communs puis d'étudier la taille, la densité et la composition



Figure 3. Carte du site de la région d'Ucanal (modifiée d'après Halperin 2019, fig. 1)

du site à l'échelle régionale. Les fouilles ont été orientées afin d'identifier les caractéristiques architecturales des bâtiments, principalement leur taille, en fonction des différentes strates sociales; d'identifier les dépotoirs et les dépôts afin de documenter les différentes zones du site permettant de comprendre les affiliations socioéconomiques des individus et de comparer leur

accès aux réseaux interrégionaux; d'identifier les sépultures afin de documenter les schèmes de migration; de documenter les preuves d'une ingénierie hydraulique; puis de contribuer à la compréhension de l'histoire maya en examinant les changements politiques et économiques entre les périodes Classique Récent et Terminal à travers les différentes unités d'excavation (Halperin et Garrido 2016; 2017; 2018). En somme, le PAU aborde les relations sociopolitiques ainsi que la croissance de ce site au-delà de la période Postclassique à travers le matériel céramique, lithique, iconographique, épigraphique et architectural retrouvé à Ucanal (Halperin et Garrido 2018, 17).

1.2.2 Le contexte archéologique d'Ucanal

À ce jour, le PAU a permis de cartographier plus de 29,8 km² de surface occupée à Ucanal, dont un ensemble dense de complexes résidentiels organisés autour des structures

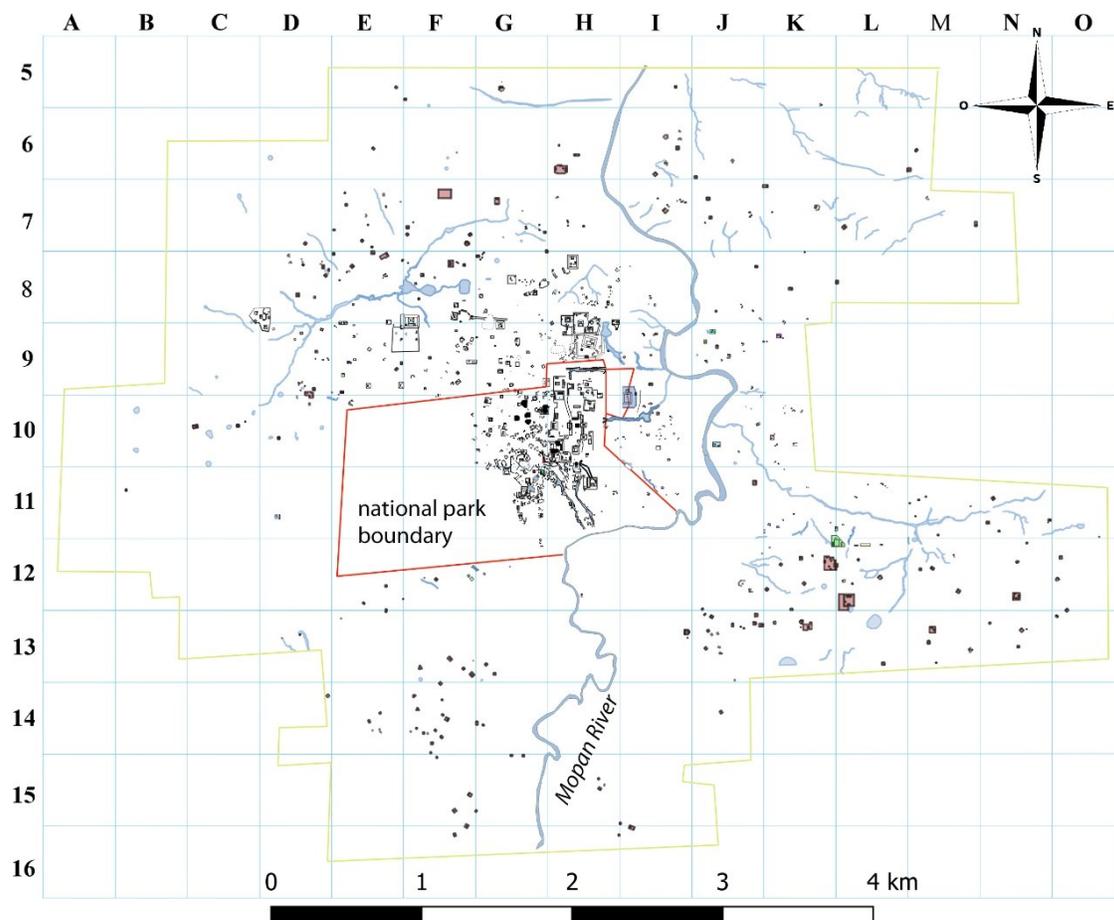


Figure 4. Cartographie du site d'Ucanal (Halperin 2019, communication personnelle)

monumentales du site dans un rayon d'environ 7,5 km² (fig. 4). Plus exactement, les fouilles de 2014, 2016, 2017 et 2018, jumelées aux précédents travaux du PAA, ont révélé un total de 647 groupes architecturaux associés à des phases de construction et d'occupation tardive de la période Classique. Parmi les 18 groupes architecturaux excavés à ce jour, 96,77% correspondent à une période d'occupation au cours du Classique Terminal (830-1000 d.n.è.) alors que 80,65% présentent des phases de construction pendant la période Classique Terminal et 83,87% durant le Classique Récent (Halperin et Garrido 2019, 7). Différents niveaux hiérarchiques ont ainsi été associés à ces structures en fonction de leur taille volumétrique, révélant soit un usage propre aux individus de l'élite, un usage cérémoniel ou des groupes résidentiels de statut moyen ainsi que de statut commun. Dans cette classification, les groupes élites (et/ou monumentaux et/ou cérémoniels) sont associés avec les résidences de plus grandes dimensions (Rang 1), les groupes de statut moyen avec les résidences de taille moyenne (Rang 2), et les groupes de bas statut avec les résidences plus modestes (Rang 3; Halperin et LeMoine 2018, 243-244). Trois terrains de jeu de balle ont également été découverts lors de la cartographie de ce site. De plus, la présence de plusieurs *aguadas* et de cinq canaux hydrauliques datant de la période Classique Terminal ont été recensés, reflétant les preuves d'une ingénierie et de l'aménagement complexe d'Ucanal au-delà de l'apogée de la civilisation maya (Halperin et Garrido 2014, 2019).

Ces découvertes archéologiques assurent une nouvelle compréhension des relations sociopolitiques dans les basses-terres mayas suivant le déclin de nombreux centres dominants. En ce sens, le PAU permet de dévoiler la complexité du site d'Ucanal au dénouement de la période Classique témoignant à la fois du maintien de la population durant cette phase, mais également d'un investissement important au sein de ses infrastructures (Halperin et Garrido 2019 : 6-7). Les fouilles de 2018 ont notamment permis de mettre à jour une structure résidentielle en forme de « C » datant du Classique Terminal (Groupe 167). Cette découverte est particulièrement importante puisqu'elle correspond à un style architectural privilégié au cours de la période Classique Terminal et Postclassique au sein de nouveaux centres de pouvoir tels que Ceibal, Ek Balam, Quexil, Uxmal et Sayil (fig. 2). Ainsi, la présence de ce type de construction à Ucanal indique que le site était connecté aux mêmes réseaux que ses voisins d'envergure situés au nord du Yucatán et dans la région du Petexbatún à l'ouest (Halperin et Garrido 2018, 288).

1.2.3 Les relations du site d'Ucanal

En somme, après le déclin des principaux centres urbains comme Tikal, Calakmul, Piedras Negras, Naranjo, Palenque, Caracol et Dos Pilas, l'avènement de la période Classique Terminal marque l'émergence de nouveaux sites d'influence dans la région des basses-terres (fig. 2). Les populations des grandes cités déclinent alors pour se disperser au sein de communautés décentralisées, de plus petite envergure. Les populations à proximité de la côte ou des cours d'eau tendent à être les moins affectées par ces épisodes de sécheresses, de confrontations politiques, d'affrontements militaires puis d'abandon. Les communautés rurales ne sont dès lors plus sujettes au contrôle des grandes cités urbaines et bénéficient désormais d'un accès aux sources de matière première, aux produits finis ainsi qu'aux réseaux d'échanges (Tibbitts 2016, 10-11). Tel fut le cas pour le site d'Ucanal ainsi que de Ixtonton, et de Sacul par exemple, qui pendant près de deux siècles deviennent les centres dominants de la région avec une influence très marquée des basses-terres du nord, dans leur nouveau développement architectural, leur style monumental ainsi que leur production céramique (Demarest 2004, 266). Parmi eux, Ceibal s'établit comme le nouveau centre de pouvoir dans la région de Petexbatun, profitant de l'effondrement de Dos Pilas ainsi que d'Aguateca. Pareillement, Xunantunich s'empare de l'autorité de Naranjo dans la vallée du Bélize. Il en est de même pour Ucanal, qui acquiert un certain niveau d'indépendance face à Caracol. Les alliances politiques ainsi que les réseaux d'échanges et de migrations ont également été renforcés au cours de cette période entre les basses-terres du sud et du nord. Celles-ci sont notamment observables par l'apparition de lieux de culte, comme les sanctuaires circulaires, à proximité des nouvelles routes commerciales qui se situent en périphérie des sites, se distançant des réseaux de commerces intérieurs contrôlés par Tikal et Calakmul (Halperin et Garrido 2019, 4).

1.3 Les pierres à moudre en Mésoamérique

La pierre est étudiée depuis fort longtemps en archéologie en fonction de ses composantes et de ses nombreux usages. Durant l'époque précolombienne, ce matériau est essentiel à la fabrication de nombreux objets de dimension réduite ou monumentale, comme les outils et les matériaux de construction, les pièces d'ornement, les stèles ainsi que les sculptures. Essentiellement, les outils en pierre se divisent en deux grandes catégories, soit les objets

produits par l'enlèvement d'éclats ou ceux obtenus par martelage et/ou abrasion. À ce premier groupe correspondent les artefacts sur support laminaire tels les pointes de flèches, les grattoirs, les lames, les burins, etc. alors que la seconde catégorie regroupe principalement les pierres à moudre, dites « *groundstone* », sur lesquelles porte ce travail.

Dans cette perspective, de nombreuses recherches archéologiques et ethnographiques ont été entreprises depuis les années 1980 sur l'acquisition, la production et l'utilisation des pierres à moudre en Mésoamérique ainsi que sur la typologie qui leur est associée (Delu 2007; Duffy 2011; Sidrys et Andresen 1976; Clark 1988; Spink 1983; Adams 1999, 1993; Inomata 2014; Tibbits 2016; Hayden 1987; Biskowski 2008; Dubreuil et Savage 2013; VanPool et Leonard 2002; Fertelmes 2014; Ward 2013; Jones 1992). Cependant, peu d'entre elles portent sur la provenance et la composition de ces outils par les Mayas dans la région des basses-terres. De manière plus générale, les pierres à moudre sont étudiées en complémentarité avec la production de nourriture et la consommation de maïs en Mésoamérique (voir 1.3.2.). Une des raisons évoquées par Mary Louise Spink (1983, 2-3) pour expliquer ce domaine de recherche, serait que ce type d'objet utilitaire présente une faible évolution stylistique ou technologique à travers le temps à l'inverse des productions céramiques ou de l'outillage en pierre taillée.

1.3.1 Définition des pierres à moudre

Avant tout, la définition de pierre à moudre correspond à des objets de pierre résultant de multiples procédés de taille, de meulage, d'abrasion et/ou de polissage. Ces pierres bouchardées se composent de divers matériaux et se retrouvent sous plusieurs formes selon la fonction qui leur est attribuée, c'est-à-dire du processus de transformation de ressources variées : animales, végétales ou minérales. À ce type d'outil correspondent principalement les *manos* et les *metates*, ainsi que les mortiers et les pilons (Delu 2007, 3), quoique des percuteurs, des têtes de hache, des poids et des polissoirs ont également été observés au cours de cette étude.

Depuis plus de 3000 ans, les pierres à moudre ont permis de répondre au mode de subsistance des populations de Mésoamérique, et ce malgré l'apparition des meules mécaniques à l'époque contemporaine (Clark 1988, 83). Par le fait même, il est attendu que chaque famille devait

posséder au moins un de ces ensembles de pierres à moudre à l'époque précolombienne, qu'elle occupe un rang de l'élite ou un rang plus modeste (Biskovski 2008, 145). Ces pierres à moudre devaient d'ailleurs représenter le bien le plus dispendieux de nombreuses maisonnées selon Clark (1988). Néanmoins, l'acquisition d'un tel outil constitue un investissement peu coûteux à long terme, considérant que leur durée de vie se situe autour de 30 ans (Hayden, 1987, cité par Abramiuk et Meurer 2006, 348). De plus, leur utilisation sur une base quotidienne permet d'assurer un régime alimentaire plus substantiel dans le mode de vie des anciens Mayas, malgré la prépondérance du maïs dans leur alimentation (Abramiuk et Meurer 2006, 348).

1.3.2 La consommation du maïs chez les Mayas

En Mésoamérique, les pierres à moudre sont depuis longtemps utilisées en complémentarité avec la production et la consommation de maïs. À ce propos, Jenny L. Adams (1993, 332) soutient que le développement des *manos* et des *metates* est apparu afin de réduire les grains en farine, sans quoi ils étaient inaptes à la consommation. Une grande majorité des populations de Mésoamérique partageaient un mode de subsistance basée sur le maïs, la courge ainsi que la fève. Le maïs en particulier était ingéré sous plusieurs formes après le broyage des grains, même comme breuvage. Cette farine pouvait alors servir à la confection de pâte qui une fois grillée était consommée sous forme de *tortillas*, ou bien cuit au feu ou à la vapeur afin de composer les *tamales* (Demarest 2004, 8).

De prime abord, John E. Clark (2012, 603) affirme que la forme initiale des toutes premières pierres à moudre devait consistée en de simples pavés employés sans aucune modification. Ces Essentially, une bonne connaissance de la auraient par la suite été mis en forme afin de correspondre à un certain standard quant à la dimension et à la morphologie appropriées pour ce type d'objet dans le but de répondre aux besoins de chaque maisonnée. Cette évolution, basée sur le changement de régime alimentaire et orienté par l'agriculture du maïs, assure également le rendement de chaque outil en fonction de la nature des aliments transformés, tout en minimisant la durée et l'énergie nécessaire à la charge de travail (Adams 1993, 333). Ainsi, certains auteurs tels que Spink (1983) et Adams (1993) attribuent différentes fonctions aux *metates* en regard à leur forme selon les besoins nutritionnels à combler. Les *metates* de plus grande taille et de surface plus abrasive seraient ainsi adaptés à la production de farine de maïs

alors que de plus petits seraient employés pour la production de *masa*. La *masa* consiste en une pâte obtenue après le trempage des grains de maïs dans de l'eau de chaux, le *nixtamal*. Cette pâte est ensuite utilisée dans la confection des tortillas, facilitant sa digestion et l'absorption de calcium et d'autres minéraux (Duffy 2011, 14). Ces pierres pouvaient également servir à broyer d'autres aliments comme le cacao et les herbes, à pulvériser de fins pigments ou des minéraux, à réduire en cendre des restes osseux ou pouvaient être utilisés comme offrande rituelle.

Les études portant sur la forme des pierres à moudre, l'usure de leur surface de contact ainsi que sur le choix des matériaux pourraient donc constituer de bons indicateurs quant à la fonction de ces outils (Delu 2007 : 3). Toutefois, Marc A. Abramiuk et William P. Meurer (2006) mentionnent le potentiel symbolique désigné par la forme de ces outils en pierre, en fonction du statut ethnique ainsi que socio-économique des individus (Abramiuk et Meurer 2006, 350). Les auteurs parviennent à cette hypothèse selon l'idée que certaines formes de *manos* ou de *metates* sont invariablement taillées dans la même matière, en dépit des sources locales de matériel lithique. Selon Abramiuk et Meurer (2006, 350), ce désir d'obtenir une certaine forme dans un matériau donné répondrait ainsi aux besoins fonctionnels/mécaniques requis par ces objets, ou symboliques, c'est-à-dire résultant des choix préférentiels des populations.

1.3.3 La typologie des pierres à moudre

L'étude morphologique des pierres à moudre fait l'objet de multiples recherches archéologiques et ethnologiques à travers la Mésoamérique (Adams 1993, 2013; Biskowski 2008; Clark 1988; Delu 2007; Diehl 1996, 1993; Dubreuil et Savage 2014; Duffy 2011; Gonzalez 2014; Hester et Hammond 1976; Horsfall 1983; Inomata 2014; Jones 1992; Nelson et Lippmeier 1993; Odell 2001; Schlanger 1991; Searcy 2011; Spink 1983; VanPool et Leonard 2002; Willey 1972). De nombreux auteurs ont ainsi contribué au développement d'une typologie orientée vers l'utilisation optimale de ces différents outils en fonction de leur forme par rapport à la production de nourriture. Les travaux de Adams (1988, 1993, 1999, 2014) par exemple, chez les Hohokams du Sud-ouest américain, correspondent à l'une des analyses les plus complètes au sujet des pierres à moudre et de leur utilisation. Cette dernière aborde entre autres le problème de transformation du maïs en regard à l'efficacité ainsi que l'intensité de l'activité de broyage. Pour ce faire, Adams affirme que la morphologie des outils en pierre dépend

largement des besoins de subsistance des familles et du nombre d'individus à nourrir, de même que le temps de préparation des repas en regard aux autres activités quotidiennes. En ce sens, Adams mesure l'efficacité de ces pierres à moudre en fonction de la quantité de nourriture produite pour une durée déterminée. Cette efficacité se mesurerait par la création d'un surplus alimentaire, d'un plus grand nombre de personnes satisfaites pour une même période donnée ou par une diminution du temps nécessaire à la préparation des repas en fonction du choix technologique des individus. Ainsi, le perfectionnement de ces objets utilitaires aurait comme conséquence de réduire la durée de cette tâche quotidienne et d'assurer plus de temps libre aux femmes mayas pour participer aux autres activités (Adams 1999, 483-484). La taille des outils en pierre ne correspond donc pas obligatoirement à leur niveau d'efficacité ou à l'intensité de leur usage. Cette efficacité est principalement définie par la résistance des matériaux choisis pour leur fabrication, mais contrainte par la quantité d'énergie et d'endurance nécessaire à son utilisation dans la limite des capacités humaines (Adams 1999, 484). En ce sens, les pierres à moudre revêtent une importance fondamentale au sein des stratégies de production de la nourriture. En effet, les développements technologiques entourant ceux-ci, de même que le choix des matériaux, seraient le reflet des divers enjeux associés à la transformation du maïs. Cette transformation comprend à la fois le broyage des grains trempés ou frais en pâte formant la *masa* ainsi que des grains secs constituant la farine de maïs (Adams 1999, 492). Somme toute, la morphologie des *manos* et des *metates* dépendrait de l'utilisation à laquelle ceux-ci sont destinés.

À ce propos, dans son projet de recherche ethnographique au site de San Mateo, Gayel A. Horsfall (1983) note que les pierres à moudre peuvent servir à de nombreux usages au-delà de la transformation du maïs dont la mouture du café, le lavage des vêtements, le broyage des herbes et du sel ainsi que de la calcite nécessaire pour la poterie. Certains *manos* et *metates* de plus petites tailles peuvent également avoir servis de jouet, alors que d'autres, peu usés, étaient entreposés dans la maisonnée. Michael T. Searcy (2011) note au cours de son terrain de recherches ethnographiques que chacune des maisonnées possède de deux à trois *metates* en fonction du nombre de femmes dans la résidence. Ce nombre correspond généralement à la mère de famille ainsi qu'à la mère de cette dernière ou de son époux puis à sa fille, âgée de plus de 14 ans, mais n'ayant pas encore quittée la demeure. Chacune d'entre elles se partage alors la

tâche des repas en utilisant son propre *metate* sur une base quotidienne. (Horsfall 1983, 83-84). Ces observations renforcent d'ailleurs l'idée que les tâches associées à la préparation des repas reposent sur les femmes, comme il devait être le cas au cours de la période Classique.

1.3.4 Le rôle des genres

Dans cette perspective plus large, les pierres à moudre, et plus spécifiquement la production de nourriture, sont fortement associées à l'étude du genre et au rôle des femmes en Mésoamérique. À ce sujet, de nombreux auteurs (Hendon 1997 ; Crown 2000 ; Searcy 2011 ; Ardren 2008) se sont penchés sur la question de la division des tâches au sein de la maisonnée depuis la période précolombienne. Dans son terrain de recherche ethnographique par exemple, Searcy (2011) soutient que le rôle des femmes dans la société K'iche est de préparer la farine de maïs et de confectionner les tortillas, alors que celui des hommes s'organise autour de la confection des pierres à moudre, surnommés les *metateros*, de même qu'aux travaux reliés à l'agriculture. En ce sens, Searcy souligne l'existence d'un savoir qui se passe de père en fils quant à la fabrication des *manos* et *metates* (Searcy 2011,64). De la même façon, l'auteur souligne la transmission des devoirs familiaux en cuisine de mère en fille qui s'établit très tôt dans le cercle des femmes. Ces dernières ont effectivement l'obligation dès leur mariage de produire la nourriture, et plus spécifiquement les tortillas pour chaque membre de la famille sur une base quotidienne. Les tortillas sont depuis longtemps consommés par les hommes alors qu'ils partaient travailler au loin et nécessitaient une forme de denrée substantielle et facile à conserver (Searcy 2011, 89-90).

La complémentarité des rôles est essentielle en ce sens, puisque le travail des hommes s'organise principalement autour de la production de nourriture et celui des femmes sur la transformation et la préparation des repas. Il est commun d'ailleurs de voir des mères ou des grands-mères offrir des *metates* à titre de cadeaux de mariage à leur fille ou petite fille (Searcy 2011). Il est à noter également que dans ce contexte, les hommes ont la possibilité de recevoir et d'offrir des pierres à moudre à un de leurs proches, mais que jamais ils ne vont les utiliser eux-mêmes. Il existe en effet de nombreux *awas*, une forme de malchance ou de mauvais œil, qui prévalent si hommes tentent de manipuler ce type d'objet. Il est par conséquent peu souhaitable que ces derniers participent à la préparation des repas. Searcy (2011) donne pour

exemple un *awas* stipulant qu'un homme qui manipulerait un *metate* préalablement employé par une femme n'aura par la suite qu'une descendance féminine. Dans la même lignée d'idées, celui-ci rapporte avoir interrogé de nombreux hommes quant à leur utilisation des *metates* et avoir reçu une réponse négative de l'ensemble d'entre eux, souvent accompagnée de légères moqueries. En ce sens, le rôle des femmes quant à la subsistance de leur famille semble primordial. Cependant, les hommes sont autorisés à prendre part à la préparation du maïs lors de cérémonies rituelles. Le *metate* utilisé néanmoins ne sera pas le même que pour la production de nourriture quotidienne. À cette fin, des pierres plus finement élaborées sont employées, possiblement faits de matériaux dont la qualité est reconnue ou associé à une certaine forme de prestige.

En somme, l'utilisation des *manos* et des *metates* reflète l'une des dimensions quotidiennes du travail des femmes depuis l'adoption du maïs comme moyen de subsistance en Mésoamérique. De nombreuses études ethnologiques témoignent encore de l'ampleur de cette tâche au sein de chaque maisonnée (Searcy 2011, Horsfall 1983, Spink 1983). En ce sens, il est important de mentionner que les différents types de pierre à moulin ont été développées afin de répondre aux besoins et aux exigences des communautés, en fonction de la charge de travail, des aliments transformés, des matériaux employés et des usages rituels. Leur typologie sera discutée plus en détail dans les chapitres 3 et 4.

1.4 Historique des recherches sur les sources de matières premières

1.4.1 La géologie de la région des basses-terres

Au cours du dernier siècle, les recherches menées sur l'industrie lithique en Mésoamérique ont été fortement dominées par les études sur la provenance et le développement technologique de l'obsidienne par les civilisations précolombiennes (Braswell et al. 2000 ; Borrero 2014 ; Cecil et al. 2007 ; Smith et al. 2007 ; Moholy-Nagy et Nelson 1990 ; Meierhoff et al. 2010). Plus récemment, d'autres sources de matières premières telles que le jade, le chert, le calcaire et le basalte ont fait l'objet de travaux portant sur leur utilisation en fonction de leur disponibilité dans certaines régions (Brennan et al. 2013 ; Taube et al. 2004 ; Bostwick et

Burton 2000 ; Hruby et al. 2014 ; Horowitz 2018). Ces ouvrages ont d'ailleurs contribué au recensement de plusieurs autres sources de matériel lithique à travers le territoire maya. Néanmoins, peu de recherches se sont concentrées à ce jour sur l'exploitation du granite ainsi que du quartzite dans la région de Petén, deux matériaux pourtant indispensables à la fabrication de pierres à moudre. L'essentiel de notre connaissance sur leur disponibilité dans les basses-terres nous proviennent des recherches orientées autour des Montagnes Mayas, cette chaîne de montagne située au centre du Belize, par-delà la frontière du Guatemala (fig. 3).

1.4.2 Environnement karstique

De prime abord, il est nécessaire de mentionner que la région des basses-terres du sud est dominée par un environnement karstique. Le calcaire constitue ainsi la ressource lithique la plus abondante sur ce territoire. Par conséquent, de nombreux *metates* sont composés de ce matériau malgré son faible niveau de dureté (Duffy 2011, 24). En effet, la surface des pierres à moudre faites de calcaire est plus sujette à s'effriter que ceux de granite, de rhyolite, de quartzite ou de basalte. Il est donc possible qu'une certaine quantité de particules de calcite se retrouve dans la nourriture de ceux qui adoptent ce type de roche pour la confection de pierres à moudre (Tibbits 2016, 8).

Conséquemment, Arthur A. Demarest (2004) mentionne la nécessité des sites des basses-terres à participer à des réseaux d'échange de longues distances afin de s'approvisionner en matières lithiques plus propices à la confection de pierres à moudre. Il aurait donc été essentiel pour les anciens Mayas de contribuer au commerce avec les territoires des hautes-terres, qui sont plus riches en roches ignées et métamorphiques. De même, les populations situées à l'est de Petén ont pu s'approvisionner en matériels lithiques depuis les Montagnes Mayas. Cependant, Demarest n'exclut pas l'existence de dépôts de calcaire d'une résistance suffisante dans plusieurs régions des basses-terres mayas, en plus de sources de chert d'origine locale, qui possèderaient une dureté appropriée pour ce type d'outils (2004, 155-156).

À ce sujet, Tawny L. B. Tibbits (2016, 10-11) mentionne les travaux de nombreux archéologues (Costin 1991 ; Pendergast 1993 ; Lucero 1999) qui ont développé des théories approfondies sur les contraintes sociales, économiques ou politiques ayant un impact sur les réseaux de transport et d'échange pour les objets en céramique, le chert, l'obsidienne, le jade ainsi que les biens de

prestiges. Néanmoins, ces auteurs n'explorent pas les thèmes de la production et du mouvement des pierres à moudre dans la région du Belize (Delu, 2003, cité par Tibbits 2016, 10-11). Cette affirmation est d'autant plus vraie au nord du Guatemala où peu de chercheurs se sont penchés sur l'origine géochimique des granites composant ces outils en pierre.

1.4.3 Les différents types de matériaux

Les pierres à moudre peuvent être fabriquées de nombreux matériaux tels que le calcaire, le granite, le quartzite, la rhyolite, l'andésite ou le grès, quoique les matières ayant une dureté supérieure sont généralement priorisées comme le basalte ou la rhyolite, dans la mesure où celles-ci sont accessibles (Clark 1988 ; Spink 1983 ; Tibbits 2016, 7). À ce propos, Clark affirme que la matière la plus prisée pour la fabrication de *metates* est le basalte vésiculaire ainsi que d'autres roches d'origines volcaniques, mais qu'en l'absence de celles-ci, c'est-à-dire au-delà d'une distance de 100 km, les populations se tournent simplement vers les ressources locales (Clark 1988, 84).

Au site de La Libertad par exemple (fig. 3), situé au Chiapas (Mexique) et datant du Préclassique moyen, un seul des *metates* retrouvés est d'origine locale, dans un style très peu travaillé. Inversement, la plupart des *manos* et des *metates* présentant une élaboration plus fine, étaient composés de basalte vésiculaire et semblaient provenir de la région des hautes-terres du Guatemala. Ce savoir-faire technologique indiquerait par conséquent la présence d'artisans spécialisés et d'ateliers à proximité des sources de basalte ou des matériaux les plus prisés (Clark 1988, 129). Inversement, ce dernier suggère que les outils d'origine locale pouvaient être taillés grossièrement à proximité des carrières, assurant leur finition aux mains des marchands ou de la maisonnée (Clark 1988).

Clark (2012) ajoute que les pierres à moudre faites de basalte devaient être échangées, malgré leur poids considérable, en raison de leurs qualités physiques reliées à la production de pâte de maïs. En ce sens, la sélection des matériaux implique de reconnaître les contraintes fonctionnelles liées à ceux-ci en fonction des aliments transformés, de la consistance désirée ainsi que de la présence d'inclusions dans la nourriture résultant de l'effritement des surfaces en contact (Horsfall 1983, 28). De surcroît, la dureté naturelle du basalte, de même que ses petites cavités et sa texture rugueuse étaient privilégiées.

Néanmoins, tel que mentionné par Tibbits (2016, 18), les *metateros* des hautes-terres disposaient d'un accès préférentiel au basalte compte tenu de sa disponibilité à travers le sud du Guatemala et le Honduras. Au Belize cependant, les habitants n'avaient d'autres choix que d'opter pour le matériau le plus résistant disponible sur ce territoire, soit le granite trouvé aux Montagne Mayas. Il est donc peu concevable que des pierres à moudre faites de granite aient été produites puis transportées ou échangées sur de longues distances dans des régions ayant accès à des sources de basalte.

Dans une autre mesure, il est possible que l'acquisition des matériaux en plus de dépendre des sources environnantes ait été influencé par des choix de société ainsi que le développement technologique de l'époque. En outre, J. Eric S. Thompson mentionne l'évolution des *manos* de San José, au Belize, de la période Préclassique jusqu'au Classique Récent en observant une tendance pour les pièces de forme cylindrique composées de calcaire graduellement remplacées par les outils de plus en plus carrés à base de granite (Thompson, 1954, cité par Willey et al. 1965, 462).

1.4.4 Les différentes formations géologiques

Dans le but d'assurer l'identification des matériaux composant les pierres à moudre d'Ucanal, il est nécessaire de connaître leur provenance afin de distinguer les variations existant au sein de leur composition chimique. Il est alors essentiel d'étudier les similitudes entre les différentes formations rocheuses dans le but de reconnaître les éléments qui peuvent s'avérer pertinents au cours de l'analyse de leur spectre. En effet, de nombreuses formations partagent des origines communes, mais sont soumises à des pressions qui les amènent à se transformer physiquement puis chimiquement. En somme, il est primordial de cerner les facteurs pouvant mener à une identification ou à des regroupements au sein de notre échantillon avant d'aborder directement le mode d'application de l'analyse spectrométrique.

Pour ce faire, un survol de l'ensemble des formations rocheuses et du paysage géologique à travers les basses-terres, les hautes-terres et les Montagnes Mayas est nécessaire. Ainsi, il est pertinent de mentionner que le granite tout comme la diorite, le granodiorite, la téphrite, le basalte, la dacite, le trachyte et les porphyres représentent le groupe des roches ignées dans notre échantillon. Ces roches sont elles-mêmes constituées de minéraux tels que le quartz, le

feldspath, le mica, le plagioclase, la hornblende et la biotite. Les roches ignées, qu'elles soient intrusives ou extrusives, sont un type de pierre magmatique qui se développe depuis la fusion du magma puis de la cristallisation fractionnée et de la fusion partielle des inclusions qui la composent (Bonewitz, 2012). Celles-ci sont particulièrement riches en minéraux silicatés (Bourque 1997). Dans cette catégorie par exemple, le granite constitue une roche ignée intrusive aussi dite plutonique, c'est-à-dire qu'elle s'est formée en profondeur, ce qui favorise un refroidissement lent du magma et ainsi la formation de grands cristaux dits phanéritiques (Bourque 1997). Près du site d'Ucanal, ces formations se retrouvent principalement à travers le territoire des Montagnes Mayas au Belize. Inversement, les roches de type extrusive, ou volcaniques, se développent plus près de la surface, desquelles résultent la formation de fins cristaux parfois invisibles à l'œil nu et appelés aphanitiques (Bourque 1997). Ces dernières correspondent entre autres au basalte, mais aussi à l'obsidienne, à la rhyolite et au trachyte (fig. 5). Celles-ci sont uniquement disponibles dans la région des hautes-terres mayas du Guatemala et du Mexique.

Essentiellement, une bonne connaissance de la formation de ces types de roches et minéraux facilite le travail d'identification des gîtes de matières premières ainsi que d'analyse des matériaux dans la mesure où de nombreuses similitudes peuvent survenir quant à la composition chimique de chacune des pierres, alors que celles-ci divergent au niveau de leur pétrographie et de leur cristallinité (Bourque 1997). À ce propos, il est important de reconnaître les éléments traces qui peuvent s'avérer déterminants afin de procéder à l'identification géologique de celles-ci et qui varient non seulement au cours de la formation des roches, mais également l'échelle géographique.

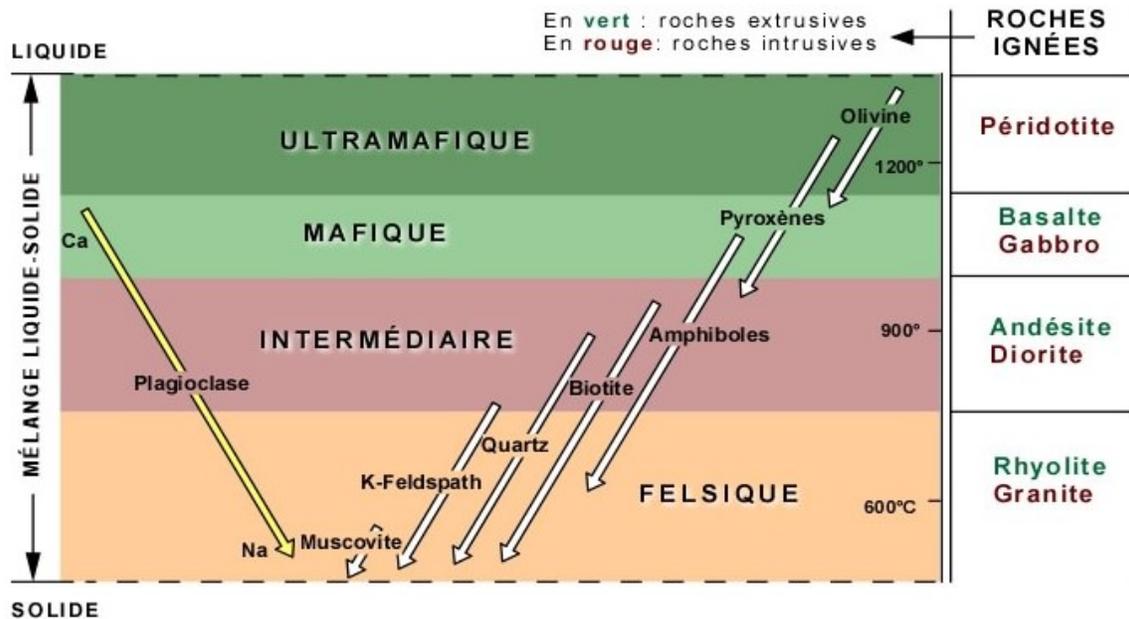


Figure 5. Formation des roches ignées (tiré de Bourque 1997)

Le quartzite, le gneiss, la serpentinite, le schiste à grenat et l'ardoise, eux sont des roches métamorphiques. Elles sont constituées à partir d'une autre roche qui a été sujette à des pressions ou des températures différentes de celles existantes lors de sa composition initiale. Les atomes et les molécules de la roche sont dès lors poussés à se réarranger, créant de nouveaux minéraux solides, sans que la roche n'ait été soumise à l'action de la fonte (Bonewitz 2012, 286-287). Ces transformations sont importantes, car elles permettent notamment de comprendre comment le gneiss peut en fait découler de la métamorphose du granodiorite ou du schiste, lui-même résultant de l'ardoise, ayant subi diverses pressions ainsi que des variations de température. À nouveau, de nombreux gisements de ces pierres métamorphiques ont été identifiés dans le sud des Montagnes Mayas, tel qu'il sera discuté dans ce chapitre (voir 1.4.5.).

Enfin, les roches sédimentaires représentent le dernier type de matériau présent dans notre échantillon. Celui-ci regroupe entre autres le calcaire, le chert, la dolomite, le travertin, l'arkose, l'orthoquartzite ainsi que les conglomérats. Ces roches sont formées par l'accumulation de sédiments à la surface de la Terre, résultant de précipitations ou d'érosion. Elles sont par conséquent, facilement accessibles et visibles dans le paysage, bien qu'elles ne représentent qu'une infime fraction (environ 10 %) de la croûte terrestre. Elles sont également riches en silicates, majoritairement le quartz, mais peuvent également être constituées de calcite

(Bonewitz 2012, 304-305). Leur présence est d'ailleurs abondante dans la région des basses-terres mayas, où il est possible de reconnaître des concentrations de calcaire du paysage karstique. Enfin, la composition des roches sédimentaires, souvent visibles au niveau de la taille des inclusions (granulométrie), peut varier largement en fonction de leur formation, des agents environnants et du temps requis à leur diagenèse c'est-à-dire à leur sédimentation. Cette transformation s'effectue ainsi par le biais de mécanismes physiques, mais modifie du même coup la composition chimique des sédiments et leur pétrographie (Bourque 1997).

En somme, bien que notre analyse se concentre principalement sur la nature du granite ainsi que du quartzite, il demeure essentiel de comprendre les ressemblances chimiques entre nos échantillons, ainsi que les différences perceptibles à la fois visuellement, mais aussi à l'échelle élémentaire. Une discussion plus approfondie de ces questions sera développée dans les chapitres 4.

1.4.5 La région des basses-terres et des Montagnes Mayas

Cyril G. Dixon (1956) est l'un des premiers chercheurs à se concentrer sur la géologie des Montagnes Mayas, situées en périphérie du site d'Ucanal, à l'exception de Karl T. Sapper (1935). Il est l'un des pionniers à avoir dressé des cartes et un registre détaillé du paysage, de l'histoire géologique et de l'hydrographie du Belize. En ce sens, Dixon associe le développement des roches ignées intrusives, largement dominées par les granites, au « Maya Series », c'est-à-dire à l'ère géologique correspondant à la formation de plusieurs roches ignées et métamorphiques comme les grauwackes, les quartzites, les ardoises, les phyllades, les shales, les schistes ainsi que les gneiss, durant le Paléozoïque. Le paysage des Montagnes Mayas est défini au nord, au sud et à l'est par la prépondérance du relief consécutif au « Maya Series », alors que l'ouest de celles-ci est dominé par les formations du « Macal Series », plus anciennes et caractérisées par des étendues de calcaire (Dixon 1956, 13). Dans cette lignée, il existerait six principaux types de roches à travers les Montagnes Mayas en fonction des différentes topographies, soit les granites, les shales, les porphyres, les grès, les calcaires puis les roches métamorphiques dont le quartzite, l'ardoise et le schiste (Dixon 1956, 8-9).

Dans les années 1970, J. Howard Bateson et Ian Hamilton Shepherd Hall (1970, 1971, 1972, 1977) publient de nombreux ouvrages sur la géologie de la région des Montagnes Mayas. Ces

derniers reprennent entre autres les travaux de Dixon (1956) sur les « Maya Series », tout en proposant une nouvelle définition stratigraphique de la période du pré-Crétacé ainsi que de la distribution des roches ignées intrusives au Belize et ses environs. En somme, les auteurs soulignent l'abondance du granite dans la région du Mountain Pine Ridge (MPR), de même que dans le Cockscomb Range et à proximité de la Hummingbird-Mullins River (fig. 6). La localité de Baldy Beacon (MPR ; 17° 00'N, 88° 47'W; fig. 6) particulièrement se distingue par la diversité des roches qu'il est possible d'y retrouver tels que les porphyres, le quartzite et bien entendu, le granite. Bien que le quartz constitue le minéral le plus abondant des granites du MPR, ceux-ci sont largement caractérisés par une haute teneur en mica, rencontrée sous la forme de biotite (mica noir) et significative des zones situées à l'est des Montagnes Mayas alors que la muscovite (mica blanc) se retrouve dans l'ouest (Dixon 1956, 35 ; Bateson et Hall 1977, 14). Le feldspath est également l'un des minéraux les plus fréquents de leur composition; les formes

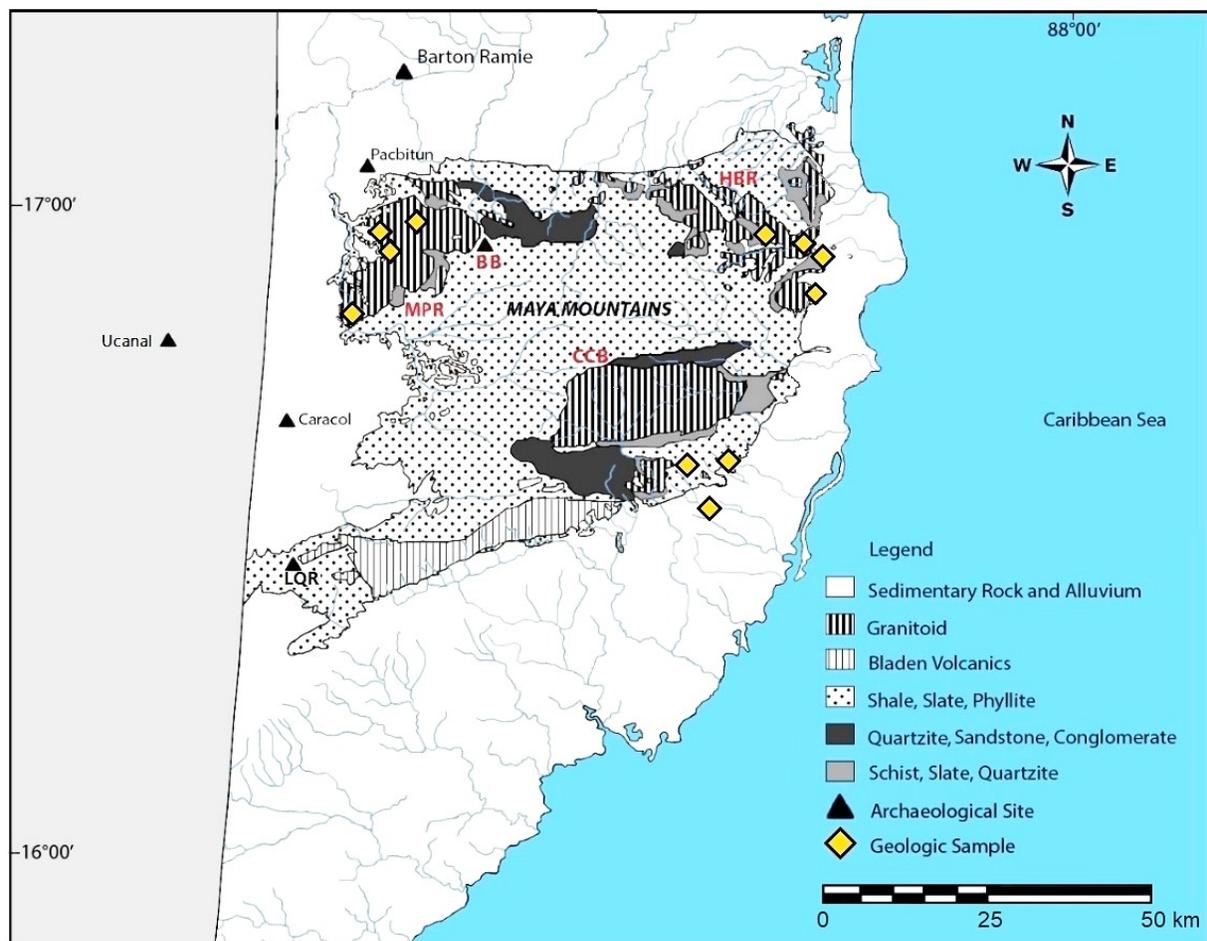


Figure 6. Provenance des échantillons de référence (modifiée selon Tibbits 2016, fig. 1.3)

plus communes étant l'orthoclase, le microcline ou l'oligoclase, avec une plus faible proportion de plagioclase (Dixon 1956, 35 ; Bateson et Hall 1977, 14). Dixon mentionne cependant que les granites formés au cours des « Maya Series » sont dépourvus de hornblende (Dixon 1956, 54). Parallèlement, cet auteur suggère que les granites riches en mica à proximité de la Mullins River et de Pomona seraient entrés en contact avec les shales (schistes argilleux) abondants durant la phase des « Maya Series », ce qui aurait mené à la formation de diorites ou de granodiorites dans ces régions (Dixon 1956, 36). Les granites de Mountain Pine Ridge présenteraient néanmoins un certain degré d'uniformité, dont les variations seraient plus perceptibles à travers la texture de même que la granulométrie de ces derniers (Bateson et Hall 1977, 14). En somme, dans le MPR, les granites les plus communs se distinguent par leur couleur rosée, qui est caractérisée par une teneur élevée en feldspath potassique (orthose, microcline, sanidine), à l'inverse des granites de couleur blanche provenant de CCB ou de HBR (Tibbits 2016, 15).

Dans une autre perspective, Dixon (1956) mentionne que la formation de porphyres prend place au sud des Montagnes Mayas contrairement aux granites localisés au nord. Plus particulièrement, ces formations, datant de la fin des « Macal Series », sont caractérisées par la présence de veines de quartz (Dixon 1956, 41). En ce sens, bien qu'il existe peu de recherches portant sur l'origine du quartzite, quelques sources de quartz ont tout de même été identifiées dans la région du Belize, dont le Little Quartz Ridge situé dans la Columbia Reserve Forest à environ 50 km au sud d'Ucanal et de Mountain Pine Ridge (fig. 6). Pareillement, Dixon évoque la présence d'un important lit de quartzites formant la crête nord des Cockscomb Mountains (Dixon 1956, 59).

Webster E. Shipley III et Elizabeth Graham (1987, 373) reconnaissent quant à eux des gisements de quartz porphyriques provenant de Baldy Beacon dans le MPR, ainsi qu'à Chiquibul au sud, et des séries « Bladen Volcanics » (fig. 7). À la suite d'analyses pétrographiques, la région de Bladen est d'ailleurs retenue par les auteurs comme origine possible des pierres à moudre pour les sites archéologiques de Ceibal et Uaxactun, au Guatemala. Cette zone sera d'ailleurs reprise par Abramiuk et Meurer (2006) qui étudient la provenance géologique des outils en pierres dans le sud du Belize. Ces auteurs s'intéressent entre autres à l'origine des granites en lien avec les schèmes d'approvisionnement et de contacts entre les diverses communautés mayas, dans la mesure où les sources disponibles devaient être exploitées par plusieurs groupes à la fois.

Abramiuk et Meurer soulignent cependant l'importance d'étudier la composition de ces granites, afin de distinguer les différentes formations à l'intérieur d'un même batholite, des ressources avoisinantes puis des matériaux importés des hautes-terres (Abramiuk et Meurer 2006, 351). Shipley et Graham notent également la présence de porphyres, de tufs, de brèches et de sédiments volcaniques provenant des sources de Bladen, située à proximité de Cockscomb Basin. À ce propos, les chercheurs soulignent que deux lits de rivières traversent cette zone des « Bladen Volcanics » (Shipley et Graham 1987, 382). Selon Graham (1987, cité par Ward 2013, 24), les réseaux de drainage en provenance des Montagnes Mayas auraient eu un débit suffisamment puissant pour permettre les transports des minéraux nécessaires à la construction et à la fabrication d'outils par les Mayas. Ces cours d'eau auraient ainsi agi comme mode de transport naturel entre cette source géologique et les sites de plus basses élévations. Son accessibilité serait donc à prendre en considération lors de l'étude de la distribution des matières premières ainsi que des produits artisanaux (Shipley et Graham 1987, 382).

1.4.6 Le Guatemala et la région des hautes-terres : gîtologie

Peu de recherches ont été entreprises à ce jour sur l'identification géochimique des outils en pierres à l'extérieur des Montagnes Mayas. En effet, la plupart d'entre elles consistent en des analyses pétrographiques ou de datations radiométriques. En ce sens, Russell E. Clemons et Leon E. Long (1971) proposent l'une des premières études pétrographiques et isotopiques sur les plutons de Chiquimula (fig. 7). Cette zone située dans le sud-est du Guatemala, près de la frontière hondurienne, contient de nombreux gisements de gabbro, de norite, de diorite, de tonalite, de granodiorite, de quartz monzonite ainsi que de granite, soit des roches ignées intrusives. D'ailleurs, la couleur claire des granites, variant entre le gris et le gris-orangé, serait caractéristique de cette zone géographique (Clemons et Long 1971). En outre, Clemons et Long (1971) procèdent à l'analyse spectrométrique de ces différents matériaux en fonction des relations entre les rapports de Rb^{87}/Sr^{86} et de Sr^{87}/Sr^{86} (Clemons et Long 1971, 2737-2739). Cette technique sera plus tard reprise par Tibbits, tel qu'il sera développé dans le chapitre 2.

Nous avons également porté une attention particulière aux travaux de Lothar Ratschbacher et al. (2009), de Luigi A. Solari et al. (2009) puis de Bodo Weber et al. (2012), afin de reconnaître les sources possibles de granites situés au Guatemala. Ces recherches ont

permis de mettre à jour les formations du groupe de Santa Rosa, qui correspondent aux « Maya Series » de Dixon (1956 ; fig. 7). Ce groupe s'étend donc depuis le MPR jusqu'au département de Petén, au sud du site d'Ucanal. La forte concentration de granitoïdes au sein de ce groupe résulte de sa période de formation au Paléozoïque supérieure, obtenue à l'aide d'une datation U-Pb sur zircons (Solari et al. 2009). Dans la région des hautes-terres mayas, Solari et al. (2009) identifient également la formation du groupe des *Silurian-Ordovician* granites (ou Rabinal granites) de la région de Rabinal-Salamá, qui semble correspondre aux trois principales sources reconnues par Tibbits (2016). Contrairement au « Mayas Series », ces granites se caractérisent par une couleur grise-verdâtre, avec des inclusions de quartz, de plagioclase, de feldspath, de muscovite et de biotite.

Enfin, les travaux de Solari et al. (2009, 6) nous ont permis de discerner la région d'Altos Cuchumatanes, à l'ouest du Guatemala, renfermant de nombreuses roches d'origine

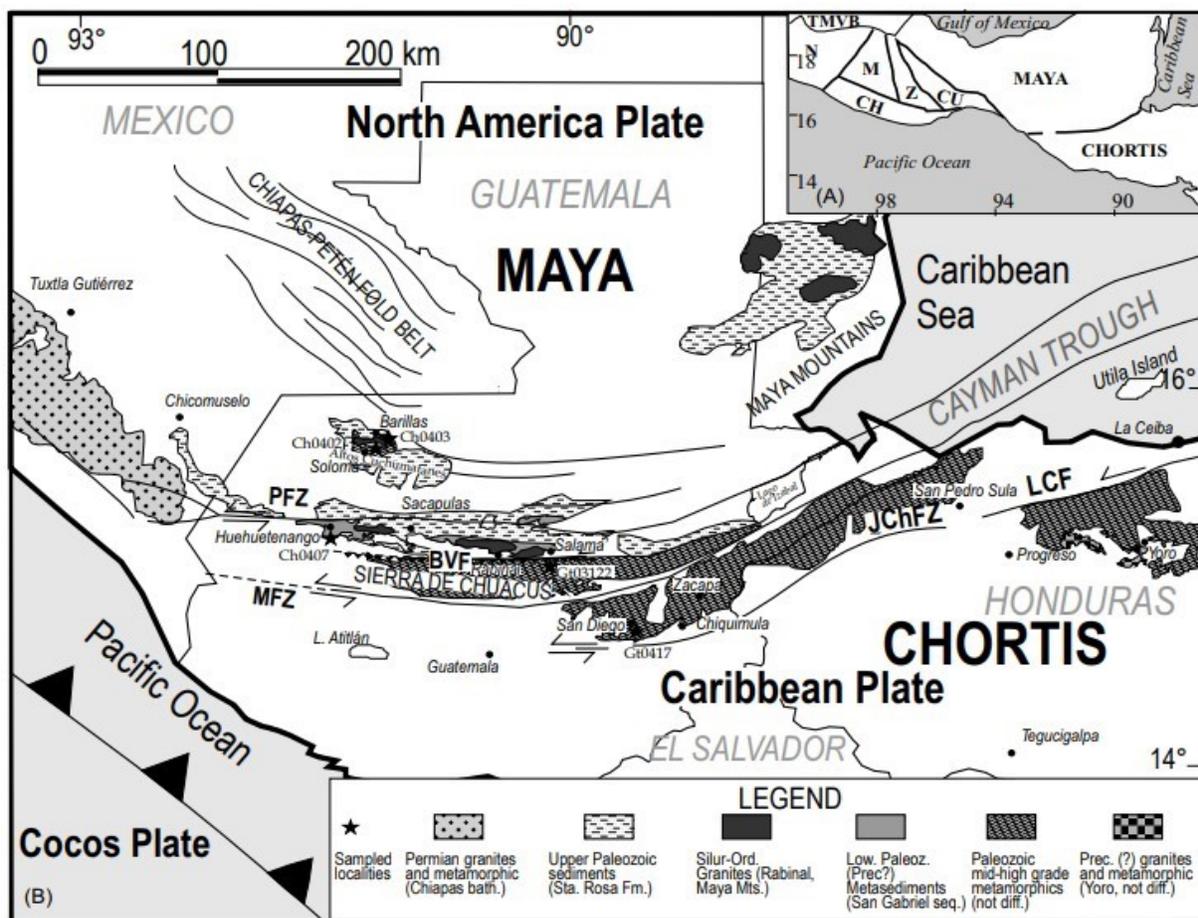


Figure 7. Géologie de la région maya (tiré de Solari et al. 2009, fig. 1)

métamorphique, dont des phyllades, de l'ardoise, du schiste et des gneiss à grenat, parsemée de zones de granites. Au centre, le complexe de Chuacús correspond à la formation de roches sédimentaires à haute teneur volcanique ainsi que de gisements de granitoïdes (Ratschbacher et al. 2009). Puis, bien que ceux-ci se trouvent à plus lointaine distance, les batholites de la région de Chiapas au Mexique, constituent l'une des plus grandes sources de roches métamorphiques et de granites (*Permien*) dans la région des hautes-terres (Solari et al. 2009). Un portrait global de ces sources sera à prendre en considération suivant nos analyses spectrométriques.

1.4.7 Historique de la recherche sur la provenance des matières lithiques

En 1976, Raymond V. Sidrys et John M. Andresen présentent une étude sur l'identification ainsi que la provenance des *metates* dans la région du Belize. Ces derniers s'appuient sur les travaux de Dixon (1955) afin de déterminer l'origine géologique de roches ignées, dont le granite et la porphyrie, ainsi que des roches métamorphiques, telles que le quartzite, le gneiss, l'ardoise et le schiste importés des Montagnes Mayas. Selon Sidrys et Andresen, les Mayas de la région de Petén se seraient presque exclusivement approvisionnés de ces sources lithiques, contrairement aux zones côtières du Belize où, à Corozal par exemple, les habitants auraient privilégié les matériaux d'origine locale tels que le calcaire. En ce sens, Sidrys et Andresen soulignent que la majorité des pierres à moudre retrouvées dans les sites archéologiques de Petén sont formées de granite ou de quartzite. À Tikal par exemple, situé près du lac Petén Itzá, ces derniers démontrent que 71 % de l'échantillon de pierres à moudre se compose de quartzites contre 12 % de granites (Sidrys et Andresen 1976, 184). À ce propos, Hattula Moholy-Nagy (2003) mentionne que la forte proportion de quartzite au sein de cette collection doit provenir de sources du Belize, alors que les objets composés de roches ignées, comme les granites ou le basalte, trouvent leur origine dans les hautes-terres du Guatemala et potentiellement, du Mexique central (Moholy-Nagy 2003, 37). Ces roches n'apparaissent cependant qu'au début de la période Classique, alors que les outils de quartzite, de calcaire et de chert sont disponibles dès l'établissement de Tikal, durant le Préclassique Moyen (Moholy-Nagy 2003, 39). Inversement, à Barton Ramie, situé au nord des Montagnes Mayas, Sidrys et Andresen stipulent que 94 % des pierres à moudre sont faites de granites contre seulement 2 % de quartzites. En somme, les auteurs suggèrent que l'approvisionnement de granites ou de quartzites prévaut pour les sites localisés à moins de 100 km des Montagnes Mayas en raison

d'un pragmatisme économique et énergétique, sans quoi les ressources locales sont privilégiées (Sidrys et Andresen 1976, 184). En ce sens, il peut être approprié de dresser un bilan des différents matériaux utilisés dans la confection des pierres à moudre pour les centres avoisinants Ucanal.

Plus récemment, Markus Eberl (2007) étudie les caractéristiques des outils en pierre retrouvés aux cités de Dos Ceibas et de Nacimiento, dans les basses-terres mayas de l'époque du Classique Récent. Ce dernier décrit entre autres la composition de *manos* et de *metates* faits de calcaire, de grès, de quartzite et de basalte. Ces communautés devaient donc avoir accès aux dépôts de grès situés près du site d'Altar de Sacrificios (Petén), alors que le basalte n'était disponible que dans les hautes-terres (Eberl 2007, 437). Eberl s'étonne cependant que la majorité de son échantillon provienne de gisements de calcaire d'origine locale (78 %). En effet, les communautés implantées aux alentours du centre urbain d'Aguateca (fig. 2), dans la région de Petexbatún, auraient dû avoir une meilleure accessibilité aux ressources venant de l'extérieur, notamment en raison du statut social élevé de ses habitants. Au site voisin de Ceibal par exemple, seulement 15 % de la collection de pierres à moudre se compose de calcaire. L'auteur explique cette inégalité en raison de la position géographique de Ceibal se trouvant à proximité de la Pasió River. En somme, l'accès à des voies navigables expliquerait la disponibilité de ces matériaux en facilitant le transport de ces objets pouvant atteindre une quinzaine de kilogrammes (Eberl 2007, 437-438), ce qui apporte une précision importante à l'hypothèse de Sidrys et Andresen (mentionné ci-dessus).

Plus récemment, Tibbits (2016) aborde la question de la provenance des pierres à moudre à travers une vingtaine de sites archéologiques au Belize. Pour ce faire, l'auteure considère la disponibilité des sources de granite dans la région des Montagnes Mayas et plus particulièrement autour de Mountain Pine Ridge (MPR), de Hummingbird Ridge (HBR) et de Cockscomb Basin (CSS). L'auteure s'appuie ainsi sur les travaux de Leslie H. Ower (1927, 1928), l'un des premiers à décrire la géologie ainsi que la topographie de la région des basses-terres, afin de présenter une caractérisation préliminaire des plutons de granites, de granodiorites et de porphyre de quartz (Tibbits 2016, 13). Dans ce but, Tibbits emploie un appareil de spectrométrie par fluorescence de rayons X (*pXRF*) afin d'identifier et de comparer plusieurs granites prélevés dans la région des Montagnes Mayas. Celle-ci s'appuie également sur les études effectuées sur

les granites *Rabinal* du Guatemala et de Talamanca, au Costa Rica, afin de confirmer la fiabilité de l'appareil *pXRF*. Les résultats de ces analyses démontrent que tous les sites archéologiques du Belize étudiés au cours de cette recherche, situés au nord ou à l'ouest des Montagnes Mayas, avaient accès aux trois sources de MPR, de HBR et de CCB. Cependant, plus de 60 % des collections de pierres à moudre de ces sites proviennent uniquement de MPR. Les populations de ces sites s'approvisionnaient donc préférentiellement en granites depuis les sources de MPR, malgré une distance de plus de 100 km pour certains d'entre eux. Seul le site d'Alabama, situé dans le sud-est, présentait des échantillons de pierres à moudre provenant presque exclusivement (95 %) de CCB. En somme, l'étude de Tibbits propose de nouvelles pistes de recherche sur la provenance des matériaux dans les basses-terres, semblables à celles qui seront soulevées dans ce travail.

1.4.8 Autres sources possibles

Comme mentionné précédemment, les artefacts retrouvés au site de Barton Ramie, au nord des Montagnes Mayas (Belize; fig. 2), comportent une importante collection de pierres à moudre. Parmi celles-ci, la majorité des *manos* et des *metates* se compose de granites de couleur rose ou grise, que Gordon R. Willey et son équipe (1965) attribuent aux sources de Mountain Pine Ridge, situées à une vingtaine de kilomètres du site. Ces derniers (Willey et al. 1965, 452-453) confirment toutefois l'existence de nombreux *metates* faits de porphyrie, d'arkose, de quartzite, de rhyolite, de gneiss et de schiste. Ils suggèrent également que les anciens Mayas se seraient approvisionnés en granites depuis cette zone des Montagnes Mayas puis auraient procédé à la mise en forme des objets au site de Barton Ramie. Finalement, les auteurs soulignent les divergences perceptibles entre les registres archéologiques des grands centres en termes de schèmes d'approvisionnement, en comparaison avec les ressources utilisées à Tikal par exemple (Willey et al. 1965, 456).

Enfin, il est possible que les habitants d'Ucanal se soient procurés des matières premières depuis la région des hautes-terres du Guatemala. L'obsidienne des sites de San Martín Jilotepeque, Ixtepeque ou El Chayal par exemple, était importée dans les basses-terres malgré la distance considérable entre ces zones (Demarest 2004; fig. 2). À ce propos, Clark (2012) affirme que les objets requérant un type de matériau particulier tel que l'obsidienne, le jade et le basalte,

nécessitaient d'être importé compte tenu de leur absence dans plusieurs régions du territoire maya. Selon lui, les contraintes de l'environnement auraient joué un rôle dans la production d'outils en pierre ainsi que dans les réseaux d'échange des anciens Mayas, influençant du même coup les relations géopolitiques et l'accès aux ressources de certaines populations. Au site de Copán par exemple (fig. 3), situé dans les hautes-terres, au nord-ouest du Honduras, les quatre principaux matériaux employés pour la confection de pierre à moudre consistent en la rhyolite, la dacite, le basalte ainsi que le tuf volcanique, soit des roches ignées dites extrusives (Spink 1983, 64-69). Il est donc acceptable de proposer que certains objets ou matériaux lithiques, abondants dans la région des hautes-terres, aient été apportés jusque dans les basses-terres suivant la route du commerce de l'obsidienne, majoritairement le long des rivières (Demarest 2004, 156-163). Il est également possible que l'obsidienne ait été amenée depuis le Mexique. À cet égard, Clark (1988) note la présence de nombreuses carrières d'obsidienne à proximité du site de La Libertad situé dans le sud des basses-terres du Mexique, près de la frontière avec le Guatemala actuel. L'auteur y mentionne de surcroît l'existence de sources de granites roses, de diorite, de quartzite et de grès ainsi que de basalte.

Conséquemment, il est possible que certains outils composés de ces matériaux aient été acquis au cours du commerce de l'obsidienne. Cependant, la proximité d'Ucanal avec les Montagnes Mayas en fait une destination préférentielle pour l'acquisition de ces ressources. En somme, il est plus probable que les objets échangés sur de longues distances eurent été de petite dimension comme l'obsidienne ou de moindre densité, tel que le basalte vésiculaire. Autrement dit, le choix des objets véhiculés à travers ce réseau d'échanges se traduit fortement en fonction du poids de ces derniers (Clark 1988). En dépit de l'éloignement considérable entre le département de Petén et la région des hautes-terres du Mexique et du Guatemala, il n'est pas impossible que des échanges ne se soient produits entre les populations : les analyses chimiques des différentes pierres à moudre de granites ainsi que de quartzites prélevées au site d'Ucanal devrait nous permettre d'en apprendre davantage sur ces interactions. À ce propos, Demarest (2004, 151) stipule que les centres mayas de plus grande importance tels que Tikal, Caracol, Calakmul et Cobá étaient fortement engagés dans le commerce sur de longues distances, tant pour les biens de prestige que ceux de subsistance, dans la mesure où la taille des populations nécessitait un vaste système d'approvisionnement. Similairement, William L. Rathje (1972, 365-392)

mentionne que l'une des principales raisons ayant permis aux anciens Mayas de s'établir dans la région de basses-terres malgré la pauvreté des ressources disponibles, était que ces derniers pouvaient compter sur l'agriculture comme moyen de subsistance puis sur les réseaux d'échange de longues distances pour s'approvisionner en matières premières.

1.4.9 Les similitudes avec les données ethnographiques

Dans son travail de recherche ethnographique et ethnoarchéologique, Brian Hayden (1987) souligne la préférence des populations mayas contemporaines pour les *manos* et les *metates* faits de basalte vésiculaire (Hayden 1987, 14). Ce choix s'explique par le fait que le basalte est une pierre homogène et de plus grande dureté qui favorise une usure moins rapide de sa surface d'abrasion et qui nécessite moins souvent d'être bouchardée. À l'inverse, les minéraux contenus dans les pierres hétérogènes comme le granite se retrouvent fréquemment dans la nourriture. Similairement, Horsfall (1983) étudie les pierres à moudre ainsi que le choix des matériaux à travers la théorie du design. Celle-ci a pour objet l'étude des divers « processus menant à la sélection différentielle ainsi qu'aux modifications des matières premières dans le but d'arriver à un produit fini et offrant le potentiel de mieux comprendre l'intégration des aspects matériels ou immatériels de la culture » (Horsfall 1983, 333). Horsfall se penche ainsi sur la question des pierres à moudre faites de basalte vésiculaire, de quartzite, de calcaire, de conglomérat et de schiste vert. Cette dernière note que près de 83 % de l'échantillon de *manos* et de *metates* de San Mateo, situé dans les basses-terres mayas, est composé de basalte malgré l'absence de cette ressource dans la région. Ainsi, la préférence des individus pour le basalte qui est importé, témoigne de l'importance accordée à la qualité de ce matériau qui compense les coûts en temps et en énergie pour l'acquérir. Ces choix préférentiels sont d'ailleurs largement basés sur la dureté du matériel, sa texture, sa durée de vie, la nature des aliments qui seront moulus, la finesse désirée de même que la quantité de particules susceptibles de se retrouver dans la nourriture (Horsfall 1983, 340). À cet égard, les informateurs de San Mateo affirment apprécier les propriétés physiques du quartzite ainsi que du conglomérat en tant que pierres à moudre pour des substances comme le café, puisque la taille des grains ainsi que la texture de la pierre permettent d'offrir une mouture plus fine. Suivant cette analyse, il se doit de souligner l'importance du choix des matières premières en relation avec la fonction de l'objet, de même que les implications sociales de ces choix.

Chapitre 2

Matériaux et méthodologie

L'objectif principal de ce travail de recherche consiste à déterminer la provenance des différentes pierres à moudre retrouvées au site d'Ucanal afin d'étudier les possibles réseaux d'échanges des Mayas dans la région des basses-terres. Il vise également à confirmer la faisabilité de l'identification des matériaux de natures hétérogènes à l'aide d'un appareil de spectrométrie portable. Pour ce faire, notre échantillon se base sur 156 artefacts entiers ou fragmentaires issus de la collection du PAU. Ceux-ci proviennent de 14 opérations de fouilles réalisées au cours des terrains de 2016, 2017 et 2018. Tous ces échantillons de pierres à moudre ont été préalablement nettoyés afin d'assurer les résultats de notre examen minéralogique. Les observations visuelles de même que les analyses typologiques et spectroscopiques de ces pierres à moudre ont été réalisées au laboratoire de recherche du PAU, situé sur l'île de Florès (Guatemala), au sud du lac Petén Itzá, à l'été 2018.

2.1 Collecte de données

Dans un premier temps, nous avons procédé à la classification des pierres à moudre d'Ucanal selon leurs caractéristiques technologiques, leurs propriétés physiques, leur typologie puis la nature de leur matériau (Clark 1988; Adams 1993, 1999; Willey 1972; Delu 2007; Inomata 2014; Nelson et Lippmeier 1993; Odell 2001; Hester et Hammond 1976). Plus précisément, les caractères essentiels retenus pour cet examen reposent sur les choix morphologiques liés à l'utilisation des pierres à moudre. Notre identification visuelle se base donc sur les dimensions de chaque spécimen, le niveau de conservation, le degré d'usure, la brillance, la couleur, la forme, la dureté, la nature du matériau ainsi que la présence et la taille des inclusions. En effet, certaines de ces caractéristiques, comme le degré d'usure ou la présence de brillance, constituent de bons indicateurs de la fonctionnalité de ces différents outils. Le niveau d'abrasion par exemple, peut révéler l'intensité du travail requis par l'objet, de même que la fréquence de son utilisation ou sa durée de vie. Il en est de même pour la nature du matériau et la dureté de l'objet, qui peuvent nous renseigner sur la charge de travail assurée par

cet outil, les choix stylistiques ou technologiques qui en découlent, ainsi que leur provenance géologique. La brillance quant à elle, permet d'identifier la présence de matière végétale en contact avec la surface au cours du meulage, et ainsi la nature des aliments transformés. Similairement, Clark affirme que la couleur originale des pierres constitue l'un des premiers indicateurs de la composition d'un *metate* et donc de sa qualité, attestant à la fois de sa texture et de sa durabilité (Clark 1988, 85). Enfin, ces pierres à moudre ont été observées selon leur forme en plan longitudinal et transverse dans l'espoir de reconnaître la typologie de ces outils, tels qu'ils seront abordés dans le chapitre 3.

Par la suite, un échantillon de 115¹ pierres à moudre, composé de roches ignées et sédimentaires a été sélectionné afin de subir une analyse plus approfondie de leur composition chimique. Ces analyses reposent sur l'utilisation d'un appareil portatif de spectrométrie par fluorescence de rayons X (*portable X-ray fluorescence, pXRF*), une méthode non-destructive permettant d'identifier la signature élémentaire des différents minéraux contenus dans chacun des spécimens. Le choix de cette approche se base sur le travail de Tibbits (2016) qui est parvenue à déterminer l'origine géologique des *manos* et des *metates* constitués de granite à l'aide d'un instrument similaire. En effet, celle-ci reconnaît trois sources exploitées par les Mayas au cours de la période Classique, dans un rayon de moins de 100 km du site d'Ucanal.

Parmi les autres matériaux mentionnés, la diorite, la téphrite, l'arkose, le gneiss, le basalte, la serpentinite, le travertin, le porphyre, la brèche, le gneiss, le trachyte, le schiste à grenat, la dacite et le siltstone ont également fait l'objet d'une analyse spectrométrique. Cet examen visait entre autres à confirmer l'identification minéralogique de ces pierres ainsi qu'à les différencier des granites dans certains cas. Il est également possible que leur identification facilite les recherches ultérieures sur les diverses sources disponibles et leur complémentarité au sein de réseaux d'échanges. En définitive, il sera possible de se prononcer sur la provenance de nos matériaux ainsi que la faisabilité de notre approche analytique une fois que nos résultats auront été examinés à l'aide de modèles statistiques.

¹ Totalisant 35 granites, 51 quartzites et 29 autres/indéterminés selon les observations visuelles (Tableau I)

2.2 Méthode d'analyses

2.2.1 Étude comparative

Comme mentionné précédemment, Tibbits (2016) est la première à procéder à l'identification d'un matériau de nature hétérogène grâce à l'utilisation d'un appareil de spectrométrie par fluorescence à rayon X portable (*pXRF*). Selon ses travaux, l'auteure affirme être parvenue à reconnaître la provenance de pierres à moudre composées de granite dans la région du Belize. Les principales sources géologiques disponibles dans les Montagnes Mayas sont ainsi désignées comme étant le Mountain Pine Ridge, le Cockscomb Basin et le Hummingbird Ridge. L'exclusivité des gisements de granite dans ces zones restreintes faciliterait d'ailleurs la détermination de leur provenance. Pareillement, leur présence à l'extérieur de Montagnes Mayas soulignerait l'importance accordée à ce matériau ainsi que la preuve de son transport sur de longues distances (Tibbits 2016, 23).

Selon sa thèse de doctorat, les éléments majeurs présents dans les granites en provenance du Guatemala, du Costa Rica et du Belize possèderaient une composition similaire (Tibbits 2016). Certains éléments traces en revanche auraient le potentiel d'indiquer l'origine de ces derniers en fonction de leur ratio. Tibbits affirme entre autres que les granites du Belize, c'est-à-dire des Montagnes Mayas, présentent un ratio de Sr/Y plus faible que ceux du Guatemala. Il en serait de même avec les granites issus du Costa Rica selon la concentration de Rb par ppm (Tibbits 2016, 18).

L'identification des quartzites s'avère néanmoins plus difficile compte tenu de la nature de ce matériau. En effet, il n'était pas possible visuellement de distinguer les métaquartzites et les orthoquartzites, ces matériaux ont donc été traités conjointement. De plus, la grande pureté de ces matériaux composés presque exclusivement de quartz (> 90 %) pourrait présenter un obstacle quant à la détection des éléments traces à l'aide d'un appareil portable de spectrométrie, voire une impasse. Peu de chercheurs se sont d'ailleurs concentrés sur l'identification du quartzite en archéologie. Parmi ceux-ci, Annelore Blomme et al. (2012) emploient un appareil *pXRF* dans le but de caractériser les quartzites d'un site belge du Mésolithique en complémentarité avec une approche spectrométrique par torche à plasma (ICP-OES). À cette fin, les chercheurs soulèvent l'importance du titane (Ti), du zirconium (Zr) ainsi que du fer (Fe)

quant à l'identification de ce type de matériau (Blomme et al. 2012, 197). Par contre, il est possible que ces éléments ne soient pas représentatifs de la composition des quartzites formés dans la région des Montagnes Mayas. Néanmoins, en l'absence d'autres sources de références, la concentration de ces éléments seront étudiés davantage dans le chapitre 4. L'exercice visé par ces expérimentations consiste avant tout à pouvoir reconnaître différents regroupements au sein de l'échantillon de quartzite dans le but de pouvoir affirmer l'existence d'une ou de plusieurs sources distinctes selon le type d'outil et son contexte archéologique.

2.2.2 Appareil de spectrométrie portable (*pXRF*)

Ce travail de recherche se base ainsi sur les prémisses proposées par Tibbits (2016) afin de développer une méthodologie similaire. En ce sens, l'appareil portatif utilisé au cours de nos analyses consiste en un spectromètre *TRACER 5i* de Bruker, mis à notre disposition grâce au Laboratoire d'archéologie mésoaméricaine de l'Université de Montréal. Ce *pXRF* possède la capacité de quantifier les éléments compris entre le magnésium (Mg^{12}) et l'uranium (U^{92}) à l'aide de son détecteur en silicium de 20 mm². Cet instrument dispose également de trois paramètres de calibration, soit pour l'obsidienne, les métaux et les mudrocks. Pour nos analyses, les paramètres de l'appareil ont été réglés sur la fonction de *Mudrock Dual*, offrant la plus large portée de détection, et suivant les recommandations de Lee Drake, consultant scientifique chez Bruker. Celui-ci fut réglé pour des durées de 30 et de 40 secondes correspondant à la détection des éléments traces puis majeurs respectivement, avec le collimateur de 8 mm. Au total, six points de prise de données ont été enregistrés aléatoirement pour chaque échantillon. Selon Tibbits, la prise d'au moins cinq points sur chacun des échantillons serait suffisante afin de déterminer un portrait global de sa composition, et ce, même dans les cas de pierres contenant de nombreuses inclusions ou une minéralogie hétérogène. De la même façon, nous avons procédé à l'examen des trois principaux éléments traces retenus par l'auteure afin de parvenir à l'identification géologique des granites. Ceux-ci consistent au rubidium (Rb), au strontium (Sr) et à l'yttrium (Y), dans des rapports correspondant à Sr/Y et à Rb/Sr. La détection simultanée de ces différents éléments en plusieurs points permettrait, en principe, d'obtenir un spectre élémentaire distinctif pour chaque matériau selon leur concentration en ppm (partie par million ; Tibbits 2016, 20).

Essentiellement, l'appareil *pXRF* fonctionne selon les mêmes principes que toutes autres méthodes d'analyses par spectrométrie à fluorescence. La première étape consiste à soumettre l'objet d'étude à un bombardement de rayons X. Puis, suivant sa composition, la matière absorbe de l'énergie, s'excitant et ainsi émettant des rayons X secondaires selon les éléments présents dans la roche, ce qui correspond à la fluorescence des rayons X. Ce retour, qui est enregistré par un détecteur et converti sous la forme d'un spectre, correspond alors à la signature élémentaire de la matière en regard à la concentration massique de chaque élément qui est retransmis.

Cette méthode est grandement privilégiée en archéologie puisqu'elle consiste en une technique d'analyse non-destructive. De plus, contrairement aux techniques de recherche antérieures, l'un des principaux avantages du *pXRF* consiste en sa rapidité d'analyse, permettant d'obtenir des résultats immédiats, sans risquer d'entretenir de longs délais entre l'acquisition des échantillons et l'étude de leur profil géochimique (Piercey et Devine 2014). Cependant, la quasi-totalité des recherches entreprises dans ces disciplines s'est concentrée sur les matériaux de caractère homogène tels que l'obsidienne (Nazaroff, Pruffer, et Drake 2010 ; Meierhoff, Golitko, et Morris 2010 ; Cecil et al. 2007 ; Moholy-Nagy et Nelson 1990 ; Smith et al. 2007). Cette méthode assure néanmoins la collecte de données quantitatives en raison de la calibration en usine de notre appareil *pXRF* sous la fonction de *Mudrock Dual*.

2.2.3 Échantillons de contrôle et références

Dans un premier temps, nous avons procédé au contrôle de notre appareil *pXRF* à l'aide d'un échantillon témoin de *mudstone*. Ces vérifications ont été réalisées au début et à la fin de chaque journée de collecte de données. Par la suite, le coefficient de variation (ou *Relative Standard Deviation, RSD*) de l'instrument a été calculé dans le but d'assurer la fiabilité de nos analyses. Les résultats de cette calibration sont présentés en annexe (tableau VII). Pour ce faire, nous avons utilisé l'étude de Laure Dussubieux et al. (2007) afin de comparer la précision de notre appareil. Ce travail de référence se base sur la composition chimique d'un standard de céramique et d'argile *Ohio Red*, présentant un écart type relatif entre 10 et 20 % alors que les spécimens archéologiques tendent vers un pourcentage de 10 à 30 % selon les éléments. Ces coefficients de variation ont été obtenus suivant la comparaison des méthodes d'analyse par activation neutronique (INAA) et la spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (LA-

ICP-MS) du Field Museum of Chicago. Ces deux méthodes présentaient d'ailleurs des résultats similaires quoique les auteurs mettent en garde contre la nature hétérogène de certaines matrices ou de la présence d'inclusions (Dussubieux et al. 2007, 362-363). Suivant cette approche, le coefficient de variation de notre échantillon de contrôle se situe entre 4 et 20 %, à l'exception du silicium qui se trouve à 28 %. La vérification de contrôle de notre instrument s'est ainsi avérée concluante.

Considérant les limitations de ce projet de recherche, il nous était impossible d'effectuer un survol des sources de granites aux environs d'Ucanal dans le but de recueillir des échantillons de référence. Néanmoins, il nous a été possible d'analyser 11 granites provenant de MPR, de CCB et de HBR (fig. 6). Ces spécimens lithiques ne sont pas issus d'un contexte archéologique, mais ont été prélevés de diverses sources géologiques par Tibbits dans un rayon de 50 km à travers la région de Montagnes Mayas afin de documenter leur provenance. Grâce à cet échantillon de référence, nous sommes en mesure de comparer nos résultats de la collection d'Ucanal avec les prélèvements obtenus pour la région du Belize, puis d'identifier lesquels de nos spécimens proviennent des mêmes sources. Les compositions minéralogiques des échantillons fournis par Tibbits sont présentées en annexe (tableau XIII; fig. 34).

2.2.4 Fiabilité du *pXRF*

Il est important de rappeler que ce projet de recherche vise à déterminer la faisabilité d'une identification des différents matériaux et de leur provenance à l'aide du *pXRF*. Cet aspect est particulièrement incertain en raison de la nature hétérogène de notre échantillon. En ce sens, cette étude s'appuie uniquement sur les travaux de Tibbits ainsi que sur les protocoles expérimentaux d'analyse par spectroscopie portable dans différents contextes archéologiques (Shackley 2011 ; Nazaroff, Prufer, et Drake 2010 ; Cecil et al. 2007 ; Blomme et al. 2012 ; Meierhoff, Golitko, et Morris 2010 ; Smith et al. 2007 ; Moholy-Nagy et Nelson 1990 ; Pitblado et al. 2008). Dans cette optique, plusieurs recherches effectuées sur l'obsidienne, le jade, la rhyolite ainsi que le basalte ont été considérées afin de parfaire notre méthode en complémentarité avec une approche scientifique rigoureuse et ainsi pallier à l'absence de recherches similaires. En somme, il est plus plausible que nous arrivions à isoler des groupes

d'artéfacts provenant nettement de sources distinctes sans toutefois parvenir à identifier ces sources.

2.2.4.1 Limitations

Bien que l'appareil portatif de spectrométrie par fluorescence présente de nombreux avantages, il comprend également quelques limitations quant à son emploi selon le type de matériau ou d'artéfact analysé. Pour ce qui est de l'échantillon d'Ucanal, l'un des biais soulevés par Ioannis Liritzis et Nikolaos Zacharias (2011, 132-134) réside dans la texture du matériau. Plus spécifiquement, ces derniers accordent une importance particulière aux parois sans aspérités. Selon eux, la présence d'une surface irrégulière en contact avec l'instrument favoriserait l'intrusion de poches d'air lors de la prise de données ce qui influencerait les résultats. Cette limitation a été rencontrée dans la collection d'Ucanal en raison des différentes formes de pierres à moudre. En effet, plusieurs échantillons de *manos* ne permettaient pas de poser l'appareil sur une surface plane compte tenu de leur morphologie, tout comme les nombreuses inclusions exposées par la fragmentation des outils de granite. Ce biais potentiel a été considéré au cours de notre échantillonnage.

Malencontreusement, une autre des lacunes de cette recherche repose sur le fait qu'il n'existe aucune base de données géochimiques sur le quartzite en Mésoamérique, bien qu'il représente le tiers de notre échantillon. De plus, les limites de détection de l'appareil *XRF* portable pourrait ne pas être suffisamment bas afin de détecter les éléments traces contenus dans chaque spécimen. En effet, le quartzite ne contient qu'une quantité limitée (< 10 %) d'inclusions non perceptibles à l'œil nu et dont la nature ne varie que très peu chimiquement. D'ailleurs, les éléments chimiques qu'il est commun de mesurer à l'aide de *pXRF* se limitent généralement au K, Ca, Ti, Mn, Fe, Zn, As, Rb, Sr, Zr, Ba, Hg, et Pb, bien que ces analyses se concentrent habituellement sur des matériaux de nature homogène (Liritzis et Zacharias 2011, 117). À cet égard, Bonnie L. Pitblado et al. (2008) rejettent l'utilisation d'un tel instrument en ce qui a trait à l'identification des quartzites, les proportions d'éléments traces étant trop infimes selon eux pour être captées (Pitblado et al. 2008). Ces derniers préconisent plutôt des installations fixes comme les laboratoires de *XRF* ou de *INAA* (*Instrumental Neutron Activation Analysis*). Par contre, les conditions de ce travail de recherche ne permettaient pas d'avoir accès à de tels

équipements à l'intérieur du pays. De plus, sous l'autorité du Ministère de la Culture du Guatemala, il est également défendu d'exporter tout artefact du patrimoine culturel. Quelques permissions peuvent cependant être accordées, mais n'ont pas été envisagées compte tenu de la taille et du poids de notre échantillon. Il pourrait néanmoins être pertinent dans le cadre de recherches ultérieures de procéder à ces techniques d'analyse afin de calibrer ou de confirmer nos résultats.

2.3 Interprétation statistique des données

Au final, nos données ont été examinées à l'aide de différents outils statistiques permettant de faciliter leur interprétation. Pour ce faire, nous utiliserons les méthodes de partitionnement de données (ou *hierarchical clustering*) et d'analyse en composantes principales (*PCA*) dans le logiciel *Past3*. Il est alors attendu que l'analyse par partitionnement de données nous permette de reconnaître les différents regroupements au sein de notre collection. Pareillement, le modèle *PCA* est susceptible d'illustrer l'appartenance de nos différents échantillons à une source distincte de matières premières. Ces spécimens seront étudiés à l'aide d'ellipses d'intervalle de confiance de 95 % dans le but d'assurer notre identification.

Chapitre 3

Résultats : Analyses typologiques

Dans la mesure où ce travail s'oriente sur le choix des matières premières en fonction de l'utilisation des *manos* et des *metates* par les anciens Mayas au cours de l'intervalle des périodes Classique Récent et Terminal, la première étape consistait à produire une classification appropriée à l'étude de la collection d'Ucanal. Pour ce faire, un registre des différentes typologies associées à ces pierres à moudre à travers la Mésoamérique a été recensé. Les échantillons du site d'Ucanal ont par la suite été divisés selon leur fonction primaire à l'aide d'un examen visuel préparatoire. Celui-ci a permis de révéler six catégories distinctes de pierres à moudre soit les *manos*, les *metates*, les mortiers, les pilons, les polissoirs ainsi qu'une catégorie diverse. Ce dernier groupe correspond en fait à la définition de « *groundstone* » (voir 1.3), mais regroupe des artefacts de diverses utilités tels que des têtes de hache ou des percuteurs.

3.1 Les *manos*

Dans un premier temps, les *manos* ont été identifiés comme l'ensemble le plus abondant de notre collection archéologique, soit 63 artefacts sur un total de 156, c'est-à-dire 40 %. Comparativement aux *metates*, les *manos* sont généralement plus abondants au sein des collections de pierres à moudre en raison de leur plus courte durée de vie et donc de leur remplacement plus fréquent (Clark, 1988, cité par Eberl 2007, 438). Ce groupe se distingue également par la diversité des formes et des tailles présente dans l'échantillon malgré de nombreux spécimens fragmentaires. L'examen morphologique de ce groupe a permis de mettre à jour sept principaux modèles de *manos*, soit de forme carrée, rectangulaire, elliptique, ronde, rhomboïdale, lenticulaire et plano-convexe (fig. 8; Clark 1988, 98). Cette classification a été développée selon l'observation en coupe transverse de chaque outil, permettant de reconnaître l'usage de celui-ci en fonction du polissage de la pierre et de l'aplatissement des faces utilisées. Ces observations nous renseignent alors sur le nombre de surfaces en contact avec la pierre à moudre au moment du meulage des aliments, correspondant généralement à deux ou quatre côtés. Pareillement, il est primordial d'étudier le profil des *manos* en plan longitudinal. Dans

cette perspective, quatre autres formes ont été reconnues, soit elliptique, rectangulaire, lenticulaire puis conique (fig. 9; Delu 2007, 55). Ainsi, l'étude combinée en plan transverse et longitudinal des *manos* permet de déterminer la direction du mouvement appliquée au cours de son utilisation, soit circulaire ou latérale (Searcy 2011, 106). En ce sens, la morphologie des *manos* est susceptible de nous renseigner sur le type de *metate* avec lequel celui-ci est employé (fig. 10).

Dans une même mesure, les différents *manos* ont été classés en fonction de leur taille. Celle-ci permet d'indiquer le type de prise de l'objet, et par conséquent le *metate* avec lequel il peut correspondre. Selon Paul S. Martin et John B. Rinaldo (1947, cité par Adams 1999, 477), la plupart des *manos* à prise simple sont employés avec les *metates* en forme de bassin alors que les *manos* à deux mains sont généralement utilisés avec les *metates* creusés. Par contre, malgré la complémentarité de ces deux composantes, il est possible que celles-ci varient

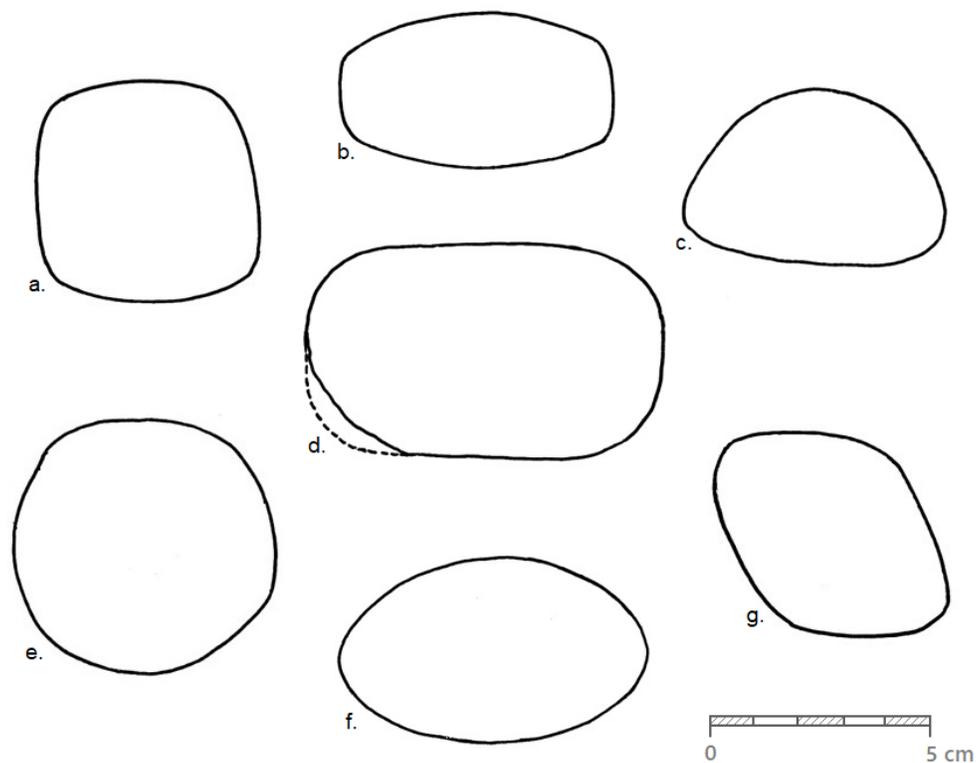


Figure 8. *Manos* en plan transverse (par l'auteure). En ordre : PM088, PM127, PM111, PM021, PM114, PM155 et PM090

a. Carré; b. Lenticulaire; c. Plano-convexe; d. Rectangulaire; e. Rond; f. Elliptique symétrique; g. Rhomboïdale

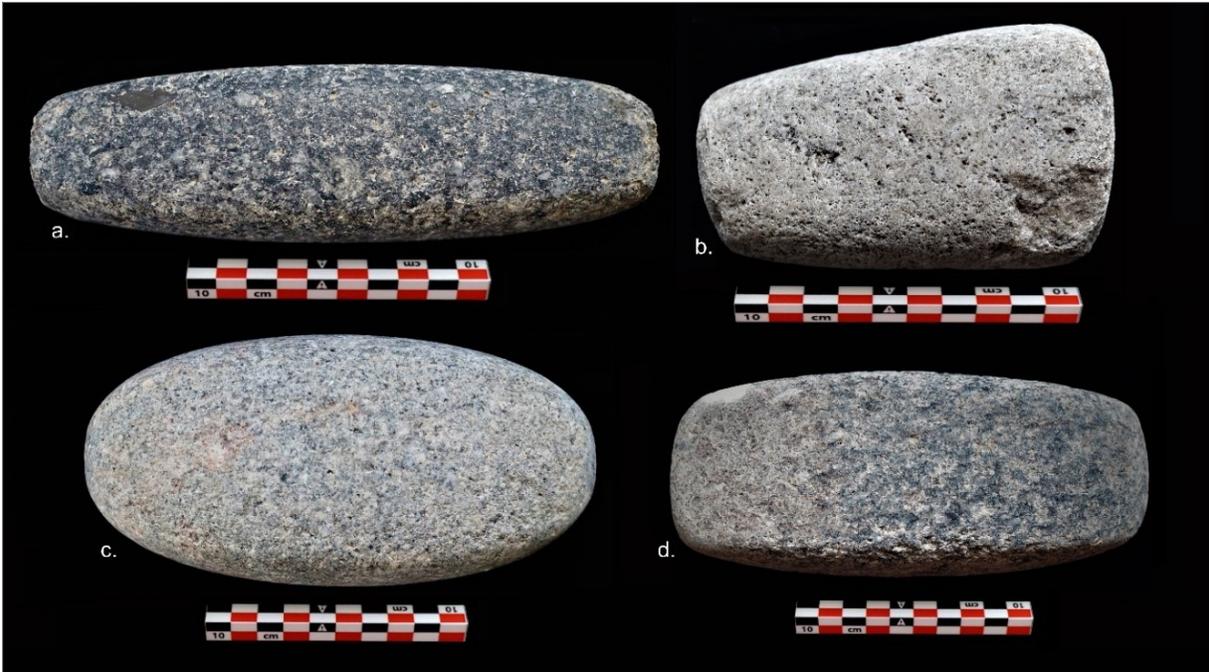


Figure 10. *Manos* d'Ucanal en plan longitudinal. En ordre : PM086, PM066, PM077 et PM075
 a. Lenticulaire; b. Conique; c. Elliptique; d. Rectangulaire

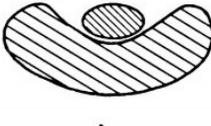
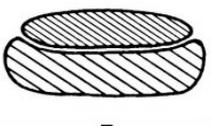
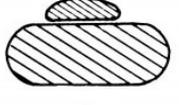
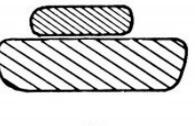
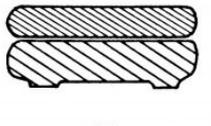
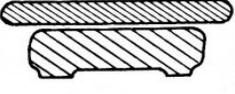
METATE SURFACE	ONE HAND, ROTARY	ONE HAND, RECIPROCAL	TWO HAND, RECIPROCAL	BRAZO, RECIPROCAL
RESTRICTED	 A	 C	 E	 —
UNRESTRICTED	 B	 D	 F	 G

Figure 9. Possibilités de mouvements des manos selon leur taille et la typologie des metates (tiré de Clark 1988, fig. 40)

indépendamment l'une de l'autre. En ce sens, un *metate* creusé ne s'emboîte pas nécessairement avec un *mano* rectangulaire ou elliptique; cela dépendra de la taille du *metate*, de l'aliment qui est broyé, de même que la dureté de la pierre employée. Cependant, il est admis que les *manos* et les *metates* allant de pair, soient composés du même matériau afin de conserver un rythme

d'usure similaire, ou que les *manos* soient de résistance supérieure étant donnée leur fragilité et leur bris plus fréquent (Eberl 2007, 438).

En outre, la longueur moyenne de ces *manos* se situe généralement entre 5 et 35 centimètres (Eberl 2007, 435). Il est également suggéré que ceux de moins de 15 centimètres ne requièrent l'utilisation que d'une seule main, alors que ceux de taille supérieure en nécessitent deux (Adams 1999, 478). Selon Duffy (2011, 49), les *manos* à prises doubles refléteraient un régime alimentaire basé sur la consommation du maïs. Considérant la fragmentation de notre échantillon, seulement huit *manos* répondent à cette définition de prise simple contre six à prise double. La préhension de l'objet nous fournit des indications sur la nature du meulage qui doit être exécutée avec ce format d'outils. Cela peut correspondre par exemple à la préparation de pigments, de graines ou d'herbes pour les *manos* de petite taille, tandis que les plus larges sont appropriés au travail des grains de maïs et de la pâte exigeant une plus grande surface de contact. Cependant, selon les travaux de Moholy-Nagy (2003) au site de Tikal, les *manos* datant de la période Classique Récent et Terminal sont progressivement devenus plus courts et épais que ceux des époques précédentes. Ces changements seraient apparus en parallèle avec la transformation technologique des *metates* en forme de bassin qui deviennent plus épais et profonds (Moholy-Nagy 2003, 39). En ce sens, il est essentiel d'étudier la composition de notre échantillon en fonction de leur contexte chronologique (fig. 11). Il est ainsi possible de déterminer que la majorité de la collection d'Ucanal provient de la période Classique Terminal.

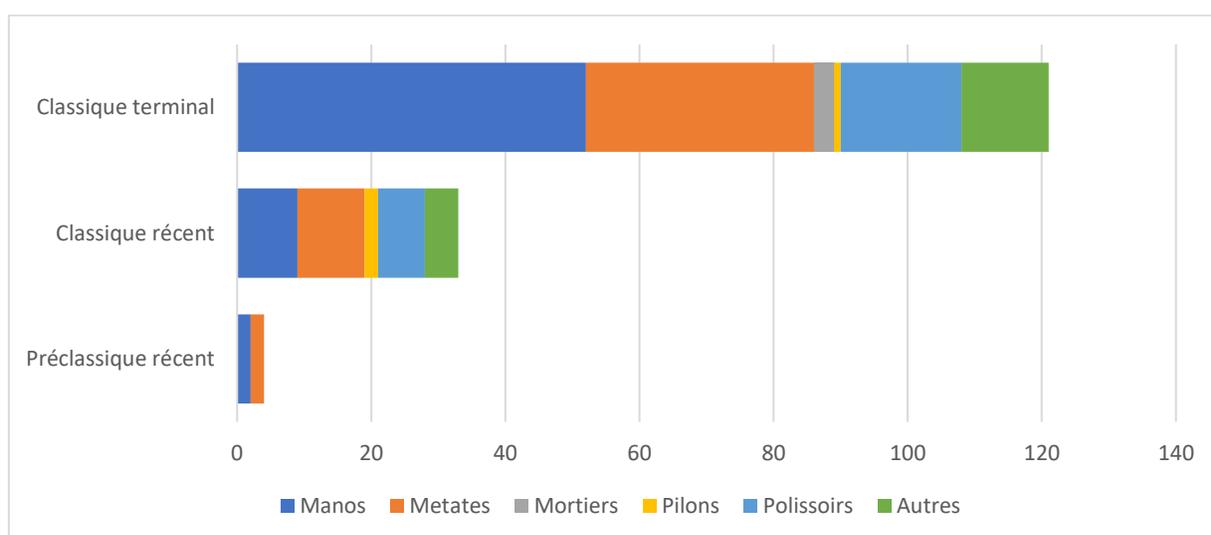


Figure 11. Chronologie des pierres à moudre du site d'Ucanal (n = 156)

Dans une autre mesure, 67% de notre échantillon de *manos* présente des traces de brillance pouvant résulter de la transformation de végétaux ou du polissage associé à l'utilisation intensive de ces outils. À ce propos, il se doit d'être mentionné que les pierres à moudre nécessitent un remodelage fréquent afin d'assurer l'aspérité de leurs surfaces, favorisant l'abrasion. De plus, la dureté de nos pierres a été évaluée à l'aide de l'échelle de Mohs. Celle-ci permet d'observer que 78 % des matériaux composant nos *manos* possèdent une dureté supérieure à 8 sur un total de 10, pour un écart type de 1,5. Le reste de nos échantillons sont compris entre 4 et 7, selon qu'ils sont faits de calcaire ou d'arkose.

Un examen visuel préliminaire a été réalisé sur ce groupe de pierres dans le but de déterminer la nature des matériaux présents dans l'échantillon. Celui-ci a révélé une abondance de *manos* composés de quartzite et de granite, quoique certains objets semblaient être composés d'arkose, de dacite, de travertin, de diorite ou de granodiorite (fig. 12). Ceux-ci ont tous été analysés par la suite au *pXRF* en vue de reconnaître leur provenance lorsque possible; ces résultats sont exposés dans le chapitre 4. Il est à noter que seule l'origine des granites est visée dans ce travail de recherche, mais que la forte présence de quartzite nécessite d'être abordée. Les autres matériaux ont uniquement été analysés afin de confirmer leur identification par l'examen visuel.

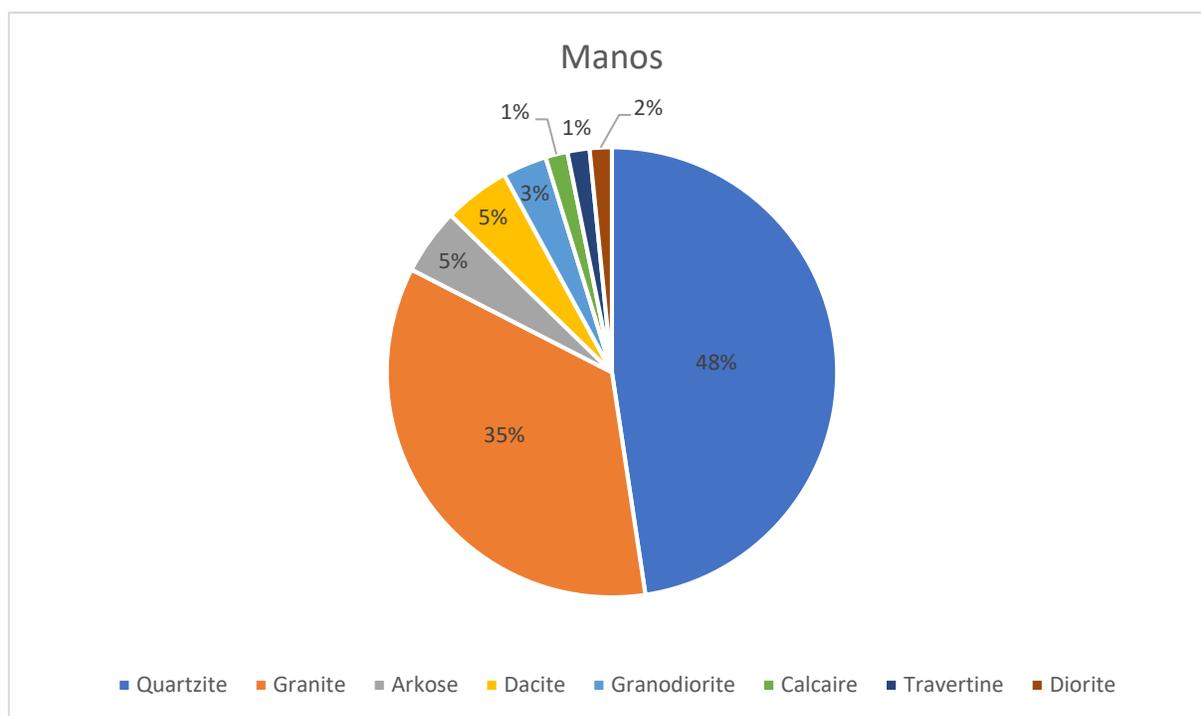


Figure 12. Composition géologique des *manos* selon l'examen visuel (en %, n = 63)

3.2 Les metates

Dans un second temps, nous avons procédé à l'identification des *metates* dans notre collection. Il s'agit du deuxième groupe en importance pour le site d'Ucanal avec 47 spécimens, soit 30 % de notre collection. La morphologie de ces outils est essentielle à l'étude des pierres à moudre puisque leur forme est particulièrement diagnostique de l'usage qui en est fait. Ainsi, comme pour les *manos*, les *metates* ont été classés en fonction de leur profil en coupe transversale. À cette fin, trois formes caractéristiques se sont démarquées dans notre échantillon, soit les pierres à surface plane (24 %), concave (58 %) et creusée (18 %; fig. 13). Pour notre collection, les *metates* creusés ont été définis comme étant toute pierre présentant une surface concave suffisamment profonde pour observer la présence de rebords et permettre d'y retenir la nourriture qui est transformée au cours de son utilisation. Dans la littérature, il est possible que la forme de ce dernier soit également définie comme étant en « bassin », bien qu'un seul échantillon provenant d'Ucanal ne présente cette particularité (PM048; fig 13c). À cette fin, les *metates* creusés serviraient plus fréquemment à la préparation des grains, tel que documenté dans les communautés de chasseur-cueilleurs, alors que les *metates* creusés sont davantage associés à la préparation du maïs des populations sédentaires (Martin et Rinaldo, 1947, cité par Adams 1999, 477). Par le fait même, l'augmentation progressive du ratio de *metates* en forme de bassin en faveur de *metates* creusés serait un bon indicateur du changement de régime alimentaire d'une population ainsi que du passage vers l'agriculture (Diehl, 1996, cité par Adams 1999, 478).

Dans une certaine mesure, il est possible que la variation entre un *metate* plat puis concave résulte en fait du degré d'usure de l'objet. L'épaisseur des rebords de la pierre pourrait alors nous indiquer le niveau d'érosion de sa surface de travail. Cependant, la forme d'un *metate* ne dépend pas exclusivement de l'effritement de celui-ci, mais peut avoir été façonnée intentionnellement. Par exemple, la transformation de grains de maïs en farine requiert une forme de *metate* assez creux pour retenir les granules sur sa surface de travail sans qu'elles ne soient poussées à l'extérieur (Clark 1988, 93). Celui-ci employé conjointement avec un *mano* à double prise assure ainsi une charge de travail moins longue et intense afin d'obtenir la quantité de farine nécessaire pour répondre au besoin nutritionnel d'un groupe (Adams 1993 : 333, Duffy 2011, 49). À ce propos, Adams (1999, 487) stipule que les *metates* creusés seraient les mieux

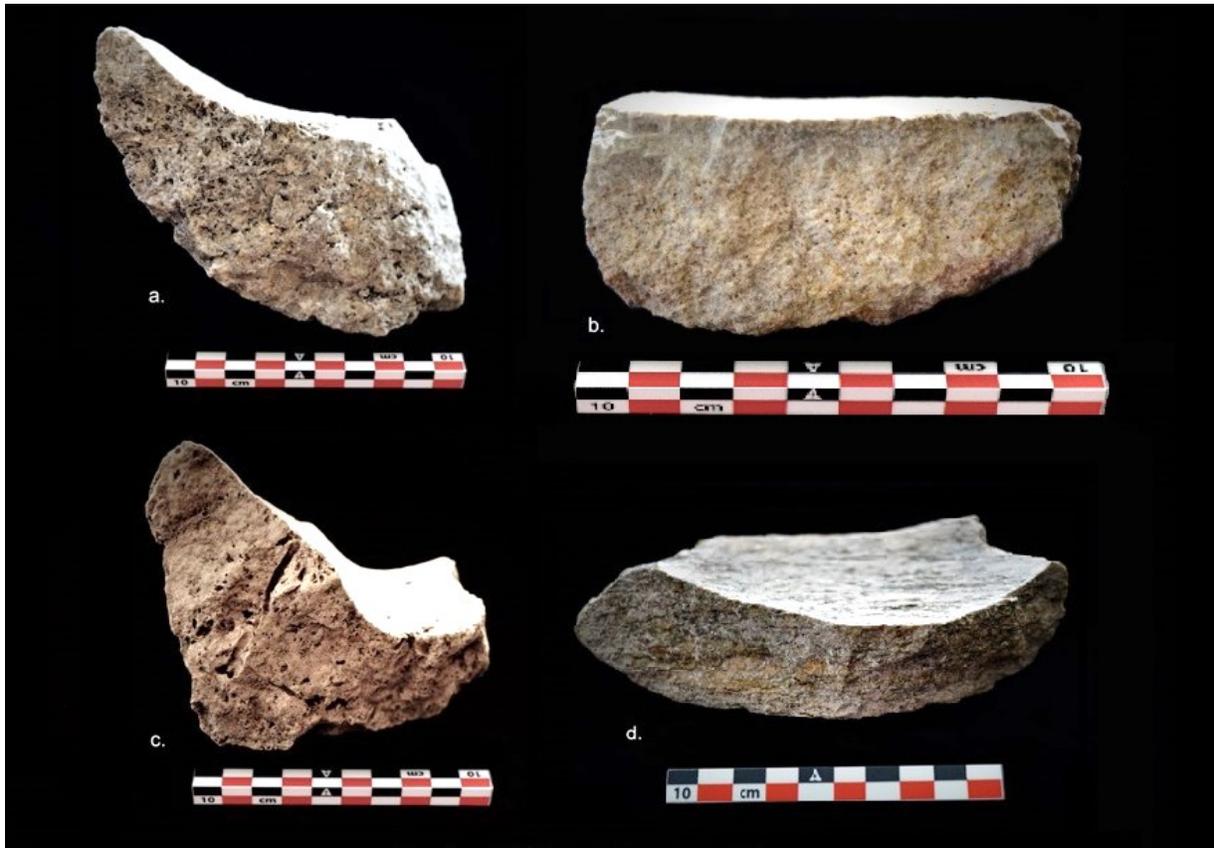


Figure 13. Metates en vue transverse. En ordre : PM072, PM053, PM048 et PM030

a. Creusé; b. Plat; c. Bassin; d. Concave.

adaptés pour le broyage des aliments secs contrairement aux *metates* plats ou concaves. En effet, ces derniers ne pourraient contenir une large quantité de nourriture simultanément sur leur surface de travail. Ils auraient cependant l'avantage d'une plus grande liberté de mouvements, ce qui favorise leur utilisation pendant une longue période. Par contre, les différents modèles de *metates* seraient d'une efficacité similaire quant à la transformation des grains frais ou trempés en pâte de maïs (Adams 1999, 487).

L'ensemble des *metates* retrouvés au site d'Ucanal sont fragmentaires, et il est donc difficile de déterminer la taille moyenne de ceux-ci. Nos deux seuls spécimens complets offrent une surface de travail d'environ 600 cm² (30 cm sur 20 cm) pour une épaisseur de 10 cm. Ils présentent néanmoins un faible degré d'usure, appuyé par une surface plane ou légèrement concave. Inversement, la majorité de nos échantillons ont une hauteur moyenne de 4,9 cm, dont certains fortement usés atteignent un minimum de 2 cm. Cependant, l'épaisseur de la pierre ne doit pas

compter comme un indicateur de la taille général de ces objets. Notre *metate* en forme de « bassin » (PM048) par exemple, présente à la fois une élévation de 15 centimètres en paroi, alors qu’au centre la paroi est aussi mince que 1 cm.

Enfin, un seul pied de *metate* composé de basalte vésiculaire a été retrouvé au site d'Ucanal (PM035; fig. 14). Les études ethnologiques ont démontré l’importance de pied ou de support afin d’ajuster la hauteur de la surface de travail (Searcy 2011, Horsfall 1983). L’élévation, de même que l’angle de la pierre faciliteraient ainsi les mouvements des femmes lorsqu’elles utilisent ces outils en fonction des aliments qu’elles transforment. La rareté de pieds dans la collection ne signifie pas cependant que les femmes ne surélevaient pas la pierre, mais possiblement qu’elles employaient des poutres et des leviers en bois pour le faire. Ces choix peuvent dépendre de motifs économiques ou pratiques; la présence de pieds nécessitant entre autres une confection plus élaborée. Pour ces raisons, il est peu surprenant d’observer que l’unique pied retrouvé sur le site est composé de basalte vésiculaire, le matériau le plus prisé dans la fabrication de pierres à moudre. D’ailleurs, tout comme le basalte vésiculaire, ce choix technologique est typiquement originaire de la région des hautes-terres du Guatemala, où il est plus probable d’avoir été fabriqué par des artisans spécialisés (Clark 1988, 129). Ce spécimen provient d’ailleurs d’une structure en forme de « C » (Op. 17), privilégiée par les nouveaux centres dominants au cours de la période Classique Terminal et Postclassique (Halperin et Garrido 2018, 288).



Figure 14. Pied de *metate* plat en basalte vésiculaire (PM035).

N.B. La surface de l’objet se trouve à gauche de l’image

Aussi, un spécimen unique de *metate* présente de l'usure sur ses deux côtés (PM129). Plus exactement, ce fragment correspond à un *metate* concave, mais possède une surface creusée de forme cylindrique sur son autre face (fig. 15). Ce type d'objet pourrait expliquer la rareté des mortiers dans l'échantillon d'Ucanal dans la mesure où certains *metates* accomplissaient plus d'un rôle, en remplissant aussi les fonctions des mortiers.

Enfin, la présence de brillance au sein de nos *metates* s'est avérée similaire à celle des *manos*, soit 61% de notre échantillon. Il en est de même pour la dureté de nos *metates*, où 72% de nos spécimens atteignent une résistance supérieure ou égale à 8 ($\pm 1,6$) sur l'échelle de Mohs, alors que 28% se trouvent entre 4 et 7. Par contre, malgré la dureté considérable de nos échantillons, tous nos *metates* présentent un degré d'usure moyen ou élevé, à l'exception de deux spécimens en mauvais état de conservation.

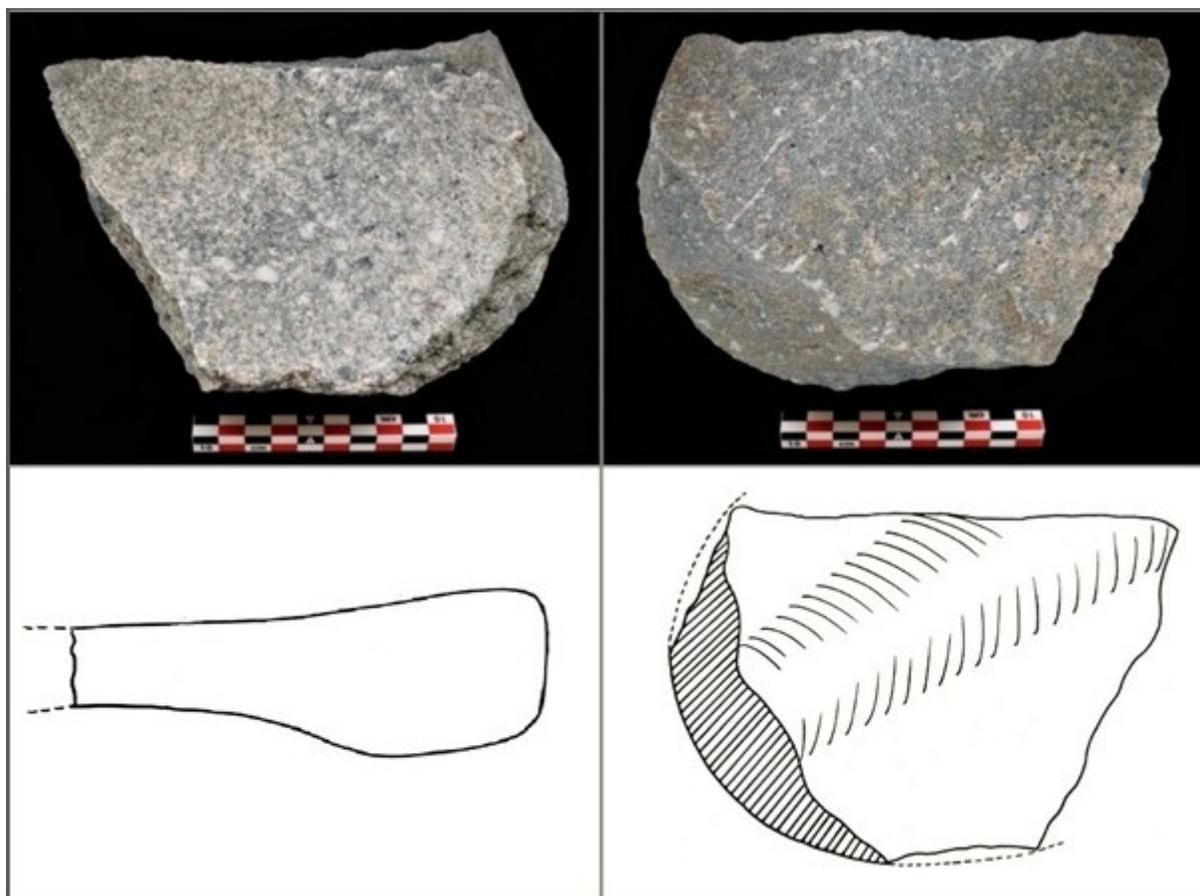


Figure 15. *En haut* : *Metate* à double surfaces, en vue supérieure et inférieure. *En bas* : Dessins du *metate* vue de profil et de sa surface usée en vue inférieure (par l'auteure; PM129)

Finalement, comme pour les *manos*, les *metates* ont été examinés visuellement afin de déterminer la nature de leur matériau. Ces observations ont permis à nouveau de révéler la présence de granite et de quartzite, mais également de quelques échantillons de gneiss, d'arkose, de basalte, de calcaire, de granodiorite, de siltstone et potentiellement de trachyte (fig. 16). Tous ces *metates* ont été soumis à une analyse au *pXRF* plus approfondie, à l'exception du calcaire dont la possible origine locale n'est pas abordée dans ce travail. Cependant, il peut être important de mentionner que notre unique échantillon de *metate* en bassin était composé de calcaire, un matériau d'une moins grande dureté et donc plus facile à travailler, probablement acquis et produit localement.

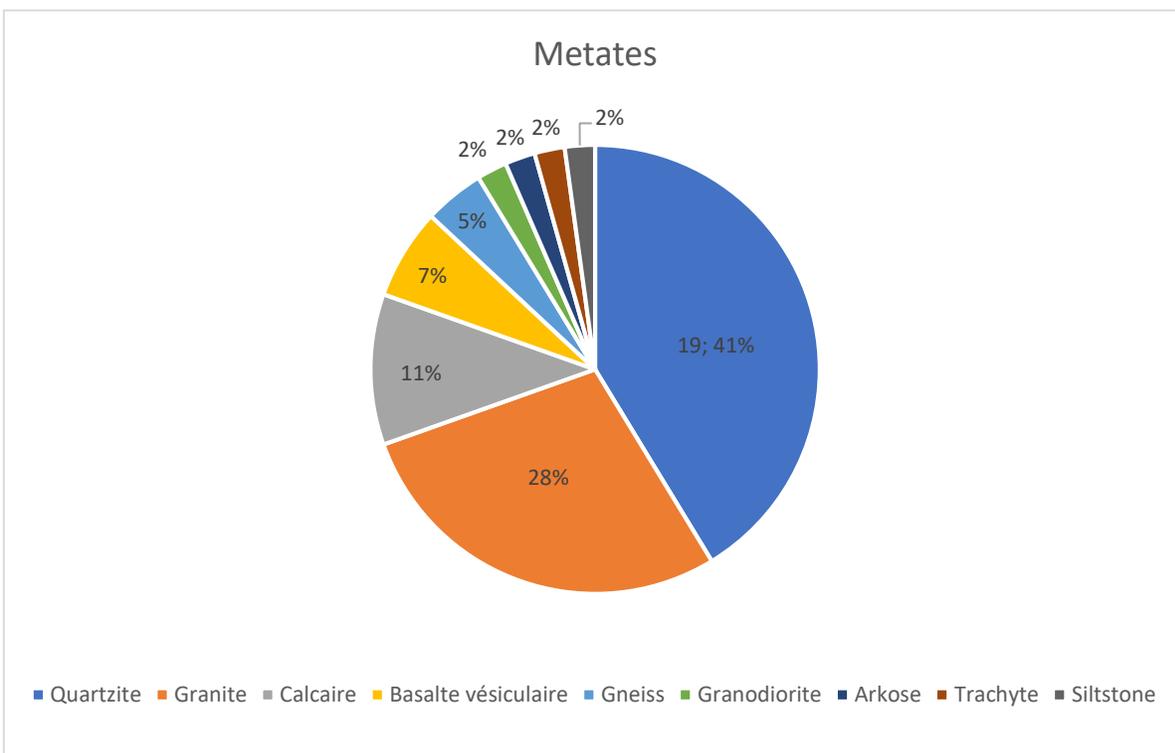


Figure 16. Composition géologique des *metates* selon l'examen visuel (en %, n = 44)

3.3 Les mortiers

Seulement deux artefacts (PM017 et PM126) ont été identifiés comme mortier dans la collection d'Ucanal et sont associés à la période Classique Terminal. Contrairement aux mortiers contemporains, souvent en forme de bol, ceux-ci sont assez planes, similaires à une

assiette. Cette surface est cependant suffisamment usée et lisse pour résulter du travail de meulage. Ces mortiers pourraient donc avoir été utilisés avec des pilons ou des *manos* de forme rectangulaire ou carrée.

Le premier de ces artefacts est composé de deux fragments ayant été identifiés visuellement comme de la téphrite (PM017; fig. 17). Le second, beaucoup moins usé en surface, est fait de chert. Ces mortiers se distinguent des *metates* en raison de leur taille et de leur morphologie. Cependant, le faible échantillon ne nous permet pas de déterminer la nature exacte de leur utilisation. De même, seul le mortier de téphrite présente de la brillance en surface, c'est-à-dire l'utilisation de matières végétales, bien que celle-ci peut également résulter de polissage. En outre, il est possible que ceux-ci n'aient pas servi à la transformation des aliments, mais comme plat de service. Enfin, ces spécimens sont associés à des structures résidentielles de statuts moyens ou communs (rang 2 et 3). Quoiqu'il en soit, ces mortiers n'ont pas été soumis à l'analyse au *pXRF* en raison de la nature des matériaux dont la provenance n'était pas à l'étude.



Figure 17. Mortier en téphrite (PM017)

3.4 Les pilons

Semblablement aux mortiers, les pilons constituent un faible échantillon dans notre collection. En effet, seulement trois artefacts ont été identifiés comme tels (PM027, PM068 et PM132). Ceux-ci sont de forme conique, ce qui permet facilement d'observer la base de l'objet

comme étant la surface de contact au cours du meulage des aliments. Ceux-ci sont de plus petites dimensions que les *manos*, c'est-à-dire qu'ils font tous moins de 10 cm de hauteur. Leur taille est ainsi adaptée à une prise à une seule main. Leur dimension suggère également un travail moins intense que pour celui des *manos* et des *metates*, quoiqu'ils présentent un degré d'usure considérable. Ces derniers peuvent notamment avoir servi à la préparation de plantes, d'herbes ou de grains en plus petites quantités que les pierres à moudre plus larges. Par contre, leur forme diffère d'un objet à l'autre (fig. 18) ce qui ne permet pas de reconnaître une morphologie privilégiée pour ce type d'outil dans notre collection. Il est néanmoins possible d'observer une largeur importante à leur base, destinée au broyage des aliments. Les spécimens PM027 et PM068 présentent d'ailleurs des traces de martelage sur leur surface de contact afin d'accroître leur aspérité. Le troisième pilon (PM132) se distingue cependant par ses surfaces lisses et par son corps recourbé.

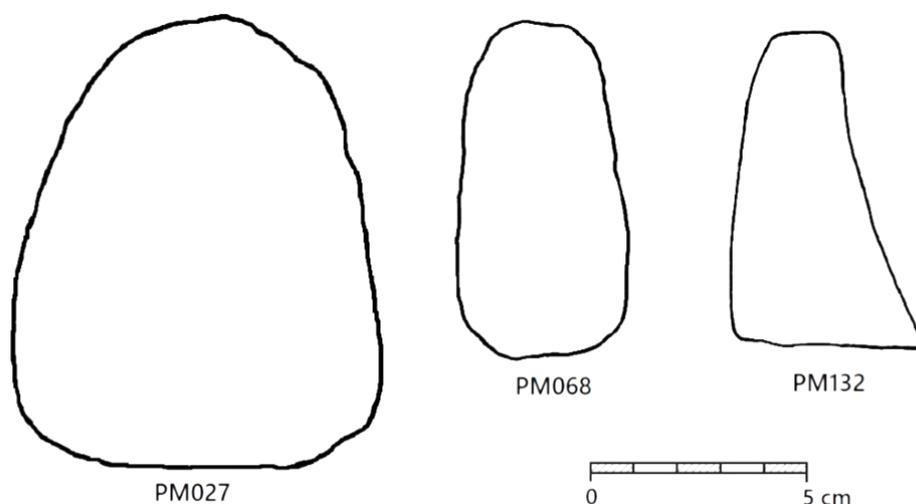


Figure 18. Profil des pilons d'Ucanal (par l'auteure)

Enfin, ces trois pilons étaient tous composés de matériaux différents, soit le quartzite (PM027), la téphrite (PM068) et le calcaire (PM132). Tel que mentionné précédemment, seul le quartzite a été soumis à une analyse élémentaire plus approfondie dans le but de reconnaître la provenance de ce matériau ou d'identifier un groupe distinct chimiquement. Le niveau de dureté des pilons fut également noté selon l'échelle de Mohs, correspondant aux niveaux 8, 4 et 6 respectivement. En outre, les pilons de téphrite et de calcaire proviennent de contextes archéologiques de rang cérémoniel ou monumental (1), malgré la qualité relativement faible de ces matériaux. Le

quartzite quant à lui est issu d'un contexte de rang commun (3). Le statut hiérarchique de ces outils ne sera pas discuté davantage en raison du faible nombre d'exemplaires.

3.5 Les polissoirs

Les polissoirs constituent le troisième plus grand groupe de pierres à moudre du site d'Ucanal avec un échantillon de 24 artefacts, soit 15% de notre collection. Ceux-ci correspondent à des contextes archéologiques de rang 2 et 3 pour 79% de nos spécimens. Ces derniers ont été soumis à un examen visuel bien que leur analyse plus approfondie ne soit pas considérée dans ce travail de recherche. Ces outils ont été recensés en fonction de leur taille, de leur degré d'usure et de brillance. La diversité de ce groupe d'artefacts est illustrée dans la figure 19. En outre, ces observations ont permis de révéler que seulement 29% de ce type d'outil présente de la brillance. Ces polissoirs ont également été catalogués selon la nature de leur matériau qui était à la base de cette étude. Cet examen a permis de reconnaître six polissoirs faits de chert, neuf de calcaire, trois d'ardoise, un quartzite, un schiste à grenat, une pierre ponce, un siltstone, un quartz ainsi qu'une pierre de nature inconnue. En ce sens, la dureté de ce groupe d'outils se situe majoritairement (58 %) sous la barre de 5 dans l'échelle de Mohs, pour un écart type de 2,7. À des fins d'analyses, seuls le granite, le schiste et la roche non identifiée ont été retenus afin d'étudier les corrélations possibles avec nos *manos* et nos *metates*.



Figure 19. Diversité des polissoirs d'Ucanal (PM024, PM037, PM038, PM081 et PM106)

3.6 Les autres types de pierres à moudre

Finalement, un dernier groupe de 18 pierres à moudre a été recensé dans la collection archéologique d'Ucanal. Celui-ci a été classifié comme « miscellaneous » et renferme l'ensemble des pierres ne pouvant être inscrites dans les catégories précédentes, mais entrant dans la définition de « *groundstone* ». Ce groupe contient principalement des percuteurs (n=11),

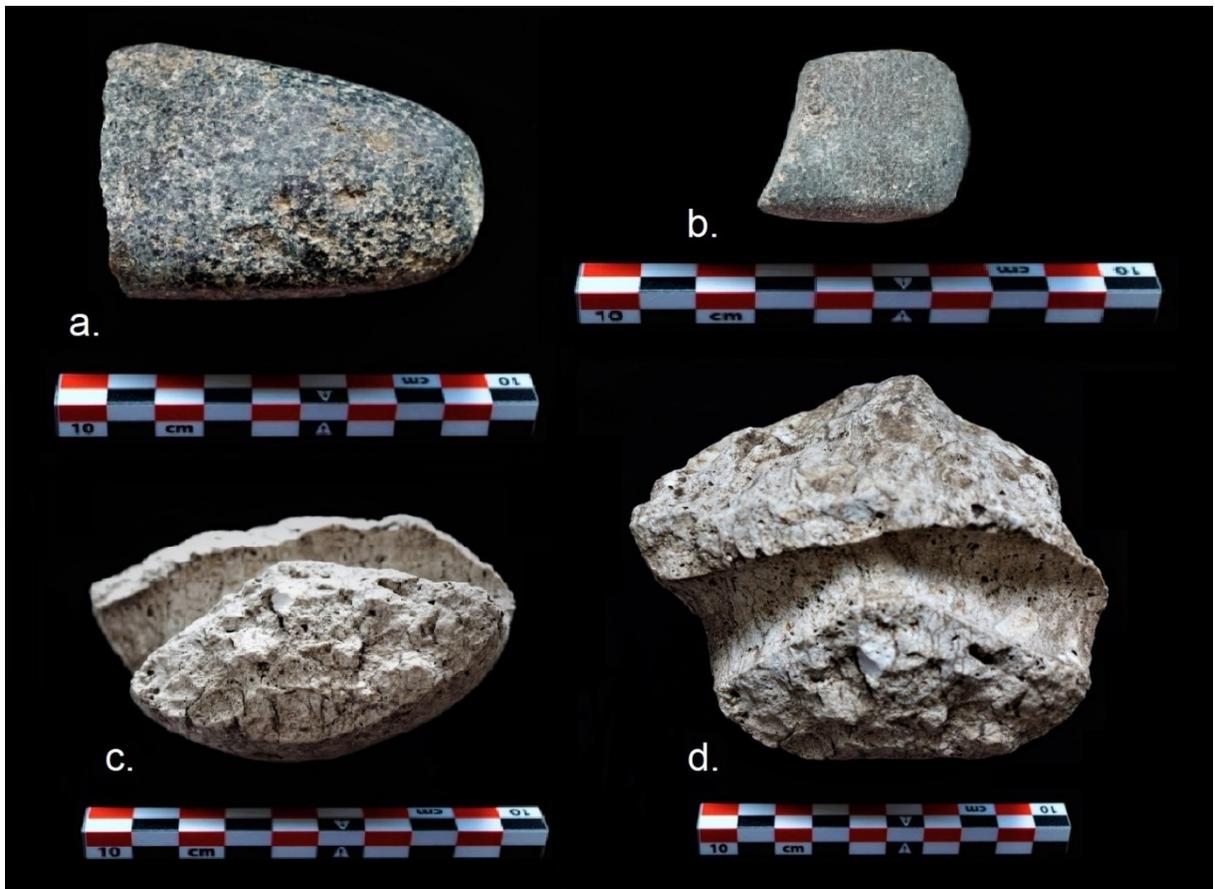


Figure 20. Têtes de hache (PM041, PM047) et poids (PM060)

a. Tête de hache proximale; b. Tête de hache distale; c. Poids vue de profil; d. Poids vu de plan

mais comporte également trois têtes de hache ainsi qu'un poids (fig. 20). Suite à l'observation visuelle de ces artefacts, tous les percuteurs ont été écartés de notre examen chimique considérant leur composition qui est de chert ou de calcaire. Inversement, les trois têtes de haches (PM041, PM047 et PM125) ont été analysées en vertu de la présence de deux serpentinites et d'une diorite, qui pourrait nous permettre de reconnaître des regroupements à l'intérieur de notre échantillon. Celles-ci correspondaient toutes à la période Classique Terminal. Deux de ces têtes de hache sont illustrées dans la fig. 20, présentant de la brillance et de faibles traces d'usure, contrairement au troisième spécimen mal conservé (PM125). Pareillement, le poids identifié comme de la brèche (PM060), de même que trois objets de fonctions inconnues, ont été soumis à l'analyse spectrométrique afin de déceler d'éventuelles corrélations. Ces trois derniers artefacts semblaient composés de deux quartzites ainsi que d'une arkose s'apparentant à des fragments de *manos* ou de *metates* mais dont la conservation est trop

détériorée pour être concluante. Néanmoins, l'ensemble de cette collection ne sera pas étudié davantage dans ce travail de recherche

3.6.1 Bilan des analyses typologiques

En somme, ces analyses typologiques nous ont permis de mettre à jour la multitude d'outils en pierre bouchardée et polie présente dans notre échantillon. Il est d'ailleurs possible d'observer la densité de pierres à moudre excavées au site d'Ucanal dans le tableau I. L'interprétation des pierres à moudre constitue néanmoins un enjeu qu'il reste à aborder. Les fonctions de ceux-ci ainsi que leurs significations sont explorées davantage dans le chapitre 5. Ces derniers sont alors étudiés à l'aide des résultats de leur analyse chimique puis mis en relation selon le niveau hiérarchique des différents complexes d'Ucanal ainsi que leur datation, dans le but de déterminer leur provenance et d'expliquer le mouvement des pierres à moudre à travers les réseaux d'échange dans les basses-terres mayas.

Tableau I. Densité de pierres à moudre retrouvées au site d'Ucanal par m², selon les rangs 1, 2 et 3 (*Rang 1 = Op. J, A, E, G, I, 119; Rang 2 = Op. 141, 150, 168, 165; Rang 3 = Op. 140, 139, 133, 130, 159, 167*)

	Nombre de PM	Mètre ²	% PM/m ²
Rang 1	44	514	8,56
Rang 2	40	285,45	14,01
Rang 3	73	186,75	39,09

Chapitre 4

Résultats : Analyses des matériaux

L'analyse visuelle de notre collection de pierres à moudre a permis de révéler une abondance de quartzites et de granites pour plus de la moitié de nos spécimens (56%, n=88/156). Ce pourcentage pourrait indiquer la proximité des ressources par rapport au site d'Ucanal ou alors l'application d'un choix préférentiel exercé par les Mayas lors de l'acquisition des pierres à moudre selon leur utilisation. La présence d'autres matériaux a été relevée au cours de ce premier examen, dont le calcaire, l'arkose, le chert, le basalte vésiculaire et la diorite. Les résultats de ces observations sont présentés dans le tableau II, ci-dessous.

Tableau II. Composition des pierres à moudre d'Ucanal selon l'examen visuel (n = 156)

	<i>Manos</i>	<i>Metates</i>	Mortiers	Pilons	Polissoirs	Divers	Total	%
Quartzite	30	19	-	1	1	2	53	34,0
Granite	22	13	-	-	-	-	35	22,4
Calcaire	2	5	-	1	9	2	19	12,2
Basalte	-	3	-	-	-	-	3	1,9
Arkose	3	1	-	-	-	1	5	3,2
Diorite	2	-	-	-	-	1	3	1,9
Granodiorite	2	1	-	-	-	-	3	1,9
Dacite	1	-	-	-	-	-	1	0,6
Gneiss	-	2	-	-	-	-	2	1,3
Trachyte	-	1	-	-	-	-	1	0,6
Travertine	1	-	-	-	-	-	1	0,6
Tephrite	-	-	1	1	-	-	2	1,3
Chert	-	-	1	-	6	8	15	9,6
Serpentinite	-	-	-	-	-	2	2	1,3
Quartz	-	-	-	-	1	1	2	1,3
Brèche	-	-	-	-	-	1	1	0,6
Porphyre	-	-	-	-	1	-	1	0,6
Pumice	-	-	-	-	1	-	1	0,6
Siltstone	-	1	-	-	1	-	2	1,3
Ardoise	-	-	-	-	3	-	3	1,9
Schiste	-	-	-	-	1	-	1	0,6
Total	63	46	2	3	24	18	156	

L'identification de la nature de nos matériaux relève néanmoins d'un examen visuel préliminaire. La composition minéralogique de plusieurs d'entre eux restent à confirmer compte tenu de leur hétérogénéité et de la variabilité de leurs inclusions (fig. 21). Les analyses spectrométriques des pierres à moudre de notre collection serviront à préciser l'identification des roches utilisées pour fabriquer ces outils.

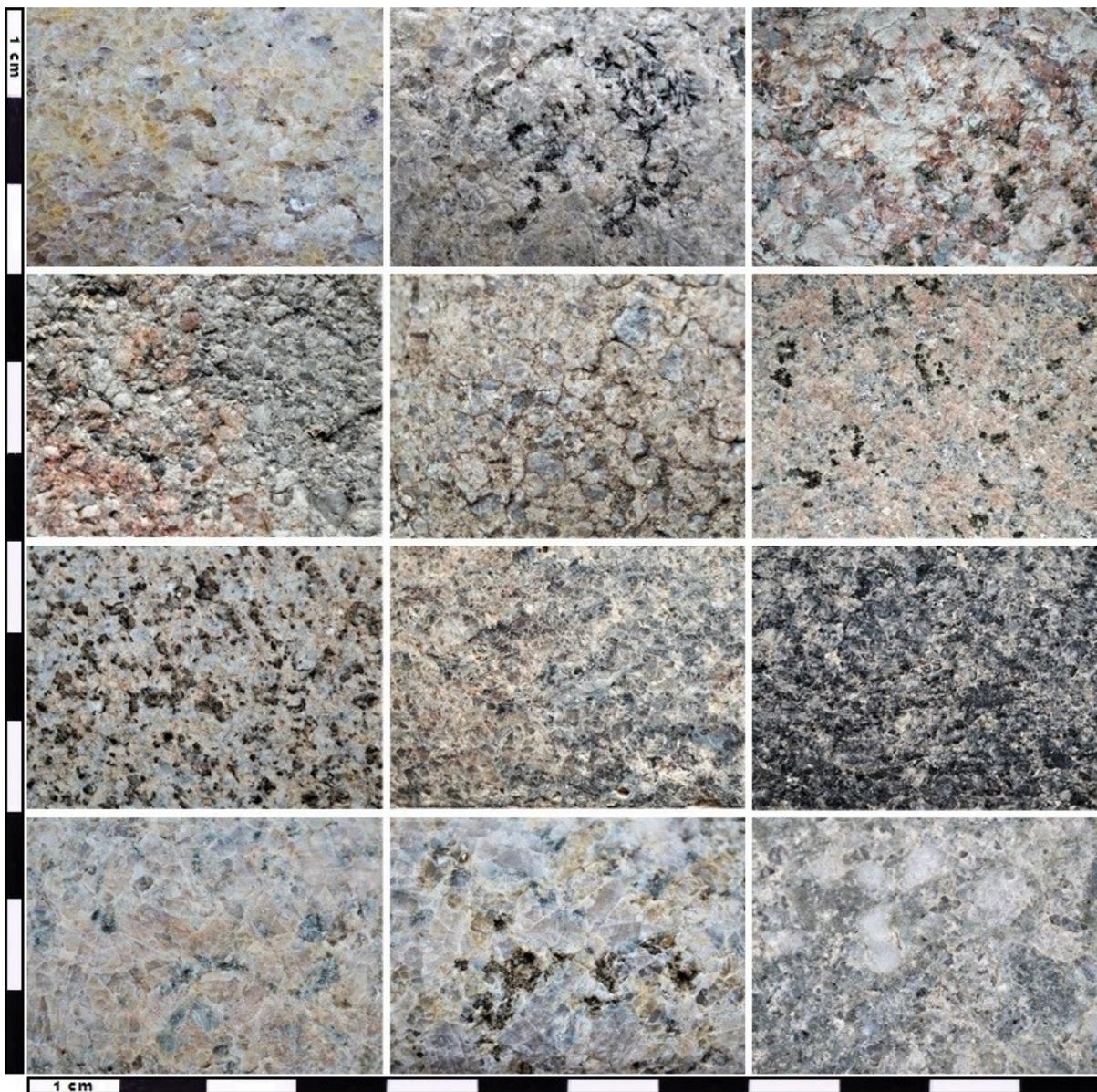


Figure 21. Exemple des différents matériaux et des inclusions de la collection du PAU (dimensions approximatives). Dans l'ordre : PM013, PM032, PM043, PM052, PM064, PM070, PM071, PM075, PM086, PM087, PM090 et PM129. Ces échantillons ont été identifiés visuellement comme des granites, à l'exception de PM013 (quartz) et PM052 (arkose)

4.1 Résultats de l'échantillon de granites

Suivant notre collecte de données (voir Annexe), la première étape de cette analyse consiste à comparer nos résultats à une base de référence. À cette fin, nous avons utilisé les prélèvements fournis par Tibbits provenant des trois batholites connus du Belize (le MPR, le HBR et le CCB), dans le but de comparer nos données archéologiques puis d'obtenir la signature élémentaire des sources de granites provenant des Montagnes Mayas. En ce sens, ces échantillons ont servi à reconnaître les matériaux issus des mêmes sources que celles identifiées par Tibbits au sein de la collection d'Ucanal à l'aide d'un appareil *pXRF*. Pour y parvenir, nous avons procédé à l'examen des trois principaux éléments traces retenus par l'auteure et s'avérant significatifs quant à la caractérisation géologique des granites : le rubidium (Rb), le strontium (Sr) et l'yttrium (Y). Ces composantes sont quantifiées dans des rapports correspondants à Sr/Y et à Rb/Sr, inspirés des travaux de Clemons et Long (1971; Tibbits 2016). Les résultats détaillés de cette analyse sont présentés en annexe (tableaux IX et X).

Tableau III. Moyennes des éléments détectés par le *pXRF* dans les échantillons de granite provenant des Montagnes Mayas et les artefacts du site d'Ucanal (en ppm)

Source		Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Rb	Sr	Y	Zr	Th
MPR n = 24	Moyenne	4974	8438	89988	782	8202	12035	384	139	6656	276	25	33	55	17
	Écart type	865	7650	37848	266	6171	7665	411	97	6365	116	14	38	67	7
	RSD	17	91	42	34	75	64	107	70	96	42	58	114	121	43
HBR n = 8	Moyenne	5259	3873	83152	684	3653	13417	197	102	6189	148	32	21	21	10
	Écart type	780	6103	42385	116	4950	7589	159	60	3934	95	19	32	27	7
	RSD	15	158	51	17	135	57	81	59	64	64	58	151	131	70
CCB n = 3	Moyenne	4808	6842	82720	727	4708	11040	510	119	6917	187	145	15	52	12
	Écart type	651	6134	24915	55	3036	4110	255	37	3173	103	79	8	40	7
	RSD	14	90	30	8	64	37	50	31	46	55	54	55	76	57

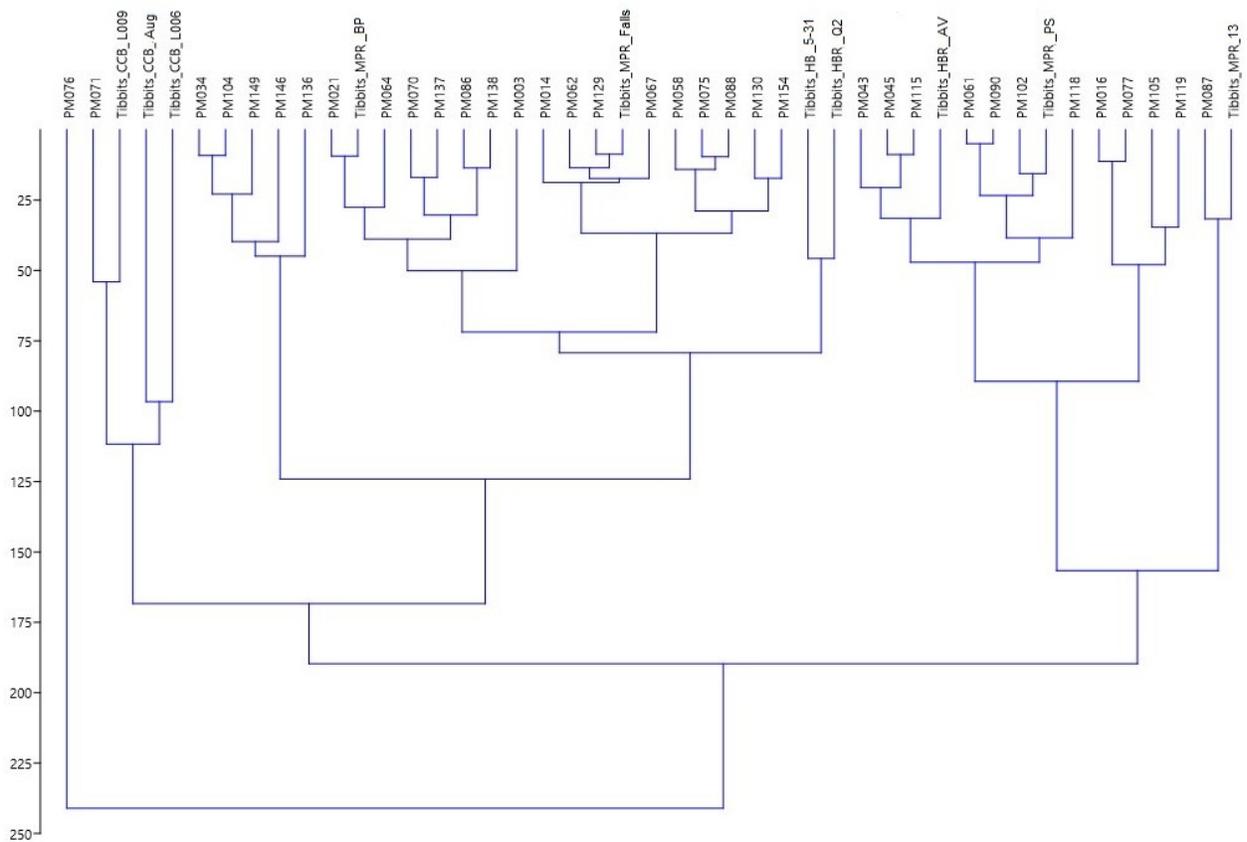


Figure 22. *Hierarchical clustering* des échantillons de granites d'Ucanal et des prélèvements de sources des Montagnes Mayas (fournis par Tibbits), selon Rb/Sr et Sr/Y (n = 35)

Considérant l'objectif principal de ce travail de recherche qui consiste à déterminer la provenance des matériaux dans la région des basses-terres, nous avons soumis nos données archéologiques et géologiques à une analyse statistique de partitionnement de données (ou *hierarchical clustering*; fig. 22) selon les rapports de Rb/Sr et de Sr/Y (n = 35). Cette manipulation nous a permis de reconnaître trois familles de granites parmi les 38 pierres à moudre étudiées, en parallèle avec les prélèvements de Tibbits. Une appartenance géologique a donc été attribué à chacun de nos échantillons en fonctions de ces trois embranchements et de nos spécimens de sources connues. Préalablement, ce graphique nous a permis d'observer l'irrégularité de certains spécimens, qui ne semblaient pas provenir des Montagnes Mayas. En ce sens, trois échantillons ont été écartés de notre étude comme des valeurs aberrantes. Ces échantillons (PM016, PM032 et PM156) présentaient une signature élémentaire distincte pouvant résulter de sources de granites différentes en provenance du Guatemala ou ailleurs en

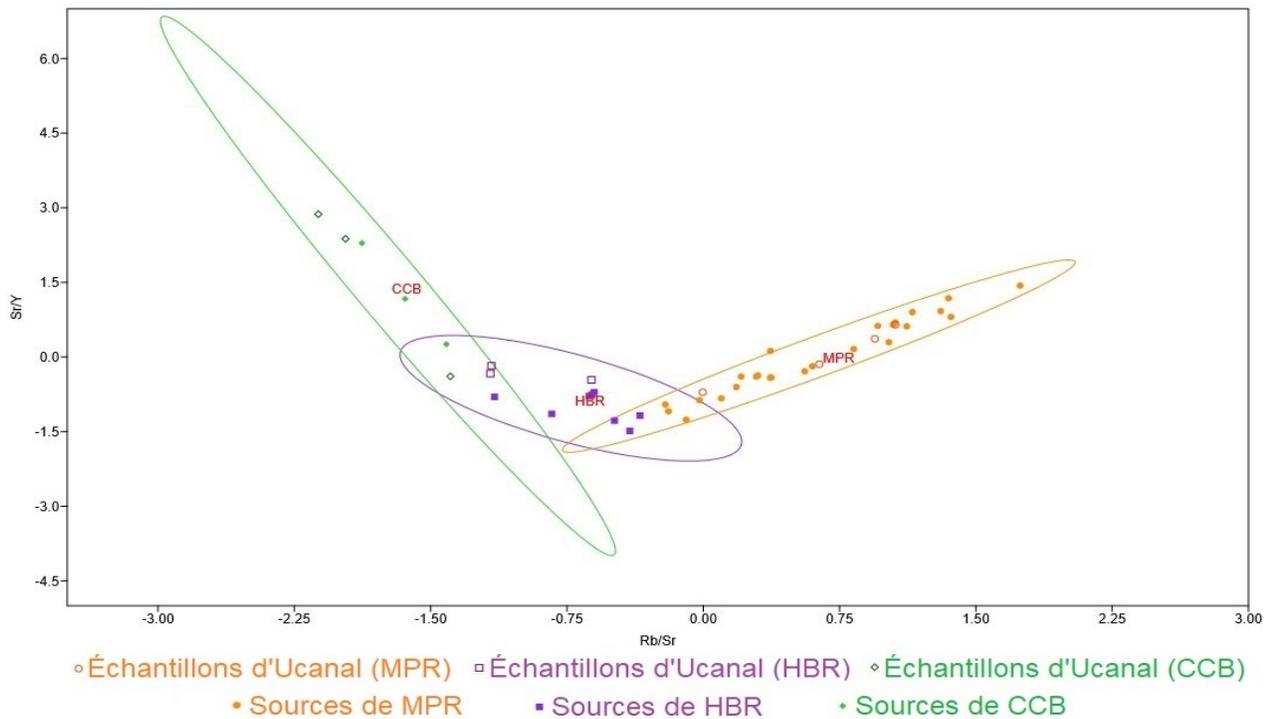


Figure 23. Analyse *PCA* des granites d'Ucanal et des prélèvements des Montagnes Mayas (fournis par Tibbits), selon les trois familles définies par le *hierarchical clustering* dans les rapports de Rb/Sr et Sr/Y (avec ellipses d'intervalle de confiance de 95%, n = 45)

Mésomérique. En outre, notre collection ne contenait pas suffisamment de pierres à moulin ayant une composition chimique similaire, et ces spécimens ne pouvaient être placés dans un groupe propre. En l'absence de données de références géologiques sur les granites à l'extérieur des Montagnes Mayas, leur source d'origine ne peut être confirmée. De plus, l'un des échantillons de référence fournis par Tibbits (HBR PR) a été traité comme une valeur aberrante en raison d'une erreur d'échantillonnage. Suivant ces observations, nos données ont été soumises à une analyse par composantes principales (ACP ou *PCA* en anglais) afin de discerner des regroupements au sein de nos granites. Les résultats de cette étude *PCA* sont présentés ci-dessus à l'aide des mêmes ratios de Rb/Sr et de Sr/Y (n = 45; fig. 23).

Ces analyses ont ainsi permis d'étudier nos trois groupes dont l'origine géologique semble correspondre aux travaux de Tibbits, soit le Cockscomb Basin (n = 3), le Hummingbird Ridge (n = 8) et le Mountain Pine Ridge (n = 24). La majorité des échantillons d'Ucanal proviendrait de cette dernière région géographique, ce qui pourrait être expliqué par la proximité du site

d’Ucanal des sources du MPR, à moins d’une trentaine de kilomètres. Les granites de MPR présenteraient d’ailleurs une concentration plus élevée de Rb, alors que ceux issus des CCB sont plus riches en Sr. Ces valeurs peuvent être expliquées par les formations géologiques des Montagnes Mayas plus anciennes au nord, et donc présentant une composition plus forte en strontium que les zones situées au sud (Hodell et al. 2004, 588). Tibbits (2016, 63) mentionne par contre la difficulté de discerner certains granites provenant de CCB et de HBR. Pour ce faire, l’auteure recommande de procéder à l’analyse d’échantillon témoin prélevé de différentes sources géologiques dans ces zones dans le but de corriger ces résultats. Tibbits maintient néanmoins que l’appareil *pXRF* dispose du même niveau de précision que les équipements XRF en laboratoire (Tibbits 2016, 63). Néanmoins, nos données demeurent plus superficielles que celles de Tibbits puisque l’auteure a procédé à l’analyse de granites en poudre afin d’obtenir une signature « 3D » de ses échantillons (Tibbits 2016, 57). Il est également possible que nos résultats varient compte tenu de la nature hétérogène de leur composition et de la surface de l’échantillon.

En ce sens, les échantillons de granites de ces sources distinctes présentent un certain degré de variation interne. Cette variabilité est facilement observable à l’aide de la couleur de nos pierres à moudre (tableau IV; fig. 24), tel que noté au cours de notre examen morphologique. Par conséquent, il est possible que la composition chimique de ces trois sources respectives varie selon les gisements exploités dans ces zones. Il est également possible que le faible nombre de nos échantillons soit insuffisant afin de produire un portrait global des granites d’Ucanal. Ultérieurement, des recherches plus approfondies sur ces gisements de granites sont susceptibles de confirmer ou non notre démarche analytique.

Tableau IV. Couleur des granites provenant des trois sources identifiées des Montagnes Mayas (n=36), selon l’atlas de Munsell

(e.g. Gris = Light grey 10YR 7/1, Gray 7.5YR 6/1, Gray 7.5YR 5/1, Very dark gray 10YR 3/1, Light gray 7.5YR 7/1, Gray 2.5YR 5/1, Gray N 6/, Gray 10YR 5/1, Very dark bluish gray 5PB 3/1, Gray 10YR 6/1, Grayish brown 10YR 5/2; Rose = Pinkish gray 7.5YR 7/2, Light reddish gray 2.5YR 7/1, Pale brown 10YR 6/3, Pale red 2.5YR 7/2, Pinkish gray 7.5YR 7/2, Pale red 10R 6/3, Pinkish white 10R 8/2, Pink 7.5YR 8/3; Blanc = White 5YR 8/1, White 10YR 8/1)

Sources	Couleurs	Nombre	Sources	Couleurs	Nombre	Sources	Couleurs	Nombre
MPR n = 25	Gris	10	HBR n = 8	Gris	4	CCB n = 3	Gris	3
	Rose	10		Rose	2		Rose	-
	Blanc	4		Blanc	2		Blanc	-

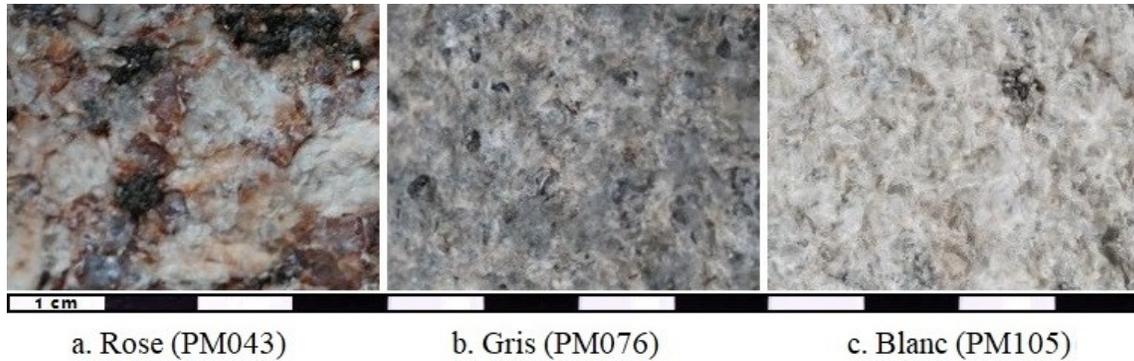


Figure 24. Représentation des différentes couleurs identifiées au site d'Ucanal parmi les trois sources des Montagnes Mayas; a. HBR, b. CCB, c. MPR

4.2 Résultats de l'échantillon de quartzites

Dans une perspective similaire, nous avons examiné les quartzites afin d'identifier le nombre de gîtes possibles représentés dans notre échantillon. De prime abord, il est important de souligner qu'il existe deux formes de quartzite de nature minéralogique différente. L'orthoquartzite, c'est-à-dire le quartzite d'origine sédimentaire, se compose à 95 % de quartz (SiO_2) pour 5 % d'éléments traces tel que le zircon, le rutile et la magnétite. Le métaquartzite quant à lui provient généralement de la recristallisation de l'orthoquartzite, d'où son appellation de quartzite métamorphique. Celui-ci est formé de quartz à près de 99 %, pour seulement 1 % d'éléments traces dont les plus communs sont l'hématite, le feldspath, le mica, la cyanite et la sillimanite (Pitblado et al. 2008, 744; Blomme et al 2012, 197). Cette distinction est essentielle puisque les gisements de métaquartzite peuvent différer des gisements de quartzites sédimentaires (Spink 1983, 52). L'auteure propose notamment de caractériser les pierres à moudre du site de Tikal comme des quartzites d'origine métamorphique. D'ailleurs, la majorité des *metates* de la région de Petén proviendrait d'une zone dans un rayon de moins de 100 km dans les basses-terres selon Sidrys et Andresen, soit depuis les Montagnes Mayas (1976, 188-189). De ce fait, l'emplacement du site d'Ucanal nous permet de supposer que les outils en pierre de notre collection sont également composés de métaquartzite.

Dans la mesure où peu de recherches se sont focalisées sur l'identification des quartzites et leur provenance, notre étude se base sur la combinaison des travaux de Pitblado et al. (2008), de Blomme et al. (2012) ainsi que d'Ackerson et al. (2015). Ces derniers proposent entre autres l'utilisation du fer (Fe), de l'aluminium (Al), du baryum (Ba), du strontium (Sr), du titane (Ti)

et du zirconium (Zr) comme éléments traces permettant de différencier les variétés de quartzite. Selon Pitblado et al. : « [p]ar leur nature, les métaquartzites ont aussi le potentiel de refléter la géochimie des grains qui proviennent d'une variété de sources géologiques » (2008, 745). Cependant, à la suite de l'examen préliminaire de nos données, peu d'éléments traces ont été observés (voir Annexe). Ces observations peuvent résulter de l'homogénéité des quartzites, c'est-à-dire de leur composition élevée en quartz, présentant ainsi une faible quantité d'éléments traces. En ce sens, seuls le titane, le strontium et le vanadium (V) se sont avérés présents en quantité suffisante suite à notre analyse spectrométrique pour que nous puissions les détecter et en tirer des conclusions (voir tableaux X et XI en annexe).

Tableau V. Moyenne des éléments détectés par le *pXRF* pour les artefacts en quartzite du site d'Ucanal (en ppm, n = 54)

Source		Sr	Ti	Fe	V	Ba	Si	P	S	Ca	Mn	Mg
Groupe A n = 44 (noir)	Moyenne	9	48	1045	17	54	108195	235	769	15568	86	5395
	Écart type	9	24	576	9	76	32119	819	276	10339	18	466
	RSD	100	51	55	55	141	30	349	36	66	20	9
Groupe B n = 4 (mauve)	Moyenne	14	193	3546	25	19	91833	24	874	16589	97	5841
	Écart type	15	22	3715	18	38	26612	30	306	8456	19	694
	RSD	108	11	105	72	200	29	126	35	51	20	12
Groupe C n = 3 (rouge)	Moyenne	286	52	1225	33	271	123543	216	954	9242	123	5303
	Écart type	119	31	581	13	131	9936	166	381	6874	18	229
	RSD	42	60	47	39	49	8	77	40	74	15	4
Groupe D n = 3 (vert)	Moyenne	11	114	1614	23	34	121278	127	645	26950	96	5389
	Écart type	11	13	334	6	60	36553	87	174	12036	16	551
	RSD	96	12	21	27	173	30	69	27	45	17	10

Suite à ces résultats, les éléments traces des quartzites ont été étudiés sous plusieurs rapports dans le but de déterminer les variables susceptibles de faire ressortir les regroupements au sein de notre échantillon. En ce sens, toutes les éléments présentés dans le tableau précédent ont été utilisés pour nos analyses statistiques. Ces onze éléments ont ainsi été mis en relation à titre individuel (Sr, Ti, Fe, etc.) puis sous forme de rapport (Sr/Ti, Ti/Fe, Fe/Sr, etc.), afin d'observer un potentiel regroupement à l'aide de *hierarchical clusterings*, en parallèle avec l'étude de nos données brutes. Cet exercice vise à reconnaître l'association de quartzites de composition similaire en l'absence de travaux de référence, suivant l'utilisation d'un appareil *pXRF*. À l'aide

de ce raisonnement inductif, le ratio de V/Sr s'est révélé le plus significatif, c'est-à-dire qu'il permettait de reconnaître des familles distinctes entre les échantillons. Ce rapport a été observé en complémentarité avec le Ti suggéré par les travaux de Pitblado et al. (2008), de Blomme et al. (2012) ainsi que d'Ackerson et al. (2015), dans le but d'isoler les spécimens pouvant provenir de sources de quartzite distinctes. Ces résultats sont présentés à la page suivante à l'aide d'un embranchement par partitionnement de données (fig. 25).

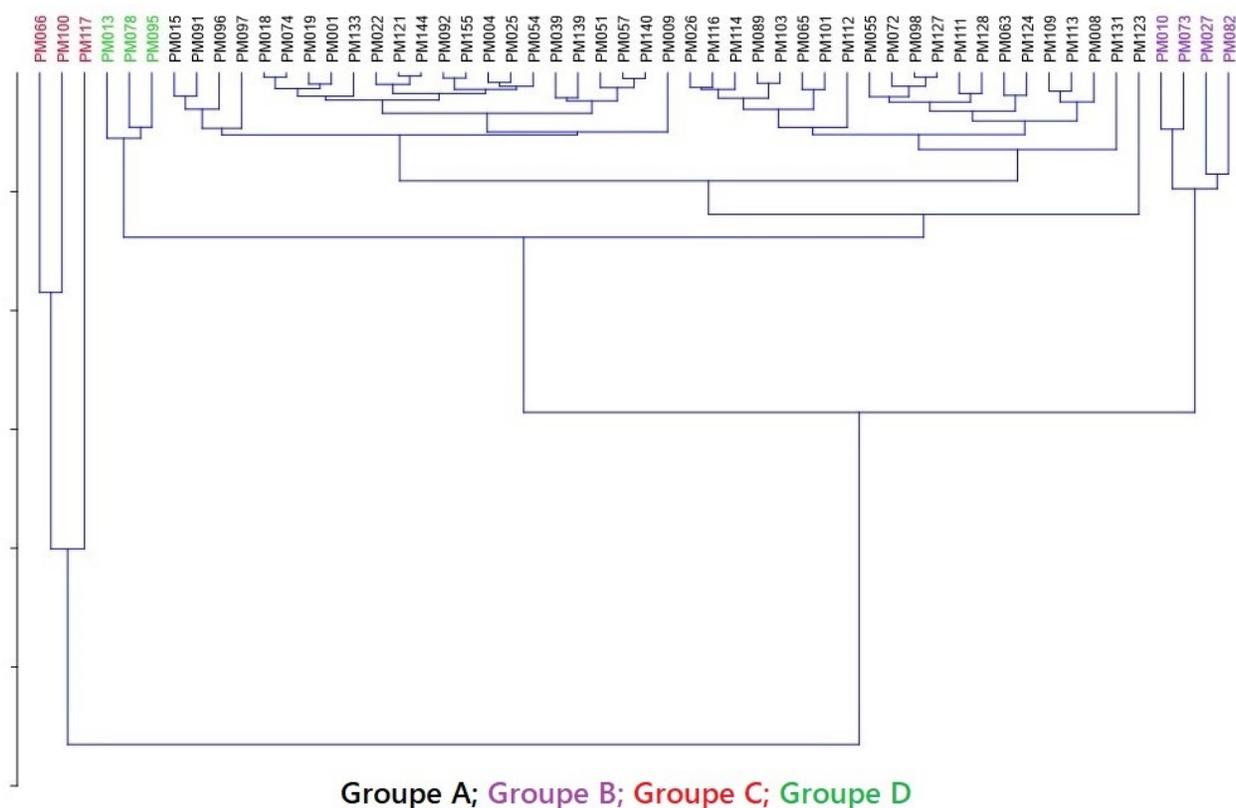


Figure 25. *Hierarchical clustering* des échantillons de quartzites d'Ucanal selon la moyenne des éléments de V, Sr et Ti (n = 54)

Ces observations ont permis de révéler quatre profils chimiques principaux parmi les échantillons de quartzites, selon la première analyse par grappes (*clustering*). Il est envisageable que ces différents embranchements correspondent à la diversité de la provenance de nos spécimens ou même à la distinction élémentaire entre les orthoquartzites et les métaquartzites. Un ensemble en particulier regroupe 81 % de notre collection, soit 44 spécimens sur 54 (Groupe A). Par contre, certains de nos échantillons ne contenaient pas de traces de tous ces éléments ou alors celles-ci s'avéraient en quantité insuffisante. Cette lacune explique l'exclusion de

quelques-uns de nos spécimens (Groupe C), ou l'existence de regroupements distincts, telle qu'exposée au sein de notre analyse *PCA* (fig. 26). Il est également possible que le groupe C présente des valeurs aberrantes. Dans cette perspective, Pitblado et al. (2008) réfute la possibilité d'utiliser un appareil portable de *XRF* afin de procéder à l'identification des éléments traces du quartzite. Ces composantes seraient présentes en quantités trop faibles pour que le *pXRF* soit en mesure de les détecter. En outre, ces derniers suggèrent une méthode d'analyse par activation neutronique (*INAA*) dans le but de prélever un ratio d'éléments correspondant à la signature géologique du spécimen étudié. Similairement, Tim Church et al. (1996, 141) proposent l'utilisation d'équipements fixes de *XRF* en vue de discerner la composition géochimique des orthoquartzites. En somme, ce projet de recherche ne constitue qu'une prémisse à d'éventuels travaux portant sur l'identification du quartzite, dans l'attente de matériels de références sur les sources de matières premières. Nos résultats sont présentés cependant à des fins de comparaison et de reproductibilité.

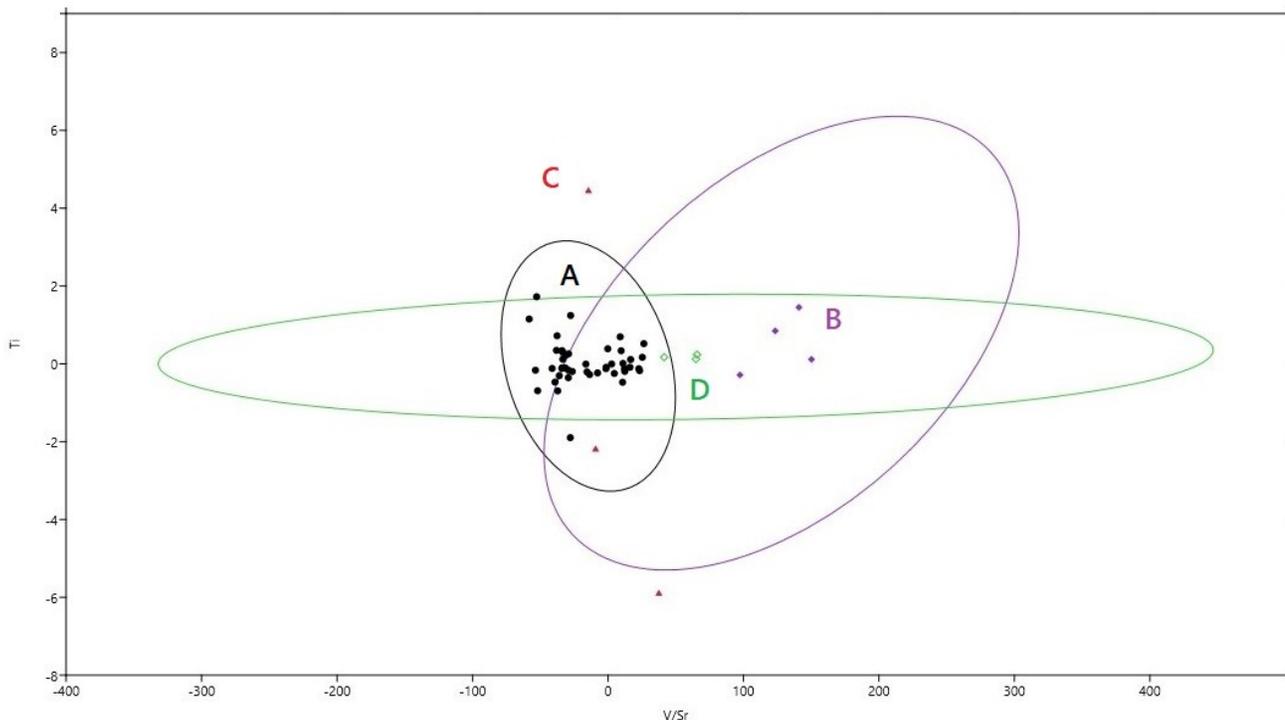


Figure 26. Analyse *PCA* des groupes (A, B, C, D) de quartzites de la collection d'Ucanal, selon V/Sr et Ti (avec ellipses d'intervalle de confiance de 95%) (n = 54)

4.3 Identification de la provenance des matériaux

Au final, la majorité des granites de la collection d'Ucanal semblent provenir de la région des Montagnes Mayas. Comme les échantillons prélevés par Tibbits, il est possible de reconnaître la signature élémentaire de trois regroupements distincts. Parmi ceux-ci, une concentration significative de pierres à moudre correspond à la formation du Mountain Pine Ridge, situé au nord-est d'Ucanal.

L'analyse des quartzites a permis de démontrer différents groupes en fonction des éléments traces étudiés, dont un ensemble prépondérant. Cet assemblage pourrait signifier que la majorité de nos échantillons proviennent d'une source commune ou que nos quartzites possèdent une composition chimique assez homogène que le *pXRF* n'arrive pas à différencier en vertu des éléments choisis. Considérant les résultats obtenus pour les outils de granite, il est possible que ce matériau ait été prélevé dans la même région. En ce sens, un gisement connu de quartzite se trouve à proximité du MPR, dans le Baldy Beacon (BB; Dixon 1956, Bateson et Hall 1977; fig. 27). Il demeure impossible cependant de confirmer ces hypothèses dans le cadre de cette étude en l'absence d'échantillons géologiques de références pour les quartzites. Nos données pourraient néanmoins être réutilisées dans le cadre de recherches ultérieures.

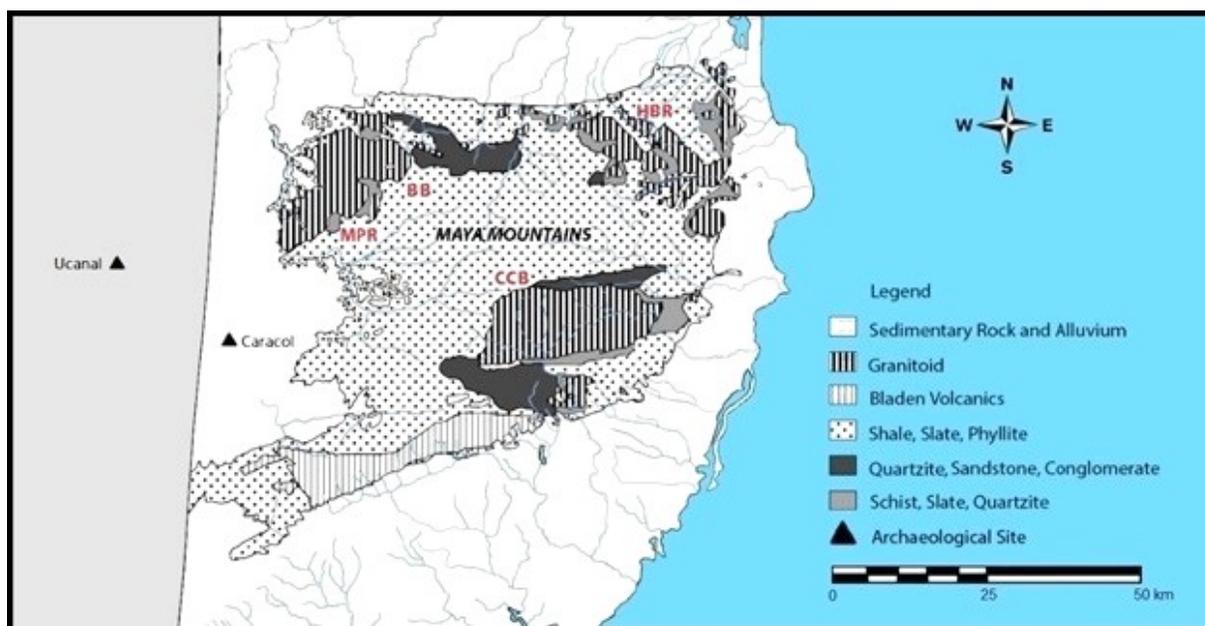


Figure 27. Provenance géologique des matériaux retrouvés au site d'Ucanal (en rouge; modifiée selon Tibbits 2016, fig. 1.3)

Chapitre 5

Discussion

Finalement, ce travail de recherche aborde de nombreuses interrogations sur la production, l'utilisation et l'identification des pierres à moudre durant la période Classique. Pour ce faire, nous avons procédé à l'examen typologique de ces outils ainsi qu'à l'analyse géologique des granites et des quartzites retrouvés au site d'Ucanal. Ces observations nous ont ainsi permis de reconnaître des regroupements parmi nos matériaux en provenance des Montagnes Mayas. Cependant, plusieurs questions demeurent quant aux préférences stylistiques ou technologiques des anciens Mayas, de même que l'accès différentiel des différents groupes présent dans la population par rapport aux types d'outils et leur approvisionnement depuis les sources de matière première lithique. En ce sens, il reste à considérer les réseaux d'échanges de longue distance et la présence de marchés en fonction du contexte archéologique et chronologique du site d'Ucanal.

5.1 Réseaux d'échanges

5.1.1 Échelles géographiques

En premier lieu, Gair Tourtellot et Jeremy A. Sabloff (1972, 132) abordent la question des réseaux d'échanges selon trois échelles géographiques, soit locale, régionale ou de longue distance. Cette distinction se traduit notamment en fonction des biens échangés, c'est-à-dire utilitaires, fonctionnels ou de prestige, puis des modes d'approvisionnement des anciens Mayas. En ce sens, les auteurs évaluent que les « zones de subsistance » entourant les principaux centres de populations correspondent à un territoire d'environ 150 km², soit le niveau local. Pareillement, Graham (1987) aborde la distribution différentielle des ressources en fonction de leur distance d'acquisition, en comparaison aux schèmes intra- et interrégionales. L'auteure aborde ainsi la question du commerce de « longue distance » en termes géographiques, puis selon la facilité du transport des matériaux ainsi que leur valeur économique et sociale (Graham 1987, 762). Pareillement, Graham (1987, cité par Delu 2007, 92) suggère de mesurer la distance entre les sites et les sources de matières premières en fonction des routes maritimes, c'est-à-dire

de leur accès aux cours d'eau, plutôt que par voies terrestres. Cet accès réduirait ainsi les coûts en termes énergétiques, qui expliqueraient les échanges sur de longues distances de biens utilitaires (Sabloff et Rathje, 1972, cité par Delu 2007, 92-93).

À l'échelle intermédiaire, Tourtellot et Sabloff (1972, 132) proposent que certains matériaux, tels que le granite, proviennent plutôt de réseaux d'échanges régionaux afin de répondre à des besoins d'ordre utilitaire. Ces matériaux seraient distribués à travers de nombreux sites en tant que substitut au calcaire. Selon les auteurs, cette acquisition de matière première ne dépendrait pas de l'absence de ressources d'origine locale, mais plutôt de la proximité des Montagnes Mayas dans ce qu'ils qualifient de « zone d'approvisionnement ». Par conséquent, la valeur de ces biens de fonction utilitaire ne devrait pas être considérée comme un instrument de prestige aux yeux des communautés, ou avoir une influence importante sur le statut social des individus qui en font l'acquisition. Autrement dit, Tourtellot et Sabloff suggèrent que les rangs de l'élite devaient avoir un accès préférentiel à ces ressources sans en posséder l'exclusivité. Cependant, à l'inverse des biens exotiques ou de prestige, qui sont échangés entre les élites afin de réaffirmer les relations sociopolitiques des communautés, le matériel utilitaire devait être acquis au sein de marchés (Tourtellot et Sabloff 1972).

5.1.2 Les échanges de marchés

Dans cette perspective, les marchés jouent un rôle de premier plan au sein de la politique économique dans le monde maya. En effet, les échanges de longues distances et la redistribution des biens de subsistance contrôlés par les individus de l'élite dans le but d'accroître leur pouvoir et leur prestige, circulent désormais par le biais de systèmes de marchés (Masson et Freidel 2013, 202). Ce nouvel accès aux réseaux d'échanges, mis en place au cours de la période Classique, permet alors aux maisonnées de se développer et de participer activement à la vie socioéconomique à travers la Mésoamérique. Kenneth G. Hirth (1998, 452) mentionne d'ailleurs que « la concentration de ces échanges dans un endroit défini permet la création d'une institution économique ayant une influence considérable sur la demande des ressources, la quantité de biens échangés, puis l'efficacité de leur déplacement [traduction libre] ». Néanmoins, dans la mesure où chaque maisonnée possède au minimum l'un de ces ensembles de pierres à moudre, il est vraisemblable d'affirmer que la demande annuelle pour ce type

d'objet est relativement faible. Par conséquent, les rangs de l'élite devaient avoir peu d'intérêt économique ou politique à contrôler l'accès et l'approvisionnement de ces ressources. De ce fait, l'un des principaux rôles amenés par ces marchés consiste à l'accumulation de biens, qui favorisent l'approvisionnement des maisonnées sur une base régulière (Hirth 1998, 452).

D'un point de vue archéologique, l'existence de ces marchés au sein des cités mayas peut être observée selon l'approche distributionnelle développée par Hirth (1998). En ce sens, l'auteur aborde la distribution différentielle des biens de subsistance parmi les unités principales de consommation économique de la société, c'est-à-dire les maisonnées (Hirth, 1998, 454). Ainsi, Hirth (1998, 455) propose que ce nouvel accès égalitaire aux réseaux d'échanges favorise la distribution de grandes quantités de biens et de ressources à travers toutes les strates de la communauté. En effet, chaque maisonnée pourrait participer à ces échanges indépendamment les unes des autres, sans avoir à s'appuyer sur leurs affiliations sociales ou politiques, c'est-à-dire outre leur classe et leur rang social (Hirth 1998, 456). La distribution des *manos* et des *metates* de site d'Ucanal peut être observée dans la figure 28. Il est ainsi possible que la forte proportion de pierres à moudre en contexte résidentiel découlent de l'accès égalitaire à ces biens ou résultent de la responsabilité des strates plus basses et/ou communes de la société liées aux tâches domestiques comme la préparation des repas.

En somme, la place des marchés aurait pour conséquence « d'augmenter l'homogénéité des assemblables de la culture matérielle entre les maisonnées de différents statuts sociaux » (Hirth 1998, 456). Cela signifie que les assemblables au sein des différentes structures présentent plus de similarités en raison de la participation des individus aux marchés, autant au niveau de la communauté qu'à l'échelle régionale. Désormais, les différences entre les résidences de bas et de hauts statuts dépendent plus de leur pouvoir d'achat que de leur accès différentiel aux ressources (Hirth 1998, 456). L'accès de l'élite aux biens exotiques et de prestige continue néanmoins d'augmenter le statut social des acteurs impliqués dans ces réseaux commerciaux (Delu 2007, 97-98). Ces marchés étaient d'ailleurs administrés par des individus de l'élite, et se sont développés dans un contexte de centralisation des grands centres urbains (Hirth 1998, 452).

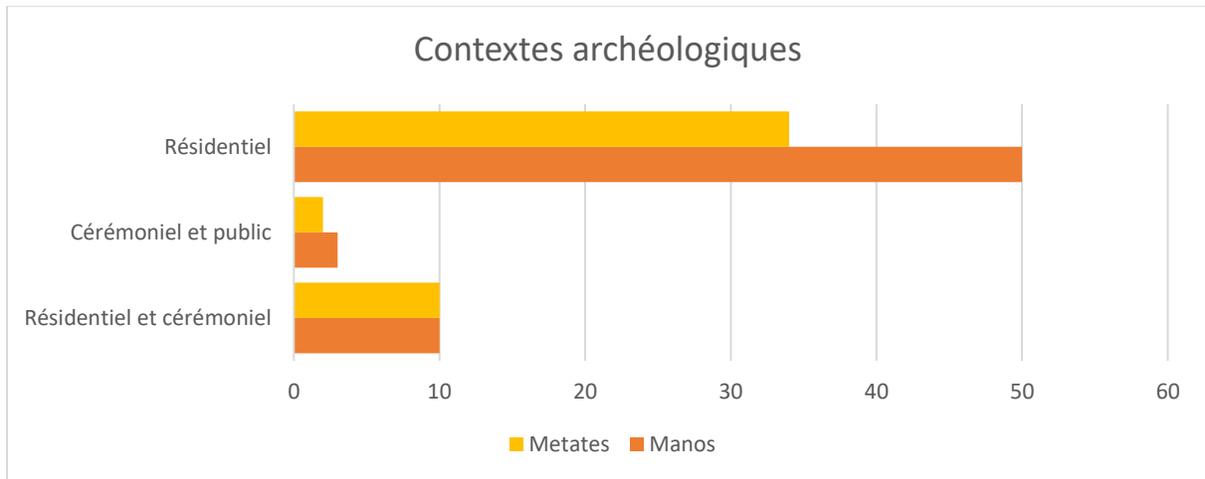


Figure 28. Distribution (en %) des *manos* (n = 63) et des *metates* (n = 44) du site d'Ucanal en fonction du statut hiérarchique des différents complexes architecturaux (Rang 1, résidentiel; Rang 2, cérémoniel et public; et Rang 3, résidentiel et cérémoniel)

En définitive, Hirth (1998, 458) suggère que la distribution différentielle des biens constitue un bon indicateur de la participation des maisonnées de statuts variés aux systèmes de marchés. Pareillement, Marilyn A. Masson et David A. Freidel (2013, 204) suggèrent que la forte présence de matériaux importés au sein de contextes résidentiels de statut commun permet d'identifier l'existence de ces marchés. À titre d'exemple, les auteurs mentionnent les pierres à moudre du site de Tikal qui présentent des proportions similaires (environ 75-80 %) de *manos* et de *metates* importés parmi ses structures de rang cérémoniel et les plus petites en périphérie. Cette concentration est essentielle à la compréhension des systèmes de marchés considérant que les sources les plus près de Tikal consistent aux Montagnes Mayas, à plus de 90 km vers l'est (Masson et Freidel 2013, 214). En outre, l'approche distributionnelle de Hirth sera étudiée à travers la collection archéologique de pierres à moudre d'Ucanal afin d'observer les possibles réseaux d'échanges adoptés par les individus de l'élite (Rang 1), de statut moyen (Rang 2) et de statut commun (ou bas; Rang 3).

5.2 Contexte archéologique des pierres à moudre

À la lumière de ce qui précède, la provenance des *manos* et des *metates* en granite (n=35) a été observée à travers les différentes stratifications sociales rencontrées au site d'Ucanal (fig. 29). La distribution de ces outils permet de reconnaître une forte abondance de granites en provenance du MPR (69 %; n = 24), qui consiste en la source la plus près du site d'Ucanal, indépendamment du statut hiérarchique associé aux contextes archéologiques. Il est également possible de reconnaître la distribution différentielle des pierres à moudre parmi les rangs de population de statut commun (rang 3; 42,9 %; n = 15), suivi de statut moyen (rang 2; 28,6 %; n = 10) et enfin de contexte monumental ou cérémoniel (rang 1; 28,6 %; n = 10). Compte tenu de ces résultats, il est possible que les résidences de bas statuts possèdent une plus grande quantité de ces outils en pierres en fonction de leur utilisation plus fréquente ou par le fait que tous les rangs de la population avaient l'opportunité de participer au commerce, rendant ces relations économiques moins hiérarchisées (Delu 2007, 97-98). Il est d'ailleurs attendu que celles-ci s'acquittent d'un tribut ou d'une redevance envers l'élite afin de participer à la communauté et au système de marchés. Inversement, il est possible que les individus de l'élite participent plus souvent à l'élaboration de festins, et que par conséquent leurs résidences leur étant associées contiennent plus de *metates* que ne requiert leur utilisation quotidienne (Clark 1988, 93). D'ailleurs, les contextes associés au rang le plus élevé s'approvisionnent principalement aux

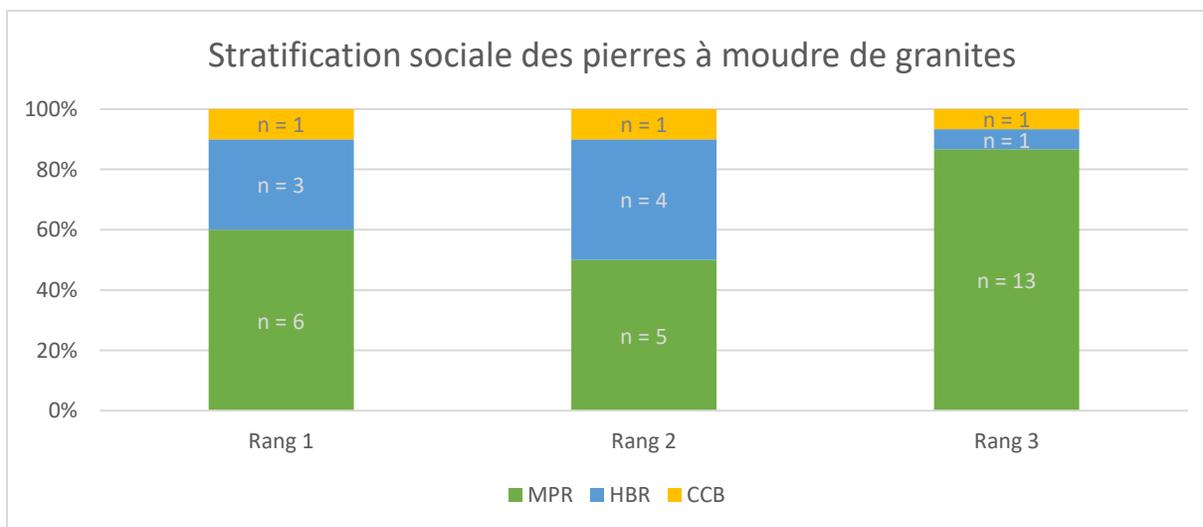


Figure 29. Statut hiérarchique associé aux contextes archéologiques des *manos* et des *metates* en granites selon leur provenance (en %, n = 35)

mêmes gisements que ceux de plus faible statut. Ce rang contient cependant plus de granites issus du HBR et de CCB, malgré la distance plus grande entre ces sources et le site d’Ucanal.

Néanmoins, il semble que les contextes de rang 3 renferment plus de pierres à moudre faites de quartzites que de granites (fig. 30). Le quartzite étant le matériau le plus commun au site d’Ucanal, il est possible que les maisonnées de faible statut disposent d’un accès direct à ce type d’outils. Inversement, la totalité des granites présente une distribution similaire à travers les différents niveaux hiérarchiques du site. D’ailleurs, leur concentration augmente dans les résidences de statuts communs. En ce sens, il est possible que les résidents d’Ucanal bénéficiaient d’un accès plus égalitaire envers ces sources de matières premières, comme par la présence de marché mentionnée précédemment.

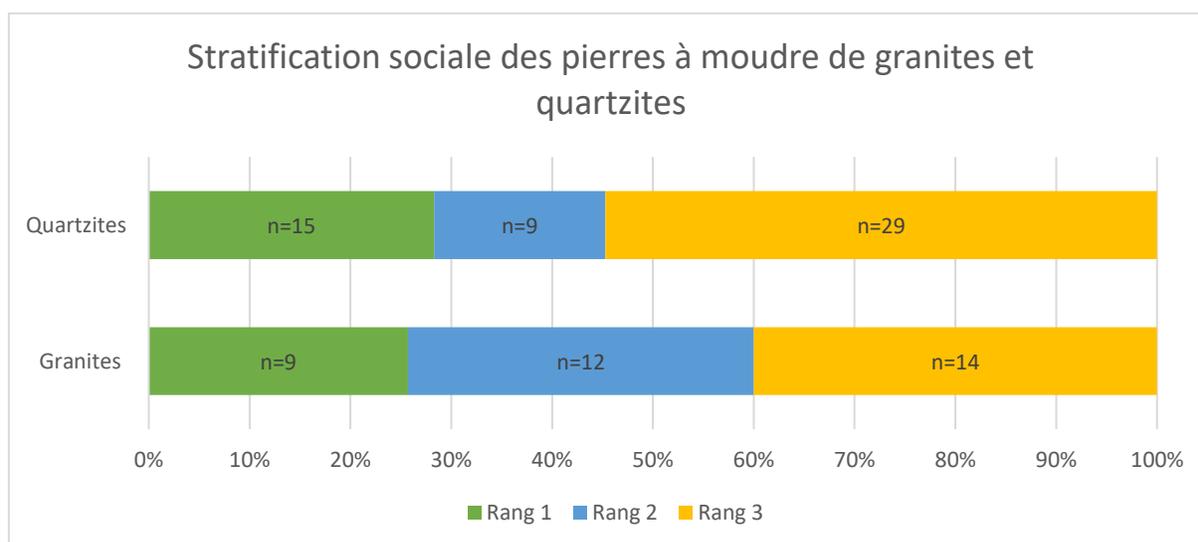


Figure 30. Statut hiérarchique associé aux contextes archéologiques des pierres à moudre faits de granites (n=35) et de quartzites (n=53; en %)

Dans cet ordre d’idée, nos *metates* de basalte vésiculaire ont été étudiés en fonction du rang hiérarchique accordé à leur contexte archéologique. Ces échantillons correspondent tous à des résidences de rang 2 (n = 2) ou 3 (n = 1). En raison de la distance d’acquisition de ce matériau, il est possible que leur présence associée aux maisonnées de faible statut résulte de l’existence de marchés au site d’Ucanal, tel qu’il fut étudié au site de Tikal (Masson et Freidel 2013). Par conséquent, la distance d’acquisition des granites ne semble pas constituer un facteur de différenciation sociale à Ucanal, malgré notre faible échantillon.

5.2.1 Contextualisation des *manos*

Dans une seconde mesure, nous avons étudié la distribution des *manos* selon leur typologie dans le but d'observer les tendances possibles en regard à leur chronologie et aux rangs hiérarchiques correspondants (tableau VI). Ces observations illustrent la concentration moins variable des *manos* selon leur rang hiérarchique lorsque tous les matériaux sont pris en considération. En effet, dans cette nouvelle classification, le rang associé à l'élite possède 30 % de *manos*, alors que les classes moyennes et communes s'approprient respectivement 25 et 45 % de la collection. Dans cette optique, il est possible d'affirmer que toutes les maisonnées au site d'Ucanal devaient avoir accès à au moins un ensemble de pierres à moudre, tel que suggéré par Antonina M. Delu (2007). Cependant, l'examen chronologique ne permet pas de noter une tendance morphologique en fonction des périodes étudiées en raison de la plus faible proportion de fouilles effectuées au sein des contextes du Préclassique, comme pour les formes diagnostiques correspondant à la consommation du maïs ou au développement technologique de ces types d'outils.

Tableau VI. Contextualisation des *manos* selon leur typologie (n = 63)

Type	Total	Chronologie			Rang		
		Clas. term.	Clas. réc.	Préclas. réc.	1	2	3
Carré	16	15	1	-	6	4	6
Rectangulaire	4	3	1	-	-	2	2
Lenticulaire	5	3	1	1	2	-	3
Ovale	10	8	2	-	4	4	2
Plano-convexe	3	2	1	-	-	1	2
Rond	9	8	-	1	3	2	4
Rhomboïde	9	8	1	-	1	2	6
N/D	7	5	2	-	3	1	3
Total	63	52	9	2	19	16	28
%	100	82,5	14,3	3,2	30,2	25,4	44,4

Enfin, la composition minéralogique des *manos* a été considérée (fig. 12). Celle-ci a permis de reconnaître une abondance de quartzites (49 %) parmi ce type d'outils, bien que le granite constitue une part considérable (38 %). De ce fait, les Mayas peuvent avoir accordé une valeur

moins importante à la nature de ces *manos*, compte tenu de leur bris et de leur remplacement fréquent. Sans se tourner vers les ressources locales, ceci pourrait signifier qu'ils se procuraient des matériaux d'une dureté supérieure en provenance des Montagnes Mayas, sans exercer un choix préférentiel entre les quartzites et les granites. D'ailleurs, la présence plus abondante de *manos* au sein de notre collection s'explique facilement par la fragilité et l'effritement plus rapide de ces outils entraînant leur remplacement. À cet effet, Sarah H. Schlanger (1991, 462) mentionne que les *manos* à prise double nécessitent d'être refaçonnés sur une base régulière. Les pierres à moudre utilisées quotidiennement, par exemple, ont besoin d'être martelées tous les cinq jours afin d'assurer l'aspérité de leur surface. Ce martelage entraîne cependant le bris fréquent de ces objets de pierre, ce qui explique leur distribution plus abondante dans la collection archéologique. En ce sens, Lisa Glynn Duffy (2011) note que la distribution des *manos* et des *metates* en contexte archéologique ne dépend pas de leur schème d'utilisation, mais de rejet et de mise au rebut. Ces dépôts peuvent néanmoins se trouver à proximité des structures où ces outils étaient employés, surtout considérant le poids des *metates* par exemple (Duffy 2011, 53-54).

Finalement, la typologie de ces différents outils n'a pas permis de mettre en lumière les préférences technologiques ou stylistiques des habitants d'Ucanal à travers notre échantillon. Ces pierres à moudre présentent d'ailleurs peu de particularités d'un point de vue global. Ces observations seront toutefois reconsidérées à la suite de l'interprétation des *metates* en contexte archéologique.

5.2.2 Contextualisation des *metates*

Dans le même ordre d'idée, la typologie des *metates* a été étudiée en lien avec leur contexte archéologique (tableau VII). Celle-ci est particulièrement importante puisque les formes technologiques de ces outils sont diagnostiques de l'usage qui en est fait. Cet examen permet ainsi de démontrer que comme pour les *manos*, les *metates* sont composés principalement de quartzite (41 %). Cependant, une large proportion de notre échantillon correspond également à des matériaux de nature variée (33 %), tels que le calcaire, le basalte vésiculaire et l'arkose ainsi que des pierres d'origine sédimentaire. Parmi ce groupe se retrouve

Tableau VII. Contextualisation des *metates* selon leur typologie (n = 46)

Type	Total	Chronologie			Matériau		
		Clas. term.	Clas. réc.	Préclas. réc.	Granite	Quartzite	Autre
Concave	25	19	5	1	9	11	5
Creusé*	8	5	3	-	2	3	3
Plat	11	8	2	1	1	4	6
N/D	2	2	-	-	-	1	1
Total	46	34	10	2	12	19	15
%		74	22	4	26	41	33

* Comprend un *metate* en bassin

une majorité de *metates* de forme plane (40 %). Ce pourcentage peut s'expliquer par une production de *metates* moins élaborés (ou plats) à partir de ressources locales comme le calcaire, ou par le transport de matériaux prisés sur de longues distances tels que le basalte, et donc, plus légers et moins élaborés. À ce propos, Sidrys et Andresen (1976, 187) mentionnent que la morphologie des *metates* est entre autres associée à leur provenance géologique. En effet, la taille de ces objets de même que leur forme dépendraient de leur transport et de la valeur économique qui leur sont accordés. Cette relation permet d'observer l'abondance des pierres à moudre au sein de strates associées aux individus de statut commun (fig. 31). Néanmoins, il est étonnant de remarquer que le second groupe en importance appartient au rang des élites, qui englobent également les complexes monumentaux et cérémoniels.

Enfin, comme les *manos*, la provenance des *metates* faits de granites présente une forte tendance envers les sources du MPR (83 %; n=10 sur 12). Comme mentionné précédemment, la proximité de ces ressources est peu surprenante étant donnée la taille considérable de ces objets en pierre. En effet, le poids de ceux-ci constitue l'un des principaux facteurs de son commerce sur de longues distances, déterminé par sa morphologie.

Dans cette perspective, les outils de forme concave se sont avérés les plus communs au sein de notre collection. Cette morphologie est probablement associée à la consommation du maïs par

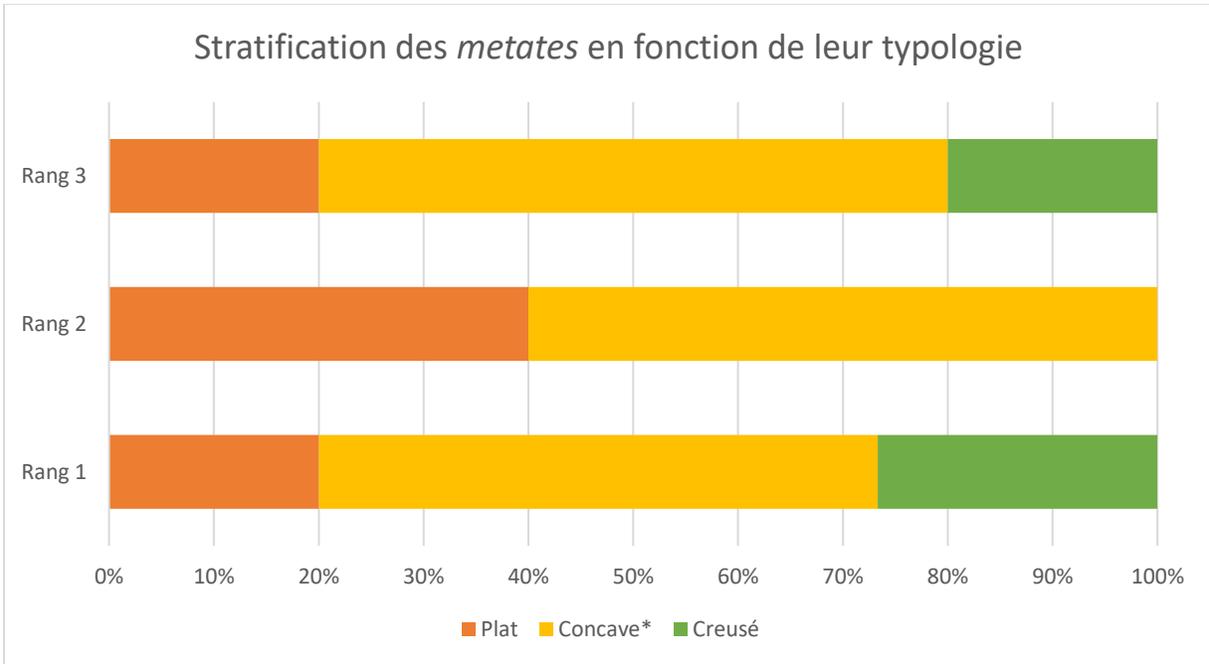


Figure 31. Stratification hiérarchique associée au contexte archéologique des metates divisée en fonction de leur typologie (en %, n = 44)

les anciens Mayas au cours de la période Classique, tel que nous pouvons voir durant le Classique terminal. En effet, la transformation des grains exigeait une surface suffisamment étanche pour retenir les grains, mais ouverte afin de faciliter la liberté des mouvements. En somme, l'utilisation de ce type de *metates* favorise l'emploi de *manos* de formes variées dépendamment de la nourriture qui est transformée et de sa texture. Cette relation entre les deux formes et fonctions pourrait expliquer la grande diversité de *manos* à Ucanal, malgré les formes restreintes de *metates*. Finalement, les pierres à moudre de la collection présentent une variation morphologique peu significative par rapport à leur provenance et le rang des individus qui leur étaient associés. De même, les sources de granites identifiées ne permettent pas de reconnaître un accès préférentiel pour les individus de l'élite, mais plutôt un choix pragmatique envers les ressources les plus près.

5.3 Provenance des matériaux d'Ucanal

Enfin, la provenance des *manos* et des *metates* faits de granite a été étudié en fonction de leur périodisation (fig. 33). Au cours du Classique Terminal, la majorité des objets en granites proviennent des sources du MPR, en plus de présenter des spécimens issus de HBR et de CCB. À ce propos, Rathje (1971, 1972 et Rathje et al. 1978, cité par Drennan 1984, 28) affirme que le développement de la civilisation maya durant la période Classique serait entre autres provoqué par leur besoin de se procurer des matières premières à l'extérieur de leur zone d'occupation. L'absence de certaines ressources entrainerait ainsi la nécessité de s'organiser dans le but d'acquérir des biens, qu'ils soient utilitaires, rituels ou reliés au statut social des individus. En ce sens, il est possible de supposer qu'au cours de leur apogée, les habitants d'Ucanal ont eu accès à des matériaux provenant de gisements de plus en plus lointains géographiquement. Le nouveau rôle de ce site vers la fin de la période Classique pourrait ainsi expliquer l'éloignement progressif des sources de granites exploitées. De plus, l'emplacement du site d'Ucanal en amont de la rivière Mopan lui procure une position préférentielle par rapport aux schèmes d'acquisition de matières premières en provenance des Montagnes Mayas. Il en est de même pour les sources de la vallée du Belize et des hautes-terres du Guatemala, tel qu'il est possible d'observer par l'augmentation de roches ignées extrusives au cours du Classique Terminal (fig. 32). L'aube du Postclassique marque le nouveau statut d'Ucanal au sein des marchés et de l'accès aux réseaux d'échanges suivant le développement politique de ce centre.

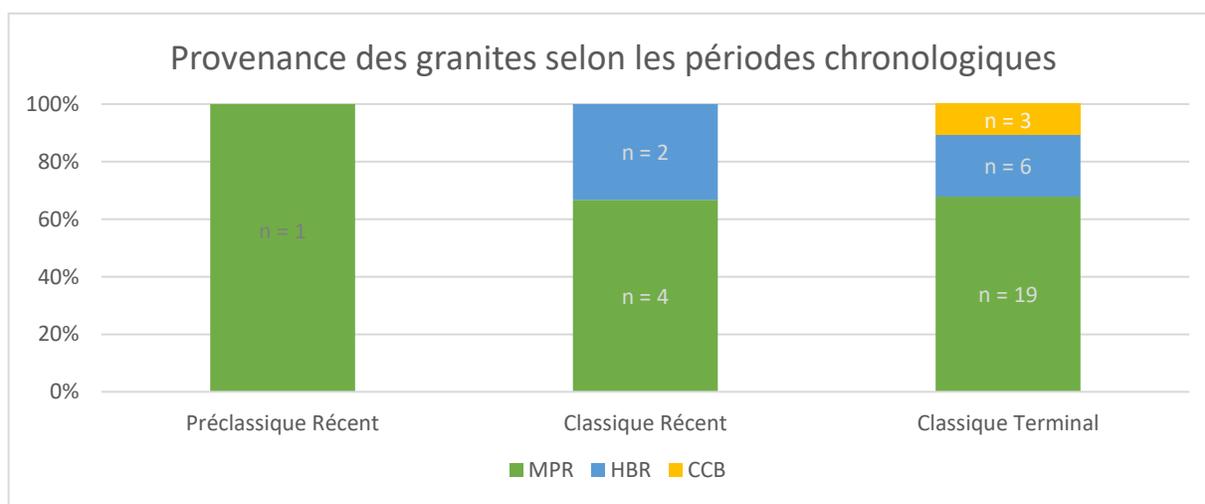


Figure 32. Chronologies des *manos* et des *metates* de granites retrouvés au site d'Ucanal (en %, n = 35)

Il est à noter cependant que les fouilles du PAU s'orientaient autour de l'émergence d'Ucanal vers la fin de la période Classique, ce qui explique l'absence et/ou le nombre restreint d'échantillons au cours des périodes précédentes.

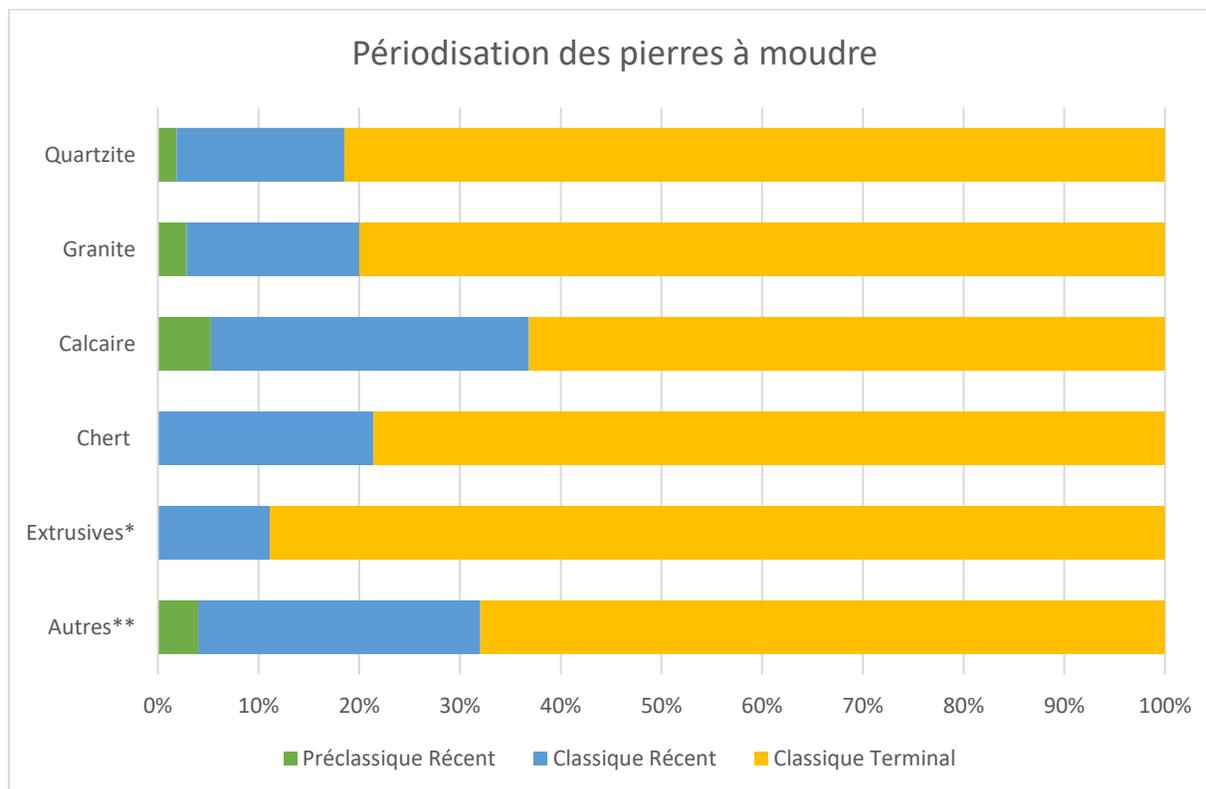


Figure 33. Période chronologique des pierres à moudre d'Ucanal en fonction de tous les matériaux (en %, n = 156)

* Correspondent aux roches ignées extrusives (volcaniques) soit, la pierre ponce, le basalte, la dacite, la téphrite, le porphyre et le trachyte

** Correspondent à l'arkose, la diorite, le granodiorite, le gneiss, le travertin, le schiste, l'ardoise, le siltstone, la serpentinite, le quartz, et la brèche

Puis, nous avons observé la distribution des matériaux composant nos pierres à moudre (n=156) en fonction de leur contexte chronologique (fig. 33). Ces composantes permettent d'examiner des pourcentages plus importants de calcaire et de pierres diverses au cours du Classique Récent. Autrement dit, il est possible de reconnaître l'acquisition de plus de matériaux d'origine locale

avant l'apogée du site d'Ucanal. Néanmoins, l'absence de fouilles approfondies des contextes associés à la période Préclassique ne nous permet pas d'affirmer l'exclusivité des granites et des basaltes au Classique Récent et Terminal, ou suivant la montée de l'influence politique et économique d'Ucanal.

En outre, nous pouvons conclure que les Mayas d'Ucanal ne se tournaient pas nécessairement vers les ressources d'origine locale, mais que cette communauté s'engageait dans des réseaux d'échanges inter- ou intrarégionaux afin de se procurer des outils composés de granite (Tibbits 2016, 99). En ce sens, les populations précolombiennes peuvent avoir parcouru de longues distances pour l'acquisition de matières premières. Delu (2007, 92) affirme notamment que les habitants de Caye Coco, situé près de la frontière au nord du Belize, s'approvisionnaient aux sources de granites et de quartzites depuis les Montagnes Mayas, à plus de 250 km de distance. Dans une autre perspective, Graham (1987, 761) suggère que l'accès différentiel aux ressources ne constitue pas l'unique raison pouvant expliquer les échanges dans les basses-terres. Les populations peuvent effectivement s'être engagées dans des réseaux d'échanges afin de se procurer des objets en lien avec leur statut social, des fonctions rituelles ou pour acquérir des biens de production spécialisée. En outre, la présence de marchés pourrait expliquer l'acquisition de biens de longues distances à travers les différents contextes hiérarchiques du site d'Ucanal au cours de la période Classique.

Conclusion

En définitive, l'analyse typologique de la collection archéologique du site d'Ucanal a permis de révéler que la grande majorité des outils en pierre bouchardée correspond à des *manos* et des *metates*. Ces outils étaient probablement utilisés pour préparer les grains et la farine de maïs ainsi que broyer d'autres denrées alimentaires. Les formes les plus communes reconnues parmi la collection du PAU consistent d'ailleurs aux *metates* creusés et concaves, typiques de la région des basses-terres mayas du sud. Par contre, notre échantillon de *metate* en « bassin » fait de calcaire s'apparente davantage au type d'outil typique des basses terres du nord, alors que les pieds de *metates* correspondent à une préférence stylistique des hautes terres du Guatemala. De même, la présence de roches ignées extrusives, comme le basalte, au sein de notre collection témoigne de l'acquisition préférentiel des anciens Mayas pour un certain type de pierre à travers des réseaux d'échanges de longue distance (> 100 km). Leur présence accrue au cours de la période Classique Terminal suggère d'ailleurs l'accroissement et le maintien du site d'Ucanal suivant le déclin des cités avoisinantes. Leur emplacement géographique particulier aura ainsi permis à ses habitants de favoriser d'une voie navigable vers les gîtes de matières premières et de participer activement au développement économique d'Ucanal.

Enfin, ce travail de recherche aborde plusieurs aspects quant à l'acquisition des matières premières entrant dans la fabrication des pierres à moulin. L'analyse de la collection du PAU révèle notamment que la majorité de ces outils sont faits de granites et de quartzites. La composition chimique des granites a ainsi été étudiée afin d'identifier leur provenance géologique. En ce sens, nous avons testé la fiabilité de l'analyse spectrométrique par fluorescence de rayons X à l'aide d'un appareil portable. Les données obtenues à la suite de ces examens semblent soutenir l'identification des granites du site d'Ucanal en provenance de trois sources des Montagnes Mayas, à la frontière du Guatemala et du Belize. Ces résultats découlent des travaux effectués par Tibbits (2016) sur les différents gîtes de matières lithiques à travers le Belize. En ce sens, nos conclusions s'appuient sur les prélèvements géologiques effectués par cette dernière en l'absence d'autres données de référence en archéologie mésoaméricaine.

Dans une autre mesure, la provenance des quartzites n'a pu être déterminée compte tenu de l'absence de références sur le sujet. La signature élémentaire de ce matériau à toutefois permis

de mettre à jour quatre regroupements possibles en fonction des éléments traces retenus pour notre analyse. Une approche complémentaire est néanmoins à envisager dans le but de confirmer l'exactitude de nos données. Ainsi, nous proposons que le large échantillon de quartzite identifié au cours de cette étude provienne de la même région géographique que les granites, soit le Mountain Pine Ridge. Néanmoins, le manque de connaissances sur ce type de formation rocheuse et sur la composition chimique des quartzites à travers les basses-terres mayas ne permettent pas de le confirmer. En outre, nous espérons que des travaux futurs à l'aide de méthode plus précise, comme les instruments de *XRF* ou de *INAA*, permettent d'appuyer notre approche analytique ainsi qu'enrichir nos connaissances quant à l'utilisation du *pXRF* dans les études sur la provenance.

Finalement, l'analyse de ces pierres à moudre a permis de révéler la grande variabilité de matériaux ou de gisements de matière premières exploités au site d'Ucanal. Dans cette perspective, il est possible que l'abondance de sources témoigne de la faculté de ses habitants d'acquérir des *manos* et des *metates* sans regard à leur statut social. Cette distribution homogène des ressources peut également résulter du nouveau rôle du site d'Ucanal durant le Classique Terminal qui pourrait avoir amené ce centre à s'approvisionner au sein de réseaux d'échanges de longue distance ainsi qu'à intégrer un système de marchés. Cet accès aux sources de matières premières aurait alors permis aux résidences de statut moyen et bas d'obtenir des matières premières d'origine lointaine indépendamment de leur rang social. La distribution de ces *manos* et *metates* de granites au sein de notre collection témoigne d'ailleurs de la participation des structures de rang 2 et 3 au commerce avec les sources de MPR, HBR et CCB, au Belize, ou du moins de leur accès à de telles ressources.

En somme, les pierres à moudre du site d'Ucanal permettent de révéler l'émergence de ce nouveau centre de pouvoir au cours de la période Classique Terminal. En effet, alors que plusieurs grands centres urbains marquent leur déclin, le site d'Ucanal participe à de vastes réseaux d'échanges avec la région des Montagnes Mayas (granites) et les hautes-terres mayas (basaltes vésiculaires). D'éventuelles recherches sur les réseaux d'échanges, la place des marchés ainsi que sur la provenance des sources de matières premières à travers les basses-terres est susceptible de nous en apprendre davantage le développement et l'histoire du site d'Ucanal.

Bibliographie

- Abramiuk, Marc A., et William P. Meurer. 2006. « A Preliminary Geoarchaeological Investigation of Ground Stone Tools in and around the Maya Mountains, Toledo District, Belize ». *Latin American Antiquity* 17 (3): 335-54.
- Ackerson, Michael R., Nicholas D. Tailby, et E. Bruce Watson. 2015. « Trace Elements in Quartz Shed Light on Sediment Provenance: Sediment Provenance Via Quartz Chemistry ». *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 16 (6): 1894-1904.
- Adams, Jenny L. 1988. « Use-Wear Analyses on Manos and Hide-Processing Stones ». *Journal of Field Archaeology* 15 (3): 307-15.
1993. « Toward Understanding the Technological Development of Manos and Metates ». *Kiva* 58 (3): 331-44.
1999. « Refocusing the Role of Food-Grinding Tools as Correlates for Subsistence Strategies in the U.S. Southwest ». *American Antiquity* 64 (3): 475-98.
2013. *Ground Stone Analysis: A Technological Approach*. Second edition. Salt Lake City: The University of Utah Press: Tucson, Ariz.
2014. « Ground Stone Use-Wear Analysis: A Review of Terminology and Experimental Methods ». *Journal of Archaeological Science* 48 (août): 129-38.
- Ardren, Traci. 2008. « Studies of Gender in the Prehispanic Americas ». *Journal of Archaeological Research* 16 (1): 1-35.
- Bateson, J. Howard. 1972. « New interpretation of geology of Maya Mountains, British Honduras ». *AAPG Bulletin* 56 (5): 956-63.
- Bateson, J. Howard, et Ian Hamilton Shepherd Hall. 1977. *The geology of the Maya mountains, Belize*. Vol. 3. Natural Environment Research Council. London: HM Stationery Office.
- Biskowski, Martin. 2008. « Maize-grinding tools in prehispanic central Mexico ». Dans *New approaches to old stones: Recent studies of ground stone artifacts*, édité par Y. M. Rowan et J. R. Ebeling. London: Routledge. 144-58.
- Blomme, Annelore, Patrick Degryse, Philip Van Peer, et Jan Elsen. 2012. « The characterization of sedimentary quartzite artefacts from Mesolithic sites, Belgium ». *Geologica Belgica* 15 (3): 193-99.

- Bonewitz, Ronald Louis. 2012. *Rocks and Minerals*. Nature Guide. London; New York: Dorling Kindersley.
- Borrero, Mario Ricardo. 2014. *Domestic obsidian production and consumption at the Middle Preclassic site of La Blanca, San Marcos, Guatemala*. Northridge: California State University, Northridge.
- Bostwick, Todd W., et James H. Burton. 1993. « A Study in Sourcing Hohokam Basalt Ground Stone Implements ». *Kiva* 58 (3): 357-72.
- Bourque, Pierre-André. 1997. « Planète Terre ». 2004 – 1997. Consulté en ligne : http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html.
- Braswell, Geoffrey E., John E. Clark, Kazuo Aoyama, Heather I. McKillop, et Michael D. Glascock. 2000. « Determining the Geological Provenance of Obsidian Artifacts from the Maya Region: A Test of the Efficacy of Visual Sourcing ». *Latin American Antiquity* 11 (3): 269-82.
- Brennan, Michael L., Eleanor M. King, Leslie C. Shaw, Stanley L. Walling, et Fred Valdez. 2013. « Preliminary Geochemical Assessment of Limestone Resources and Stone Use at Maya Sites in the Three Rivers Region, Belize ». *Journal of Archaeological Science* 40 (8): 3178-92.
- Cecil, Leslie G., Matthew D. Moriarty, Robert J. Speakman, et Michael D. Glascock. 2007. « Feasibility of fieldportable XRF to identify obsidian sources in central Peten, Guatemala ». *Archaeological Chemistry: Analytical Methods Archaeological Interpretation* 968: 506-21.
- Church, Tim. 1996. « Lithic Resources of the Bearlodge Mountains, Wyoming: Description, Distribution, and Implications ». *Plains Anthropologist* 41 (156): 135-64.
- Clark, John E. 1988. *The lithic artifacts of La Libertad, Chiapas, Mexico: an economic perspective*. New World Archaeological Foundation 52. Provo: Brigham Young University.
2012. « The Domestication of Stone in Mesoamerica ». Dans *The Oxford Handbook of Mesoamerican Archaeology*, édité par Deborah L. Nichols et Christopher A. Pool. New Hampshire: Deborah L. Nichols. 8.
- Clemons, Russell E, et Leon E Long. 1971. « Petrologic and Rb-Sr Isotopic Study of the Chiquimula Pluton, Southeastern Guatemala ». *GSA Bulletin* 82 (10): 2729-40.

- Corzo, Lilian A, Marco Tulio Alvarado, et Juan Pedro Laporte. 1997. « Ucanal: Un sitio asociado a la cuenca media del Río Mopan ». Dans, *Museo Nacional de Arqueología y Etnología*. Guatemala: J.P. Laporte et H. Escobedo. 209-35.
- Costin, Cathy Lynne. 1991. « Craft Specialization: Issues in Defining, Documenting, and Explaining the Organization of Production ». *Archaeological Method and Theory* 3: 1-56.
- Cowgill, Ursula M. 1962. « An Agricultural Study of the Southern Maya Lowlands ». *American Anthropologist* 64 (2): 273-86.
- Crown, Patricia L. 2000. *Women & men in the prehispanic Southwest: labor, power & prestige*. Santa Fe: School of American Research Press.
- Delu, Antonina M. 2003. « The Ground Stone Tools of Caye Coco, Belize ». *Institute For Mesoamerican Studies* 12. Albany: University at Albany.
- Demarest, Arthur. 2004. *Ancient Maya: The Rise and Fall of a Rainforest Civilization*. Vol. 3. Cambridge: Cambridge University Press.
- Diehl, Michael W. 1993. « Mogollon Manos, Metates and Agricultural Dependence: Pithouse Villages, A.D. 200--1000 ». *SFI Working Paper*, Santa Fe Institute, no 93-06-034: 18.
1996. « The intensity of maize processing and production in upland Mogollon pithouse villages AD 200–1000 ». *American Antiquity* 61 (1): 102-15.
- Dixon, Cyril George. 1956. *Geology of Southern British Honduras: With Notes on Adjacent Areas*. Belmopan: Belize Government Printer.
- Drennan, Robert D. 1984. « Long-distance movement of goods in the Mesoamerican Formative and Classic ». *American Antiquity* 49 (1): 27-43.
- Dubreuil, Laure, et Daniel Savage. 2014. « Ground stones: a synthesis of the use-wear approach ». *Journal of Archaeological Science* 48: 139-53.
- Duffy, Lisa Glynn. 2011. *Maize And Stone A Functional Analysis Of The Manos And Metates Of Santa Rita Corozal, Belize*. (Mémoire de maîtrise) Département d'anthropologie. University of Central Florida Orlando.
- Dussubieux, Laure, Mark Golitko, Patrick Ryan Williams, et Robert J Speakman. 2007. « Laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry analysis applied to the characterization of Peruvian Wari ceramics ». Dans *Archeaological Chemistry: Analytical techniques and archeaological interpretation*, Oxford University Press.

- ACS symposium series 968. Washington: Micheal D. Galscock, Robert J. Speakman, Rachel S. Popelka-Filcoff. 349-63
- Eberl, Markus. 2007. *Community heterogeneity and integration: The Maya sites of Nacimiento, Dos Ceibas, and Cerro de Cheyo (El Peten, Guatemala) during the Late Classic*. (Thèse de doctorat). Département d'anthropologie. Tulane University.
- Fertelmes, Craig M. 2014. *Vesicular Basalt Provisioning Practices Among the Prehistoric Hohokam of the Salt-Gila Basin, Southern Arizona*. (Thèse de doctorat). Département d'anthropologie. Arizona State University.
- Glascock, Michael, Robert J. Speakman, Rachel S. Popelka-Filcoff. 2007. « Archaeological Chemistry: Analytical Techniques and Archaeological Interpretation ». *ACS Symposium Series 968*. Washington, DC: American Chemical Society. Oxford University Press.
- Gonzalez, Gabriela P. 2014. *Understanding the maize grinding technology at Cerro Juanaqueña, Chihuahua, Mexico*. (Mémoire de maîtrise). Département d'anthropologie. The University of Texas at San Antonio.
- Graham, Elizabeth. 1987. « Resource diversity in Belize and its implications for models of lowland trade ». *American Antiquity* 52 (4): 753-67.
- Halperin, Christina, et José Luis Garrido. 2014. *Proyecto Arqueológico Ucanal: Informe Final, Primera Temporada de Campo*. Report submitted to the Instituto de Antropología e Historia (IDAEH). Guatemala City: Ministerio de Cultura y Deportes, Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural.
2016. *Proyecto Arqueológico Ucanal: 2da Temporada de Campo Año 2016*. Dirección General Del Patrimonio Cultural Y Natural. Guatemala City: Ministerio de Cultura y Deportes, Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural.
- 2018a. *Proyecto Arqueológico Ucanal: 3ra Temporada De Campo Año 2017*. Dirección General Del Patrimonio Cultural Y Natural. Guatemala City: Ministerio de Cultura y Deportes, Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural.
- 2018b. *Proyecto Arqueológico Ucanal, Cuarta Temporada de Campo, Año 2018*. Dirección General Del Patrimonio Cultural Y Natural. Nueva Guatemala De La Asunción.
- 2019 (sous presse). « Architectural aesthetics, orientations, and reuse at the Terminal Classic Maya site of Ucanal, Peten, Guatemala ». *Journal of Field Archaeology*, 1-42.

- Halperin, Christina, et Jean-Baptiste LeMoine. 2018. « Análisis Volumétrico de Grupos Arquitectónicos a Ucanal ». Dans *Proyecto Arqueológico Ucanal, Cuarta Temporada de Campo, Año 2018*. Dirección General Del Patrimonio Cultural Y Natural. Nueva Guatemala De La Asunción: Christina Halperin, José Luis Garrido.
- Hayden, Brian. 1987. « Traditional metate manufacturing in Guatemala using chipped stone tools ». Dans *Lithic studies among the contemporary highland Maya*. Michigan. University of Arizona Press. 8–119.
- Hendon, Julia A. 1997. « Women's work, women's space, and women's status among the Classic-period Maya elite of the Copan Valley, Honduras ». Dans *Women in Prehistory: North America Mesoamerica*, édité par Cheryl Claassen et Rosemary A. Joyce. Pennsylvania: University of Pennsylvania Press. 33-46
- Hester, Thomas R., et Norman Hammond. 1976. *Maya lithic studies: papers from the 1976 Belize field symposium*. Center for Archaeological Research 4. San Antonio: The University of Texas at San Antonio.
- Hirth, Kenneth G. 1998. « The Distributional Approach: A New Way to Identify Marketplace Exchange in the Archaeological Record ». *Current Anthropology* 39 (4): 451-76. <https://doi.org/10.1086/204759>.
- Hodell, David A., Rhonda L. Quinn, Mark Brenner et George Kamenov. 2004. « Spatial variation of strontium isotopes (87Sr/86Sr) in the Mayaregion: a tool for tracking ancient human migration ». *Journal of Archaeological Science* 31 : 585–601
- Horowitz, Rachel A. 2018. « Uneven lithic landscapes: Raw material procurement and economic organization among the Late/Terminal Classic Maya in Western Belize ». *Journal of Archaeological Science: Reports* 19: 949-57.
- Horsfall, Gayel A. 1983. *A design theory perspective on variability in grinding stones*. (Mémoire de maîtrise). Département d'archéologie. Simon Fraser University.
- Hruby, Zachary X., Geoffrey E. Braswell, et Oswaldo Chinchilla Mazariegos. 2014. *The Technology of Maya Civilization: Political Economy and Beyond in Lithic Studies*. Approaches to Anthropological Archaeology. New York: Routledge.
- Inomata, Takeshi. 2014. « Grinding stones and related artifacts ». Dans *Life and politics at the royal court of Aguateca*, édité par Takeshi Inomata et Daniela Triadan, Monographs of the Aguateca Archaeological Project First Phase. Salt Lake City: University of Utah. 54-83.

- Inomata, Takeshi, et Laura R. Stiver. 1998. « Floor assemblages from burned structures at Aguateca, Guatemala: A study of Classic Maya households ». *Journal of Field Archaeology* 25 (4): 431-52.
- Jones, Ursula. 1992. *Decorated Metates in Prehispanic Lower Central America*. (Thèse de doctorat). Département d'archéologie. London: University College.
- Liritzis, Ioannis, et Nikolaos Zacharias. 2011. « Portable XRF of Archaeological Artifacts: Current Research, Potentials and Limitations ». Dans *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*, édité par M. Steven Shackley. New York, NY: Springer New York. 109-42.
- Lucero, Lisa J. 1999. « Water Control and Maya Politics in the Southern Maya Lowlands ». *Archeological Papers of the American Anthropological Association* 9 (1): 35-49.
- Masson, Marilyn A, David A Freidel, et K Hirth. 2013. « Wide open spaces: a long view of the importance of Maya market exchange ». Dans *Merchants, markets, and exchange in the pre-Columbian world*, Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Dumbarton Oaks Pre-Columbian Symposia and Colloquia 31. Washington. 201-28.
- Mayer, Karl-Herbert. 2006. « An Unpublished Maya Stela from Ucanal, Peten, Guatemala ». *Mexicon XXVIII* (1): 4-5.
- Meierhoff, James, Mark Golitko, et Jim Morris. 2010. « Sourcing of obsidian from the ancient Maya farming community of Chan, Belize using portable-XRF ». *Vibrational Spectroscopy* 43 (2): 420-26.
- Moholy-Nagy, Hattula. 2003. « Ground, Pecked and Polished Stone Artefacts and Unworked Stone and Minerals ». *The Artifacts of Tikal--Utilitarian Artifacts and Unworked Material: Tikal Report 27B*. UPenn Museum of Archaeology.
- Moholy-Nagy, Hattula, et Fred W. Nelson. 1990. « New data on sources of obsidian artifacts from Tikal, Guatemala ». *Ancient Mesoamerica* 1 (1): 71-80.
- Morley, Sylvanus Griswold. 1938. « The Mopan Valley: Ucanal ». Dans *The inscriptions of Peten*, II. Washington: Carnegie Institution of Washington. 186-204.
- Nazaroff, Adam J., Keith M. Prufer, et Brandon L. Drake. 2010. « Assessing the Applicability of Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry for Obsidian Provenance Research in the Maya Lowlands ». *Journal of Archaeological Science* 37 (4): 885-95. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.11.019>.

- Nelson, Margaret C., et Heidi Lippmeier. 1993. « Grinding-tool design as conditioned by land-use pattern ». *American Antiquity* 58 (2): 286-305.
- Odell, George H. 2001. « Stone tool research at the end of the millennium: classification, function, and behavior ». *Journal of Archaeological Research* 9 (1): 45-100.
- Pendergast, David M. 1993. « The center and the edge: Archaeology in Belize, 1809–1992 ». *Journal of World Prehistory* 7 (1): 1-33.
- Piercey, Stephen J., et Mary C. Devine. 2014. « Analysis of powdered reference materials and known samples with a benchtop, field portable X-ray fluorescence (pXRF) spectrometer: evaluation of performance and potential applications for exploration litho geochemistry ». *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 14 (2): 139-48.
- Pitblado, Bonnie L., Carol Dehler, Hector Neff, et Stephen T. Nelson. 2008. « Pilot Study Experiments Sourcing Quartzite, Gunnison Basin, Colorado ». *Geoarchaeology* 23 (6): 742-78.
- Rathje, William L. 1972. « Praise the gods and pass the metates: A hypothesis of the development of lowland rainforest civilizations in Mesoamerica ». Dans *Contemporary Archaeology: A Guide to Theory Contributions*, édité par Mark P. Leone. Carbondale, Edwardsville: Southern Illinois University Press. 365-92.
- Ratschbacher, Lothar, Leander Franz, Myo Min, Raik Bachmann, Uwe Martens, Klaus Stanek, Konstanze Stübner, et al. 2009. « The North American-Caribbean Plate Boundary in Mexico-Guatemala-Honduras ». *Geological Society*, London, Special Publications 328 (1): 219-93. <https://doi.org/10.1144/SP328.11>.
- Rice, Prudence M. 2004. « New Terminal Classic May Realms ». Dans *Maya Political Science: Time, Astronomy, and the Cosmos*. Austin: University of Texas Press. 204-42.
- Sapper, Karl. 1935. *Geomorphologie der feuchten Tropen*. BG Teubner.
- Schlanger, Sarah H. 1991. « On manos, metates, and the history of site occupations ». *American Antiquity* 56 (3): 460-74.
- Searcy, Michael T. 2011. *The life-giving stone: Ethnoarchaeology of Maya metates*. Tucson: University of Arizona Press.
- Shackley, Michael. 2011. *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*. New York: Springer-Verlag New York.

- Sharer, Robert J., et Loa P. Traxler. 2006. *The Ancient Maya*. 6e éd. Stanford: Stanford University Press.
- Shipley III, Webster E., et Elizabeth Graham. 1987. « Petrographic analysis and preliminary source identification of selected stone artifacts from the Maya sites of Seibal and Uaxactun, Guatemala ». *Journal of archaeological science* 14 (4): 367-83.
- Sidrys, Raymond V., et John Andresen. 1976. « Metate Import in Northern Belize ». *Dans Maya Lithic Studies: Papers From The 1976 Belize Field Symposium*, édité par Thomas R. Hester et Norman Hammond. Center for Archaeological Research, Special Report. San Antonio: The University of Texas. 4:177-90.
- Smith, Michael E., Adrian L. Burke, Timothy S. Hare, et Michael D. Glascock. 2007. « Sources of imported obsidian at postclassic sites in the Yauhtepec Valley, Morelos: a characterization study using XRF and INAA ». *Latin American Antiquity* 18 (4): 429-50.
- Solari, Luigi A., Arturo Gómez Tuena, Fernando Ortega Gutiérrez, et Carlos Ortega Obregón. 2011. « The Chuacús Metamorphic Complex, central Guatemala: geochronological and geochemical constraints on its Paleozoic-Mesozoic evolution ». *Geologica Acta: an international earth science journal* 9 (3): 329-50.
- Spink, Mary Louise. 1983. *Metates as Socioeconomic Indicators During the Classic Period at Copán, Honduras*. (Thèse de doctorat). Département d'anthropologie. Pennsylvania: The Pennsylvania State University.
- Taube, Karl A., Virginia B. Sisson, Russell Seitz, et George E. Harlow. 2004. « The sourcing of Mesoamerican jade: Expanded geological reconnaissance in the Motagua Region, Guatemala ». *Olmec Art and Dumbarton Oaks. Pre-Columbian Art at Dumbarton Oaks, Dumbarton Oaks* 2: 203-28.
- Tibbits, Tawny Lynn Bailey. 2016. *Geochemical sourcing of granite ground stone tools from Belize*. (Thèse de doctorat). Département de géoscience. Iowa City: The University of Iowa.
- Tourtellot, Gair, et Jeremy A. Sabloff. 1972. « Exchange Systems among the Ancient Maya ». *American Antiquity* 37 (1): 126-35.
- VanPool, Todd L., et Robert D. Leonard. 2002. « Specialized ground stone production in the Casas Grandes region of northern Chihuahua, Mexico ». *American Antiquity* 67 (4): 710-30.

- Ward, Drew T. 2013. *Investigations of a Ground Stone Tool Workshop at Pacbitun, Belize*. (Mémoire de maîtrise). Département d'anthropologie. Atlanta: Georgia State University.
- Weber, Bodo, Erik E. Scherer, Uwe K. Martens, et Klaus Mezger. 2012. « Where did the lower Paleozoic rocks of Yucatan come from? AU–Pb, Lu–Hf, and Sm–Nd isotope study ». *Chemical Geology* 312: 1-17.
- Willey, Gordon Randolph. 1972. *The artifacts of Altar de Sacrificios*. Vol. 64. Cambridge: Peabody Museum of Archaeology &.
- Willey, Gordon Randolph, William R Bullard, John B Glass, James C Gifford, et Orville Elliot. 1965. *Prehistoric Maya settlements in the Belize valley*. Vol. 54. Cambridge: Peabody Museum.

Annexe

Tableau VIII. Moyenne et coefficient de variation (RSD) de l'échantillon de contrôle (en ppm; n = 8)

Contrôle	Si	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
Check 1	122216,50	26417,75	2552,75	2578,25	51,25	76,50	25364,25	14,25	26,25
Check 2	102059,67	24336,33	2629,67	2031,33	54,00	69,00	24664,67	14,33	23,67
Check 3	113523,25	23877,50	2389,00	1668,75	53,25	63,25	24002,00	13,50	24,50
Check 4	127351,75	25697,50	2714,50	2273,50	56,25	73,25	25391,25	14,25	27,50
Check 5	67548,75	22526,75	2819,75	1612,25	54,00	70,00	24725,00	13,00	18,00
Check 6	124876,75	25139,50	2652,75	2288,00	52,50	72,75	24817,50	13,75	26,00
Check 7	89174,50	24338,25	3008,75	2254,50	52,50	74,25	24769,75	14,00	24,00
Check 8	121134,50	24665,75	2912,25	1934,00	50,75	67,00	24290,25	13,25	28,25
Moyenne	108486	24625	2710	2080	53	71	24753	14	25
Écart Type	21005	1181	200	332	2	4	474	1	3
RSD	19	5	7	16	3	6	2	4	13

Contrôle	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Mo	Ba	Pb	Th	U
Check 1	28,75	224,25	34,50	23,75	168,75	0,00	769,75	4,00	17,25	0,00
Check 2	27,67	226,67	33,67	21,00	155,67	5,33	691,33	9,00	16,67	7,67
Check 3	27,50	217,25	32,50	22,75	149,25	2,00	756,75	0,00	16,25	5,50
Check 4	30,50	225,25	34,00	24,00	157,00	3,25	769,25	4,50	17,25	0,00
Check 5	26,50	230,00	31,50	21,50	153,25	2,00	679,75	0,00	16,00	3,25
Check 6	30,50	217,75	32,50	23,00	156,75	5,75	742,75	3,75	16,25	3,25
Check 7	28,25	226,50	32,00	22,75	157,75	2,25	681,25	4,50	15,75	0,00
Check 8	26,50	216,25	33,00	22,00	150,75	2,75	753,00	0,00	16,50	5,00
Moyenne	28	223	33	23	156	3	730	3	16	3
Écart Type	2	5	1	1	6	2	40	3	1	3
RSD	6	2	3	5	4	64	5	97	3	94

Tableau IX. Résultats de l'analyse géochimique par *pXRF* des outils en granite d'Ucanal et des échantillons géologiques de Tibbits (2016) : concentration Rb, Sr et Y, et ratios Rb/Sr et Sr/Y (en ppm; n = 46)

Échantillon	Rb/Sr	Sr/Y	Rb	Sr	Y	Provenance
PM003	5,18	0,74	245,83	47,50	64,33	HBR
PM014	11,59	0,49	179,67	15,50	31,67	MPR
PM016	19,74	0,68	375,00	19,00	28,00	MPR
PM021	14,68	0,39	247,17	16,83	42,67	MPR
PM034	4,94	1,39	85,67	17,33	12,50	HBR
PM043	5,80	1,21	291,17	50,17	41,33	HBR
PM045	7,88	0,93	278,33	35,33	38,17	MPR
PM058	10,05	1,02	157,50	15,67	15,33	MPR
PM061	10,47	0,76	331,67	31,67	41,67	MPR
PM062	15,17	1,03	192,17	12,67	12,33	MPR
PM064	16,86	0,86	267,00	15,83	18,33	MPR
PM067	17,04	0,47	198,83	11,67	24,67	MPR
PM070	8,56	0,67	211,17	24,67	36,83	MPR
PM071	1,17	12,41	152,50	130,33	10,50	CCB
PM075	11,92	0,58	143,00	12,00	20,83	MPR
PM076	1,28	9,50	312,33	243,83	25,67	CCB
PM077	16,00	1,25	370,67	23,17	18,50	MPR
PM086	14,69	1,22	235,00	16,00	13,17	MPR
PM087	11,00	1,84	496,67	45,17	24,50	MPR
PM088	9,60	1,25	145,67	15,17	12,17	MPR
PM090	9,24	0,90	329,67	35,67	39,50	MPR
PM102	15,54	0,76	328,83	21,17	27,83	MPR
PM104	4,93	2,85	79,67	16,17	5,67	HBR
PM105	13,50	0,65	425,33	31,50	48,67	MPR
PM115	6,78	1,27	274,67	40,50	32,00	MPR
PM118	17,36	1,26	295,17	17,00	13,50	MPR
PM119	10,44	0,76	391,33	37,50	49,67	MPR
PM129	10,12	1,04	180,50	17,83	17,17	MPR
PM130	4,70	2,77	158,17	33,67	12,17	HBR
PM136	1,56	7,04	95,00	61,00	8,67	CCB
PM137	6,73	0,95	225,50	33,50	35,17	MPR
PM138	15,28	1,09	221,50	14,50	13,33	MPR
PM146	1,89	4,18	50,00	26,50	6,33	HBR
PM149	3,23	2,62	100,00	31,00	11,83	HBR
PM154	4,82	2,79	175,17	36,33	13,00	HBR
PM156	7,08	0,34	408,50	57,67	171,17	MPR
Tibbits_CCB_Aug	1,01	5,68	194,17	192,33	33,83	CCB
Tibbits_CCB_L006	0,48	14,24	119,50	251,50	17,67	CCB
Tibbits_CCB_L009	0,77	12,83	98,50	128,33	10,00	CCB
Tibbits_HB_5-31	2,44	5,48	224,83	92,17	16,83	HBR
Tibbits_HBR_AV	5,11	3,39	297,00	58,17	17,17	HBR
Tibbits_HBR_Q2	2,25	5,18	180,67	80,33	15,50	HBR
Tibbits_MPR_13	14,34	0,74	475,50	33,17	44,83	MPR
Tibbits_MPR_BP	12,17	0,56	253,50	20,83	37,00	MPR
Tibbits_MPR_Falls	8,14	1,20	187,20	23,00	19,20	MPR
Tibbits_MPR_PS	15,24	1,00	315,00	20,67	20,67	MPR

Tableau X. Résultats de l'analyse $pXRF$: concentration des éléments pour les objets en granite d'Ucanal (en ppm; n = 36)

Échantillons	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
PM003	4517,40	11482,40	66771,60	101,20	707,60	11362,60	14468,60	237,00	8,80	0,00	129,00	6370,40	1,20
PM014	5925,83	280,50	25454,17	0,00	700,50	3432,67	6047,00	73,00	5,00	4,83	45,83	1895,17	0,00
PM016	4563,50	13891,67	92975,00	110,67	834,83	16822,50	10253,00	157,50	10,67	34,33	127,50	4085,83	0,00
PM021	4614,50	6510,00	88206,83	38,67	690,17	5899,67	16970,00	430,33	8,00	3,50	123,50	5764,33	0,00
PM032	5501,17	8607,83	76834,00	0,00	976,67	9923,00	8377,00	212,83	0,00	2,33	103,83	4948,67	0,33
PM034	5892,67	2244,50	103973,17	272,00	759,33	909,83	25590,00	222,50	18,67	3,33	112,50	11616,00	4,50
PM043	5011,67	6483,33	55965,00	0,00	657,83	7900,33	11491,50	270,00	31,67	8,83	85,83	8496,67	2,17
PM045	4898,50	8551,17	76641,00	0,00	1016,17	10519,17	13775,67	270,50	0,00	19,00	211,17	4551,00	0,50
PM058	5463,50	5604,50	74203,17	0,00	719,67	3785,00	11735,33	259,00	9,17	8,83	138,33	9382,83	1,17
PM061	4241,00	12827,83	91625,83	0,00	889,00	12322,67	7983,83	434,00	4,83	29,00	166,33	10818,67	3,17
PM062	5061,00	6458,17	130091,17	242,50	1005,17	4535,83	7495,33	313,17	14,17	9,83	136,50	5207,83	0,00
PM064	5343,17	11270,00	108720,33	241,33	820,50	8226,50	9301,83	486,67	18,67	3,00	158,00	5875,00	0,50
PM067	4067,17	6832,33	130655,00	0,00	979,67	8947,83	6434,17	27,00	33,83	4,83	174,17	1336,17	0,00
PM070	5031,17	5018,50	64556,83	0,00	677,00	6796,50	8425,67	321,00	9,67	9,00	146,00	6483,50	0,83
PM075	4570,33	5147,83	146023,50	448,33	851,00	3928,17	13579,00	300,83	21,67	35,50	82,83	4031,83	0,17
PM077	4763,17	14717,67	121556,67	519,00	720,67	12859,00	30075,67	560,33	3,50	3,83	108,00	5263,33	1,17
PM086	5527,33	948,50	50586,00	0,00	1379,33	1591,17	9699,50	601,67	14,00	0,00	79,00	4416,67	0,50
PM087	3981,83	14141,33	67193,50	19,33	1250,00	13591,50	7517,83	459,67	16,33	12,00	39,83	3902,50	0,50
PM088	5033,17	3674,33	115248,67	112,17	660,33	3161,17	11111,67	215,83	27,50	11,50	93,67	6912,33	2,00
PM090	5533,83	6968,00	73782,50	0,00	528,33	8474,83	14402,17	311,17	20,33	42,67	150,50	8086,33	0,83
PM102	5356,00	7019,33	98331,33	143,50	621,83	6509,17	19576,17	336,33	20,17	4,83	116,33	3942,33	0,33
PM104	4905,33	1660,83	133063,67	119,83	704,17	1318,67	11712,50	101,33	21,17	0,00	84,00	2410,83	0,00
PM105	4593,67	11674,00	76147,33	18,33	593,00	11639,50	16243,00	511,83	11,17	7,00	111,83	5818,50	0,50
PM115	5213,17	6153,00	55389,83	0,00	602,83	7976,00	8209,00	306,17	42,33	10,50	187,33	7158,50	1,67
PM118	5518,00	13250,00	159144,83	543,17	820,83	11122,83	14358,50	224,83	25,50	6,50	116,83	4573,17	0,33
PM119	3808,00	30189,17	125261,50	170,00	757,33	22376,50	12225,83	441,83	0,00	11,50	240,17	9218,33	4,00
PM129	4748,17	5178,50	92702,67	0,00	693,83	3865,50	6709,50	322,33	29,50	11,33	147,00	9828,17	2,33
PM130	4765,00	7810,67	115931,83	53,33	742,17	3901,00	9020,17	246,33	25,17	16,50	58,33	4641,33	0,17
PM136	4887,33	1975,00	101405,17	189,00	689,17	1162,50	14754,17	563,17	16,00	3,17	118,50	3639,33	0,00
PM137	5688,50	763,83	34985,83	0,00	672,50	5044,17	5025,50	268,50	0,00	3,83	112,33	6404,33	1,17
PM149	5677,33	2522,33	67428,33	40,50	662,33	539,67	13061,00	163,00	23,00	22,83	80,00	3823,17	0,00

Tableau X. Résultats de l'analyse *pXRF* : concentration des éléments pour les objets en granite d'Ucanal (en ppm; n = 36; suite)

Échantillons	Ni	Zn	As	Sr	Rb	Y	Zr	Nb	Mo	Ba	Pb	Th	U
PM003	29,00	9,00	7,60	50,00	263,60	37,80	29,40	3,80	2,40	264,60	12,60	18,40	12,00
PM014	76,50	0,00	1,00	15,50	179,67	31,67	0,00	2,83	0,00	234,00	3,50	17,00	11,33
PM016	4,33	4,83	3,83	19,00	375,00	28,00	11,83	4,67	1,00	345,33	14,00	23,00	10,50
PM021	0,00	0,83	0,00	16,83	247,17	42,67	41,50	11,17	3,33	0,00	0,00	14,33	7,50
PM032	0,00	9,50	2,50	12,33	337,67	61,33	4,50	12,00	0,00	0,00	17,00	21,83	13,33
PM034	0,00	6,17	0,00	17,33	85,67	12,50	10,00	1,00	1,00	0,00	0,00	4,83	0,00
PM043	16,17	13,00	0,00	50,17	291,17	41,33	59,33	8,50	2,17	856,33	8,50	20,33	8,33
PM045	7,50	8,17	1,67	35,33	278,33	38,17	19,17	5,17	0,83	101,67	7,17	18,00	12,00
PM058	5,67	24,83	0,00	15,67	157,50	15,33	23,33	4,83	1,00	173,67	0,00	10,00	0,00
PM061	6,33	15,33	0,00	31,67	331,67	41,67	76,50	9,67	4,00	433,00	9,17	21,50	13,00
PM062	0,00	0,00	0,00	12,67	192,17	12,33	21,50	5,67	2,50	0,00	4,67	10,33	0,00
PM064	0,00	6,17	0,00	15,83	267,00	18,33	51,83	8,00	2,17	0,00	0,00	14,83	2,83
PM067	0,00	0,00	0,00	11,67	198,83	24,67	19,83	1,17	1,00	592,67	6,50	11,50	2,33
PM070	10,50	8,83	0,00	24,67	211,17	36,83	75,33	7,50	1,83	1157,50	8,17	16,00	10,33
PM075	0,00	104,33	2,83	12,00	143,00	20,83	41,00	4,00	1,50	374,33	19,67	7,83	0,00
PM077	0,00	40,17	2,33	23,17	370,67	18,50	57,67	7,00	2,50	66,00	11,17	20,17	9,33
PM086	0,00	106,67	0,00	16,00	235,00	13,17	44,17	5,17	1,33	0,00	6,17	11,00	0,00
PM087	0,00	4,17	4,83	45,17	496,67	24,50	35,00	2,67	2,17	0,00	23,33	24,83	2,67
PM088	0,00	142,67	0,00	15,17	145,67	12,17	26,33	2,83	0,00	147,83	4,17	8,33	0,00
PM090	8,17	20,33	3,83	35,67	329,67	39,50	78,83	10,33	5,50	508,17	10,50	21,50	8,17
PM102	0,00	11,33	0,00	21,17	328,83	27,83	74,17	10,83	3,33	0,00	6,00	19,33	8,17
PM104	3,67	0,00	0,00	16,17	79,67	5,67	0,83	0,00	0,00	140,17	0,00	4,33	0,00
PM105	0,00	2,67	0,00	31,50	425,33	48,67	96,50	14,83	4,83	0,00	10,17	25,50	20,00
PM115	22,17	10,83	4,00	40,50	274,67	32,00	67,17	5,83	4,33	537,00	10,50	19,83	8,00
PM118	0,00	2,00	0,67	17,00	295,17	13,50	74,17	1,00	6,50	231,00	8,17	16,17	0,00
PM119	0,00	65,50	7,33	37,50	391,33	49,67	58,50	15,83	4,17	342,83	26,33	23,50	7,33
PM129	5,17	13,00	0,00	17,83	180,50	17,17	37,17	5,83	1,83	0,00	2,33	11,17	3,00
PM130	0,00	2,17	1,33	33,67	158,17	12,17	38,50	1,83	0,00	437,67	9,83	8,83	0,00
PM136	0,00	0,00	0,00	61,00	95,00	8,67	21,50	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00
PM137	70,17	11,00	0,00	33,50	225,50	35,17	44,00	6,50	2,50	695,33	4,50	23,50	8,33
PM149	2,67	0,00	0,00	31,00	100,00	11,83	19,00	0,00	0,00	179,00	0,00	6,17	2,33

Tableau XI. Résultats de l'analyse *pXRF* : concentration des éléments contenus dans les échantillons de quartzite d'Ucanal (en ppm; n = 44)

Échantillon	Sr	Ti	V	V/Sr	Échantillon	Sr	Ti	V	V/Sr
PM001	8,00	26,00	22,33	2,79	PM091	5,67	11,50	8,83	1,56
PM004	8,33	31,00	13,67	1,64	PM092	3,67	34,83	16,17	4,41
PM008	2,88	50,25	3,63	1,26	PM095	0,67	106,83	29,83	44,75
PM009	12,17	35,50	37,17	3,05	PM096	1,33	11,33	22,50	16,88
PM010	5,17	185,17	23,67	4,58	PM097	8,00	10,50	37,17	4,65
PM013	11,00	129,50	17,17	1,56	PM098	11,83	63,33	13,17	1,11
PM015	13,00	6,33	12,50	0,96	PM100	262,33	86,50	39,67	0,15
PM018	8,67	35,00	21,33	2,46	PM101	8,83	89,50	19,17	2,17
PM019	6,67	30,50	22,67	3,40	PM103	3,50	86,33	8,00	2,29
PM022	6,17	23,33	14,33	2,32	PM109	8,50	49,33	9,83	1,16
PM025	5,00	30,17	15,83	3,17	PM111	7,50	63,67	24,00	3,20
PM026	9,33	80,83	13,33	1,43	PM112	27,17	80,50	23,00	0,85
PM027	33,50	204,00	50,67	1,51	PM113	13,50	48,17	15,50	1,15
PM039	17,17	30,83	8,17	0,48	PM114	7,67	75,33	16,33	2,13
PM051	5,67	38,67	5,00	0,88	PM116	6,83	77,00	9,17	1,34
PM054	5,83	28,83	9,83	1,69	PM117	414,17	25,83	18,17	0,04
PM055	6,17	56,83	11,00	1,78	PM121	2,00	24,33	15,17	7,58
PM057	7,17	33,83	5,50	0,77	PM123	57,83	66,50	25,67	0,44
PM063	11,33	72,67	29,50	2,60	PM124	4,50	72,67	23,00	5,11
PM065	10,33	90,33	26,00	2,52	PM127	11,17	63,33	11,50	1,03
PM066	180,33	44,00	41,83	0,23	PM128	0,67	62,17	18,83	28,25
PM072	12,17	67,17	16,33	1,34	PM131	1,17	67,33	43,67	37,43
PM073	0,00	165,33	11,83	0,00	PM133	6,67	26,00	29,33	4,40
PM074	9,33	33,50	20,67	2,21	PM139	17,17	37,50	0,00	0,00
PM078	22,50	105,67	23,17	1,03	PM140	8,33	31,83	4,83	0,58
PM082	16,33	215,83	13,50	0,83	PM144	1,33	25,33	14,83	11,13
PM089	5,83	86,83	11,67	2,00	PM155	2,00	33,50	16,67	8,33

Tableau XII. Résultats de l'analyse *pXRF* : concentration des éléments contenus dans les échantillons de quartzite d'Ucanal (en ppm; n = 44)

Éch.	Sr	Ti	Fe	V	Ba	Si	P	S	Ca	Cr	Mn	Ni
PM001	8,00	26,00	1158,17	22,33	0,00	57793,33	0,00	1445,83	14110,17	0,00	66,67	14,67
PM004	8,33	31,00	675,83	13,67	256,67	68279,67	0,00	692,00	9383,00	2,17	69,00	17,83
PM008	2,88	50,25	613,13	3,63	125,50	99899,63	72,50	876,75	4996,63	4,25	60,63	11,50
PM009	12,17	35,50	766,83	37,17	0,00	135696,50	33,83	1085,83	8001,17	4,50	86,33	0,00
PM010	5,17	185,17	580,17	23,67	0,00	83838,67	0,00	1299,33	6279,00	0,00	75,83	0,00
PM013	11,00	129,50	1370,00	17,17	0,00	160019,00	161,33	845,83	18626,33	4,67	99,00	0,00
PM015	13,00	6,33	962,67	12,50	0,00	58560,50	0,00	707,33	12996,33	0,00	59,50	32,17
PM018	8,67	35,00	2559,17	21,33	0,00	187947,17	278,17	1388,00	4501,83	0,00	96,33	0,00
PM019	6,67	30,50	652,50	22,67	52,67	172481,83	25,83	880,50	5851,33	2,33	98,33	0,00
PM022	6,17	23,33	928,17	14,33	0,00	66856,17	0,00	792,67	14264,17	0,00	69,33	9,67
PM025	5,00	30,17	749,33	15,83	49,83	104545,00	1805,67	752,00	16644,67	0,00	75,33	13,67
PM026	9,33	80,83	1118,50	13,33	0,00	92046,83	0,00	710,83	13261,17	0,00	89,50	5,83
PM027	33,50	204,00	8763,33	50,67	0,00	131361,83	33,17	696,67	17748,67	7,17	121,00	0,00
PM039	17,17	30,83	625,00	8,17	72,17	117871,67	46,33	1042,50	6042,00	0,00	75,67	9,83
PM051	5,67	38,67	1249,17	5,00	145,17	103265,83	0,00	714,67	25676,50	12,67	69,00	0,00
PM054	5,83	28,83	723,33	9,83	265,50	65194,67	0,00	897,33	3291,17	0,00	88,50	44,17
PM055	6,17	56,83	779,83	11,00	107,83	136246,83	193,50	910,00	13226,33	7,17	95,50	0,00
PM057	7,17	33,83	642,33	5,50	0,00	110725,33	0,00	257,83	42625,67	0,00	76,83	0,00
PM063	11,33	72,67	1054,67	29,50	0,00	137302,67	53,83	875,83	15992,33	12,33	115,17	0,00
PM065	10,33	90,33	1485,50	26,00	0,00	115737,33	201,00	1061,33	8454,17	0,00	120,33	0,00
PM066	180,33	44,00	1633,00	41,83	399,17	126750,00	227,17	972,83	8124,17	0,00	143,67	0,00
PM072	12,17	67,17	1124,33	16,33	0,00	73007,83	5235,33	723,50	17078,83	0,00	89,67	4,00
PM073	0,00	165,33	3614,50	11,83	0,00	76716,17	0,00	612,00	26864,50	0,00	99,33	0,00
PM074	9,33	33,50	968,33	20,67	58,33	93000,00	26,83	1400,67	6217,83	0,00	75,00	20,17
PM078	22,50	105,67	1476,17	23,17	0,00	87399,67	27,83	543,67	40750,17	0,00	78,83	0,00
PM082	16,33	215,83	1225,17	13,50	75,83	75413,33	62,17	886,67	15464,33	0,00	90,00	0,00
PM089	5,83	86,83	1237,33	11,67	0,00	155852,00	212,00	1200,50	38610,33	3,83	96,67	0,00
PM091	5,67	11,50	749,50	8,83	214,67	75980,83	0,00	599,67	9928,00	0,00	68,00	24,67
PM092	3,67	34,83	751,50	16,17	88,83	69226,50	0,00	541,50	7010,67	0,00	78,17	22,17
PM095	0,67	106,83	1994,33	29,83	103,33	116414,17	191,83	544,50	21472,17	22,67	110,17	0,00
PM096	1,33	11,33	829,33	22,50	90,50	67170,17	0,00	527,33	13245,50	0,00	59,50	36,17
PM097	8,00	10,50	779,17	37,17	143,67	88119,67	0,00	540,50	16497,33	0,00	104,33	0,00
PM098	11,83	63,33	971,83	13,17	0,00	115819,67	90,17	666,67	19344,83	0,00	108,83	0,00

PM100	262,33	86,50	1481,17	39,67	136,50	131479,33	377,00	564,50	16607,50	13,17	117,67	0,00
PM101	8,83	89,50	4057,83	19,17	0,00	110884,33	156,67	532,50	21309,00	0,00	84,33	0,00
PM103	3,50	86,33	1432,33	8,00	74,50	122328,00	130,00	597,33	14140,00	10,17	111,67	0,00
PM109	8,50	49,33	964,50	9,83	0,00	89408,67	0,00	549,33	20631,50	0,00	78,83	0,00
PM111	7,50	63,67	1040,67	24,00	0,00	135342,17	226,33	859,83	17336,33	3,00	125,00	0,00
PM112	27,17	80,50	1309,00	23,00	51,83	85914,33	85,33	167,00	50261,33	4,50	67,17	0,00
PM113	13,50	48,17	872,33	15,50	0,00	111465,50	202,33	769,33	5875,50	0,00	77,50	0,00
PM114	7,67	75,33	987,17	16,33	0,00	147970,17	84,67	712,17	20740,67	0,00	79,33	0,00
PM116	6,83	77,00	1205,67	9,17	0,00	114777,67	176,83	845,50	16487,50	2,83	89,83	2,83
PM117	414,17	25,83	560,17	18,17	276,33	112399,17	45,00	1325,83	2995,67	0,00	108,50	0,00
PM121	2,00	24,33	709,67	15,17	0,00	117757,17	0,00	500,17	20174,33	3,17	98,33	0,00
PM123	57,83	66,50	963,67	25,67	0,00	162450,00	214,00	1074,33	13265,50	4,83	92,50	0,00
PM124	4,50	72,67	1275,83	23,00	0,00	107666,00	0,00	473,17	22031,83	0,00	73,17	9,00
PM127	11,17	63,33	1070,00	11,50	149,00	101137,83	94,67	674,17	17438,33	2,67	89,17	1,83
PM128	0,67	62,17	1251,17	18,83	0,00	90875,17	40,17	634,83	8852,17	0,00	86,33	0,00
PM131	1,17	67,33	781,50	43,67	82,50	142630,33	18,33	900,50	7763,33	0,00	118,50	0,00
PM133	6,67	26,00	881,50	29,33	0,00	136534,50	337,83	807,50	7557,50	0,00	78,83	0,00
PM139	17,17	37,50	717,67	0,00	0,00	101804,50	147,33	352,00	37053,00	0,00	65,83	0,00
PM140	8,33	31,83	1138,67	4,83	54,67	64437,83	64,50	590,33	22330,00	0,00	95,17	7,17
PM144	1,33	25,33	679,00	14,83	53,00	101032,50	75,17	839,33	7352,00	2,83	77,50	0,00
PM155	2,00	33,50	502,50	16,67	219,33	147532,83	0,00	659,83	7140,67	15,33	119,83	0,00

Tableau XIII. Résultats de l'analyse *pXRF* : concentration des éléments pour les échantillons en granite provenant des sources géologiques du Bélize (fournis par Tibbits) à l'aide du *pXRF* de l'Université de Montréal (en ppm, n = 11)

Échantillons	Rb/Sr	Sr/Y	Rb	Sr	Y	Al	Si	Fe	V	Ti	Zr	Ba	P
Tibbits_CCB_Aug	1,01	5,68	194,17	192,33	33,83	24866,00	93188,83	23078,00	13,67	1417,50	129,17	517,17	0,00
Tibbits_CCB_L006	0,48	14,24	119,50	251,50	17,67	23516,50	114483,67	14625,33	17,83	804,00	84,83	387,50	0,00
Tibbits_CCB_L009	0,77	12,83	98,50	128,33	10,00	1225,67	36182,33	8781,50	19,17	489,67	33,33	283,50	0,00
Tibbits_HB_5-31	2,44	5,48	224,83	92,17	16,83	18916,83	111467,83	11389,00	8,00	823,83	88,33	194,83	312,67
Tibbits_HBR_AV	5,11	3,39	297,00	58,17	17,17	22938,33	117726,83	11468,00	14,00	638,00	41,67	421,67	0,00
Tibbits_HBR_PR	23,46	1,13	437,83	18,67	16,50	11517,00	61549,00	4940,33	0,00	97,83	17,17	0,00	50,83
Tibbits_HBR_Q2	2,25	5,18	180,67	80,33	15,50	14066,67	72292,33	3559,00	0,00	831,50	39,00	318,33	19,33
Tibbits_MPR_13	14,34	0,74	475,50	33,17	44,83	18337,00	58191,83	9211,50	37,00	362,67	20,83	137,83	0,00
Tibbits_MPR_BP	12,17	0,56	253,50	20,83	37,00	6539,33	50959,67	3100,17	28,00	47,83	4,67	679,00	0,00
Tibbits_MPR_Falls	8,14	1,20	187,20	23,00	19,20	2331,80	46143,40	1989,00	0,00	98,20	3,80	53,40	0,00
Tibbits_MPR_PS	15,24	1,00	315,00	20,67	20,67	8508,83	50054,83	7010,00	8,17	160,67	19,17	1276,00	0,00

Échantillons	Co	Ni	Cu	Zn	Nb	S	K	Ca	Cr	Mn	Pb	Th	U
Tibbits_CCB_Aug	8,50	9,50	2,50	18,00	8,83	958,50	16266,83	3369,33	19,50	285,83	11,17	12,50	0,00
Tibbits_CCB_L006	5,00	0,00	0,00	13,00	4,50	723,50	6592,50	8853,17	4,67	206,83	11,50	6,67	2,83
Tibbits_CCB_L009	2,00	60,67	0,00	13,67	1,83	621,50	2708,83	2497,50	0,00	118,33	5,67	8,83	0,00
Tibbits_HB_5-31	2,50	0,00	0,00	23,33	4,00	598,33	13694,83	3275,33	8,00	198,33	22,17	14,67	0,00
Tibbits_HBR_AV	2,33	2,83	10,33	28,00	7,33	701,50	12612,83	1457,00	10,17	144,33	21,50	17,67	5,67
Tibbits_HBR_PR	0,00	10,00	0,00	18,00	19,83	578,67	7387,50	1570,83	0,00	100,67	0,00	27,67	20,50
Tibbits_HBR_Q2	0,00	2,83	0,00	0,00	11,17	630,50	7802,33	1358,50	0,00	60,50	0,00	10,50	6,17
Tibbits_MPR_13	0,50	14,67	0,00	42,67	5,67	734,83	12552,67	1360,67	6,83	89,67	10,17	31,33	19,33
Tibbits_MPR_BP	0,00	37,33	0,00	8,67	2,33	660,50	8522,50	1148,67	3,00	53,33	8,17	19,33	13,50
Tibbits_MPR_Falls	0,00	65,20	0,00	11,40	0,80	579,80	6707,80	697,40	6,40	68,00	7,40	15,80	9,00
Tibbits_MPR_PS	0,50	30,50	0,00	22,00	1,33	683,33	11603,33	1277,50	0,00	91,67	11,00	22,83	7,50

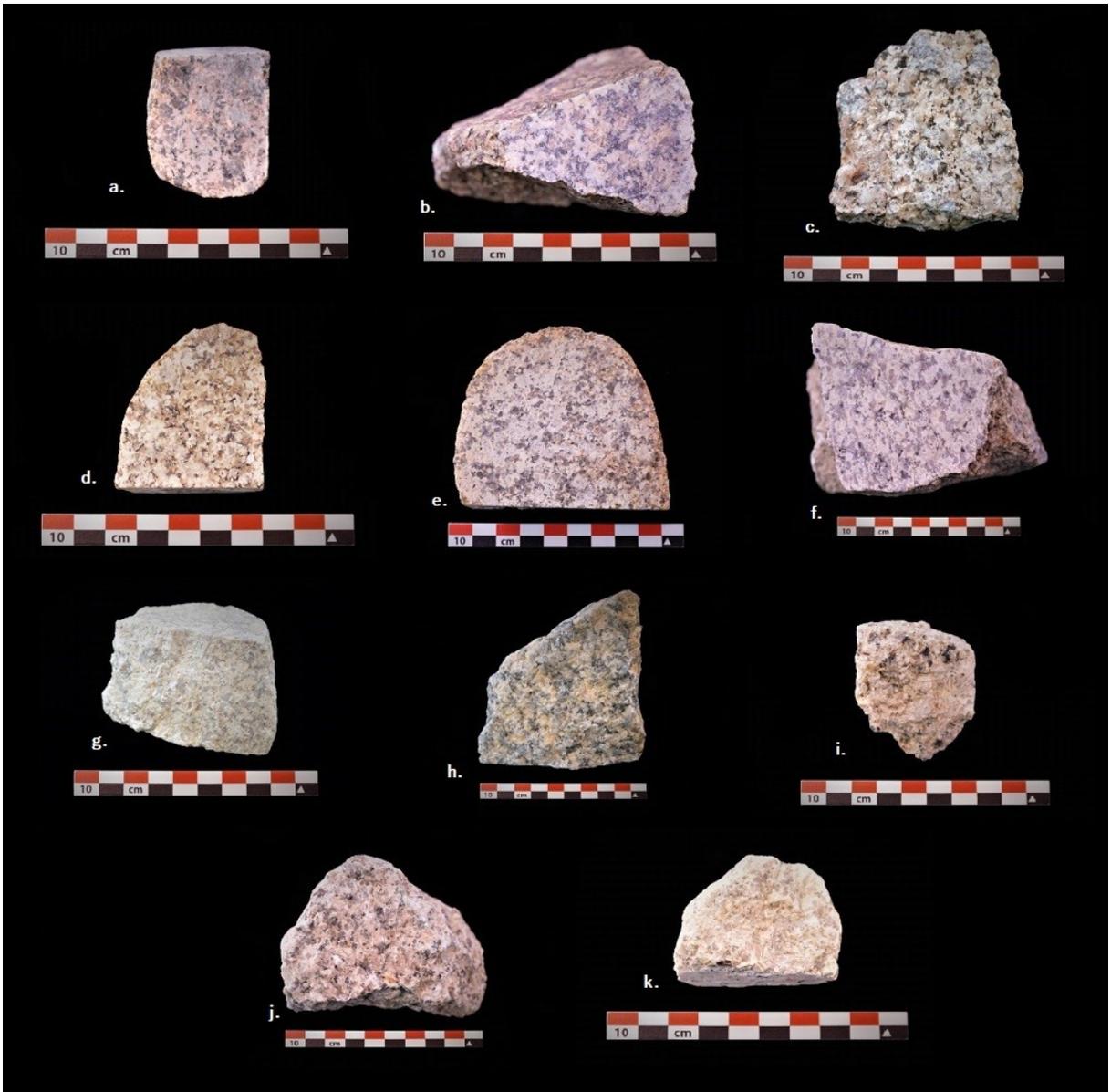


Figure 34. Échantillons géologiques provenant des sources de granite fournis par Tibbits, de MPR, HBR et CCB

En ordre : (CCB Aug), (CCB L006), (CCB L009), (HB 5-31), (HBR AV), (HBR PR),
(HBR Q2), (MPR 13), (MPR BP), (MPR Falls) et (MPR PS)