



HAL
open science

Parures amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles à l'âge Céramique : de la caractérisation à la répartition spatiale et chronologique

Alain Queffelec

► **To cite this version:**

Alain Queffelec. Parures amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles à l'âge Céramique : de la caractérisation à la répartition spatiale et chronologique. Archéologie et Préhistoire. Université de Bordeaux, 2022. Français. NNT : 2022BORD0451 . tel-03994566

HAL Id: tel-03994566

<https://theses.hal.science/tel-03994566>

Submitted on 17 Feb 2023

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

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

THÈSE PRÉSENTÉE
POUR OBTENIR LE GRADE DE
DOCTEUR
DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

ECOLE DOCTORALE SCIENCES ET ENVIRONNEMENTS

PREHISTOIRE

Par **Alain QUEFFELEC**

Parures amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles
à l'Âge Céramique : de la caractérisation à la répartition
spatiale et chronologique

Sous la direction de : **Francesco D'ERRICO & Benoît BÉRARD**

Soutenue le 19 décembre 2022

Membres du jury :

Mme. Valentine ROUX	Directrice de Recherche	CNRS	Rapporteuse
Mme. Annelou L. VAN GIJN	Professeure	Université de Leiden	Rapporteuse
Mme. Dominique BONNISSENT	Conservatrice du Patrimoine	Ministère de la Culture	Examinatrice
M. Sebastiaan KNIPPENBERG	Docteur	Université de Leiden	Examinateur
M. Jacques JAUBERT	Professeur	Université de Bordeaux	Examinateur
M. Benoît BERARD	Professeur	Université des Antilles	Co-Directeur
M. Francesco D'ERRICO	Directeur de Recherche	CNRS	Directeur

THÈSE PRÉSENTÉE
POUR OBTENIR LE GRADE DE
DOCTEUR
DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

ECOLE DOCTORALE SCIENCES ET ENVIRONNEMENTS

PREHISTOIRE

Par **Alain QUEFFELEC**

Parures amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles
à l'Âge Céramique : de la caractérisation à la répartition
spatiale et chronologique

Sous la direction de : **Francesco D'ERRICO & Benoît BÉRARD**

Soutenue le 19 décembre 2022

Membres du jury :

Mme. Valentine ROUX	Directrice de Recherche	CNRS	Rapporteuse
Mme. Annelou L. VAN GIJN	Professeure	Université de Leiden	Rapporteuse
Mme. Dominique BONNISSENT	Conservatrice du Patrimoine	Ministère de la Culture	Examinatrice
M. Sebastiaan KNIPPENBERG	Docteur	Université de Leiden	Examineur
M. Jacques JAUBERT	Professeur	Université de Bordeaux	Examineur
M. Benoît BERARD	Professeur	Université des Antilles	Co-Directeur
M. Francesco D'ERRICO	Directeur de Recherche	CNRS	Directeur

Résumé

Les objets de parure en pierre, au sein de l'ornementation personnelle, ont fait l'objet d'une attention particulière dans le registre archéologique, de par leur bonne préservation, et l'ensemble des informations qu'ils peuvent apporter pour la compréhension des sociétés du passé. Dans le cadre de l'archéologie des îles Caraïbes, ces productions lapidaires, dont une grande partie sont réalisées dans des matériaux dits *exotiques*, ont été utilisées comme marqueurs de réseaux d'échanges et comme marqueurs culturels. Ils ont également participé à la discussion concernant l'organisation de la société des Amérindiens vivant dans l'archipel antillais à l'âge Céramique, c'est-à-dire environ entre 400 avant notre ère et les premiers contacts avec les Européens. Force est de constater toutefois que les études spécialisées sur cette partie de la culture matérielle pour cette période sont majoritairement incomplètes et peu documentées, tant d'un point de vue des matières premières employées, que des types d'objets produits. Ce travail de thèse a donc pour but de réaliser des études complètes et détaillées des productions de parures lapidaires issues des sites archéologiques fouillés sur les îles françaises des Petites Antilles, intégrant des analyses typologiques et des analyses gemmologiques afin d'identifier précisément les matières premières employées. Au sein de ces matériaux, deux minéraux ont fait l'objet d'une attention particulière : la turquoise, pour son potentiel informatif en termes de provenance, et la sudoïte, minéral de la famille des chlorites, retrouvé dans plusieurs sites archéologiques, et dont l'identification comme gemme est inédite. En combinant ces résultats inédits avec une revue complète de la littérature, une base de données de plus de 8000 objets et 90 sites a pu être créée, permettant de réaliser des analyses statistiques robustes afin de comparer la distribution des matières premières et des types d'objets produits dans le temps et dans l'espace. Ces analyses confirment les différences chronologiques déjà suspectées par le passé. Les habitants des îles Caraïbes au Céramique ancien, en particulier, donnaient une importance bien plus forte à la parure en pierre, produisant des objets bien plus diversifiés que lors du Céramique récent. Cette production montre une très grande homogénéité dans tout l'archipel, confirmant l'hypothèse d'un réseau de distribution à grande échelle à cette période, probablement en lien avec les caractéristiques pionnières de ces premiers peuplements formatifs de l'arc antillais. Les objets de parures en pierre auraient alors perdu de leur importance progressivement au Céramique moyen puis au Céramique récent, peut-être en lien avec le changement de mode de vie qui deviendrait plus hiérarchisé, moins tourné vers le continent sud-américain et ne nécessitant plus d'échanges à si grande échelle pour maintenir une si forte cohésion.

Mots clés

Parure, Antilles, Saladoïde, Production lapidaire, Archéogemmologie, Répartition spatio-temporelle.

Abstract

Lithic adornments, within the personal ornamentation, have been the object of particular attention in the archaeological record, because of their good preservation, and the set of information that they can bring for the understanding of the societies of the past. In the archaeology of the Caribbean islands, in particular, these lapidary productions, a large part of which are made of materials known as "exotic", have been used as markers of exchange networks and as cultural markers. They have also participated in the discussion of the modes of society in which the Amerindians living in the Caribbean archipelago were organized during the Ceramic Age, that is to say, between approximately 400 B.C. and the first contacts with Europeans. However, it must be noted that specialized studies on this part of the material culture for this period are incomplete and poorly documented, both from the point of view of the raw materials used, and the types of objects produced. The aim of this thesis is therefore to carry out complete and detailed studies of the production of lapidary ornaments from archaeological sites excavated on the French islands of the Lesser Antilles, integrating typological and gemological analyses in order to precisely identify the raw materials used. Within these materials, two minerals have been the object of particular attention, turquoise for its informative potential in terms of provenance, and sudoite, a mineral of the chlorite family, found in several archaeological sites, and whose identification as a gem is unprecedented. By combining this new data with a comprehensive review of the existing data, a database of more than 8000 objects and 90 sites has been created, making it possible to perform robust statistical analyses in order to compare the distribution of raw materials and types of objects produced in time and space. These analyses confirm the chronological differences already suspected in previous works. The inhabitants of the Caribbean Islands during the Early Ceramic period, in particular, gave much greater importance to lapidary ornaments, producing objects that were much more diversified than during the Late Ceramic period. This production shows great homogeneity throughout the archipelago, confirming the hypothesis of a large-scale distribution network at this period, probably related to the pioneering characteristics of these first normative settlements of the Antillean arc. Stone ornaments would then have lost their importance progressively during the Middle and Late Ceramic periods, perhaps in connection with the change in lifestyle that was more hierarchical, less oriented towards the South American continent, and no longer requiring such large-scale exchanges to maintain such a strong cohesion.

Keywords

Personal ornaments, Antilles, Saladoid, Lapidary craftsmanship, Archaeogemology, Spatio-temporal distribution.

À mon père, qui le premier m'intéressa aux sciences naturelles, y compris les cailloux

Remerciements

Je suis heureux aujourd'hui de pouvoir rédiger ces quelques lignes de remerciements envers tous ceux qui m'ont aidé, d'une façon ou d'une autre, à arriver au terme de ce travail de thèse. Ce point d'étape important pour moi après 15 années (déjà !) passées au CNRS, est également, au-delà de ce qui y est directement intégré, l'aboutissement d'un processus de formation initiale et de tout ce que j'ai appris au contact de si nombreux collègues depuis mon Master 2. J'oublierai forcément des personnes au moment de rédiger ces lignes, veuillez me pardonner pour cela, 15 ans, c'est quand même un peu long !

Je tiens en premier lieu, bien évidemment, à remercier mes deux co-directeurs de thèse. Ma gratitude va bien entendu à Francesco d'Errico, d'une part, pour toutes ces années de recherche conjointe avant cette histoire de perles caribéennes, et pour toutes les années à venir. Merci pour la confiance que tu places en moi et pour les responsabilités que tu m'as confiées dans tes projets internationaux, cela a largement contribué à l'évolution de ma carrière. Cette évolution est aussi fortement liée au développement de l'archéométrie à PACEA, dont tu es l'initiateur et le pourvoyeur principal ! Sans l'intégration de ces méthodes dans mon activité, je ne serais certainement pas au point où j'en suis aujourd'hui. D'autre part, il m'est agréable de remercier ici Benoît Bérard pour son soutien dans cette thèse de doctorat. Ta connaissance encyclopédique de l'archéologie caribéenne m'a évidemment été d'une aide énorme pour ce travail, merci pour ta disponibilité, tes conseils éclairés et pour m'avoir poussé hors de ma zone de confort. J'espère que cette fois-ci tu considéreras que j'ai sauté l'obstacle !

Je remercie également les membres du jury qui ont accepté d'évaluer mon travail, c'est évidemment une part très importante de la validation d'un doctorat. Merci donc aux deux rapporteuses de ce travail, Mme Valentine Roux et Mme Annelou Van Gijn, ainsi qu'aux trois examinateurs que sont Dominique Bonnissent, Sebastiaan Knippenberg et Jacques Jaubert.

Les résultats présentés dans cette thèse sont en partie le produit du Programme Collectif de Recherches PAAF (*Parures Amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles Françaises*), que j'ai eu la chance de co-diriger avec Pierrick Fouéré, et dans lequel l'apport de Ludovic Bellot-Gurlet a été capital. Merci à vous pour ce travail collaboratif, les nombreux aller-retours de rapports, d'articles, auxquels vos contributions doivent énormément. Et merci aussi pour les bons moments passés dans les îles pour étudier tous ces objets, et pour les discussions arrosées de ti-punchs ! Ce projet a également reçu des apports de Jean-Baptiste Caverne et Loup Bernard concernant la base de données et son intégration dans ArkeoGIS, merci à vous deux. Je tiens également à remercier Emmanuel Fritsch pour m'avoir accepté dans le DU de

gemnologie de Nantes, pour tout ce qu'il m'y a enseigné et pour sa participation au travail sur la sudoite. Ce travail en particulier repose aussi sur les apports déterminants d'Eddy Foy et de Yannick Lefrais, respectivement en diffraction X et en microscopie électronique, merci à vous deux.

Les débuts prometteurs concernant les analyses isotopiques sur les turquoises doivent leur existence à l'aide que m'ont apportée Etienne Deloule, Nordine Bouden et Johan Villeneuve, de la plateforme de sonde ionique au CRPG. C'est loin d'être fini cette histoire, à bientôt !

Cette thèse s'appuie très largement sur des études de collections archéologiques conservées par des SRA ou des Musées, je tiens ici à remercier le personnel de ces établissements qui m'ont été d'une grande aide. Je pense ainsi à Gwenola Robert (SRA Guadeloupe), Susana Guimaraes, Katarina Jacobson et Jean-Luc Bernos (Musée Edgar Clerc), Lucie Chehmana et Thierry Dorival (SRA Martinique), Peggy Deroze et Claudia Daribo (Musée d'Archéologie et de Préhistoire de Martinique), ainsi qu'à Roger Colten (Peabody Museum) pour les informations qu'il a su me fournir concernant les collections des sites de Ronquin et Saladero. Merci également à François Petit pour nous avoir permis d'étudier les objets de sa collection personnelle issue des fouilles d'Hope Estate.

Ce travail scientifique s'est déroulé dans un environnement scientifique particulièrement de qualité, en particulier les deux membres de mon Comité de Suivi de Thèse, Nathalie Serrand et Bruno Malaizé, qui m'ont prodigué des conseils extrêmement utiles, tant sur le plan scientifique que personnel. Merci à vous de m'avoir reboosté pendant la rédaction de ce travail !

Je tiens également à remercier Solange Rigaud pour les discussions que nous avons pu avoir sur les objets de parure qu'elle étudie dans ses nombreux projets, et pour sa relecture attentive de mon introduction sur la parure en Préhistoire, ainsi que Vincent Delvigne pour les discussions sur les territoires et leur étude par les analyses de réseaux, et pour avoir accepté de me rejoindre dans ces problématiques caribéennes ! Merci aussi Pauline pour avoir si bien pris en main la cellule de transfert, me permettant ainsi de consacrer du temps à cette recherche, et pour être une si agréable personne avec qui partager un bureau.

Je souhaite aussi exprimer ma gratitude aux directions successives de PACEA (Jacques Jaubert, Bruno Maureille, Anne Delagnes et William Banks), pour la confiance qu'ils m'ont accordée tout au long de ces années, pour les responsabilités croissantes qu'ils m'ont données et en particulier les deux dernières directions pour m'avoir permis de développer cette recherche et de réaliser ce doctorat.

Le support financier qui a permis la réalisation de ce travail est également une part importante de sa réussite, ce n'est pas vraiment gratuit d'étudier des collections dans les Antilles ! Sans les financements du Ministère de la Culture (SRA Guadeloupe, SRA Martinique) et de la Région Guadeloupe, cette thèse n'aurait pas eu lieu. Ces financements ont été gérés d'une main de maître par l'équipe administrative de choc de PACEA : merci Catherine, Nathalie et Audrey. Et merci d'avance pour les projets à venir !

Mon arrivée dans le monde de l'archéologie caribéenne est intégralement le fait d'Arnaud Lenoble, avec qui j'ai pu visiter toutes les îles des Antilles françaises et en particulier toutes leurs cavités naturelles. Merci à toi Arnaud de m'avoir invité dans ces beaux projets. A l'origine de cette recherche se situe également Christian Stouvenot, qui m'a proposé d'utiliser mes machines dont je lui rebattais les oreilles, pour tenter de caractériser les cailloux verts indéterminés du site de Gare Maritime. Je ne peux que le remercier de cette fantastique idée, et de toute l'aide qu'il m'a apportée par la suite concernant les sites archéologiques étudiés, les collections conservées au SRA et son aide dans le traitement administratif du projet PAAF.

Merci Myriam et Jean-Baptiste pour les bons moments passés en Guadeloupe, au fond de cénotes ou dans des abris minuscules (attention, les citronniers, ça pique!).

D'une façon plus générale, et parce que ce projet est aussi le résultat de 15 années passées à PACEA, je me dois de remercier nombre de chercheurs sans qui je ne serais pas le scientifique que je suis aujourd'hui, ceux avec lesquels j'ai le plus travaillé durant ces années.

J'ai beaucoup appris en participant aux travaux menés par Pascal Bertran et les étudiants qu'il a encadré durant ces dernières années, Luca Sitzia, Mathieu Bosq et Aurélie Ajas. Jean-Paul Raynal, le premier, m'a confié des échantillons à analyser et m'a invité à participer à ses projets, au Maroc et en Éthiopie, merci à lui. Je remercie également Catherine Ferrier, toujours là pour m'orienter et me conseiller, surtout à mes débuts. J'ai également beaucoup appris en participant aux recherches, doctorales ou post-doctorales, de Léna Bassel, Solène Caux, Laure Dayet, Luc Doyon, Africa Pitarch-Marti et Daniela Rosso.

Je tiens également à mentionner les différents étudiants que j'ai pu encadrer de près durant ces années et qui ont, ou non, poursuivi dans le monde académique, en particulier Aurélie Ajas, Teddy Bos, Aline Galland, Lila Geis, Madeleine Raymond, Callisto Candella. Certaines des difficultés qu'ils ou elles ont pu rencontrer ont aussi été les miennes durant cette thèse, et j'ai certainement extrait de ces expériences d'encadrement des bénéfices pour mon propre travail.

Merci également à tous les membres de PACEA avec qui j'ai pu collaboré, mangé, discuté, durant toutes ces années. Je pense en particulier aux collègues plus anciens que moi (oui oui il en reste!) que sont Éric Pubert, Dominique Armand et Maryelle Bessou, de formidables camarades qui m'ont dépanné plus d'une fois, et qui ont certainement un peu souffert (pas trop j'espère!) de mon investissement dans ce travail doctoral! Je pense aussi aux nombreux collègues d'EPOC, de l'ICMCB, du CRP2A, certains qui m'ont formé à mes débuts et qui ont toujours été là en cas de pépin, pour me dépanner d'un quelconque consommable ou pour me donner un conseil : Bernard Martin, Dominique Poirier, Isabelle Billy, Éric Lebraud, Nadia Cantin, François-Xavier Le Bourdonnec.

Si je rédige aujourd'hui ces lignes, c'est bien entendu également grâce au soutien de mes proches. Merci Maman pour tout ce que tu as fait pour moi durant ces presque 40

années, les efforts consentis, le soutien inconditionnel et même la relecture orthographique ! Merci Marie pour ton soutien fraternel tout aussi long et la confiance que tu places en moi. Merci aussi Nathalie, Julia et Maxime, pour votre soutien, pour le temps que vous m'avez laissé pour finir ce travail et pour accepter mes fréquentes absences. Ce travail n'aurait pas été le même si je ne vous avais pas tous autour de moi. Mille mercis.

Un travail sous le signe de la Science Ouverte

Open Science : Just Science Done Right.
J. Tennant

Ce travail de thèse a été réalisé durant ma prise de conscience de l'importance de réaliser ses recherches dans le cadre de la science ouverte. Pour atteindre ce but, plusieurs actions ont été mises en place au fur et à mesure, certaines demandant l'acquisition de nouvelles compétences qui, à n'en pas douter, seront utiles dans le futur :

– Données ouvertes

Dans le cadre du Programme Collectif de Recherche PAAF, la base de données et le SIG en ligne ont pu être mis en place. Les données sont accessibles sous la forme d'une base Filemaker *online* hébergée par le TGIR Huma-Num (https://fm02.db.humanum.fr/fmi/webd/PACEA_PAAF) ainsi que sous forme plus simple dans sur le serveur OSF (<https://osf.io/bg9va/>). Le SIG en ligne, quant à lui, est hébergé sur la plateforme ArkeoGIS (<https://arkeogis.org/en/>).

– Accès ouvert

Toutes les publications issues de ce travail de thèse sont aujourd'hui accessibles gratuitement. Le travail concernant le site de Gare Maritime, malheureusement publié initialement derrière une barrière payante, a été mis en ligne dès que possible sous forme de *post-print* sur HAL. La revue *Journal of Caribbean Archaeology*, dans laquelle a été publiée l'article sur la comparaison des sites majeurs de Guadeloupe et de Martinique, est une revue dite *Diamond Open Access*, c'est-à-dire qu'elle est gratuite pour les auteurs et pour les lecteurs, grâce au travail de William Keegan. L'article de synthèse sur les méthodes d'études de provenance de la turquoise, a été publié dans une revue dont les articles sont accessibles après une seule année derrière un *paywall*. L'article concernant la caractérisation de la sudoite est, lui, publié dans une autre revue *Diamond Open Access, Gems & Gemology*, éditée par le *Gemological Institute of America*. L'article permettant la diffusion de la base de données régionale, quant à lui, a été soumis dans un premier temps à *Peer Community In Archaeology*, une initiative proposant gratuitement l'*Open peer-review* et la recommandation de prépublication. A la suite de cette recommandation, accessible en ligne avec également tout le processus éditorial, ce document a été publié par la revue *Journal of Open Archaeology Data*, une revue *Gold Open Access* dont les frais de publication sont extrêmement bas (100£). La base de données ayant évolué entre la publication de l'article et la fin de ce travail doctoral, et afin de diffuser dans la communauté scientifique travaillant sur les Antilles mon travail

d'inventaire dans les actes de l'AIAC, cette base de données augmentée, ainsi que les premières analyses statistiques que l'on peut en tirer, ont été mises en ligne sous forme de preprint (<https://osf.io/preprints/socarxiv/c3wbx>) et soumises au comité éditorial du congrès de l'AIAC organisé à la Barbade en 2019. Le travail de Madelein Raymond, que j'ai encadrée durant son stage de Master 2, a également été finalisé sous la forme d'un preprint, en langue anglaise, disponible sur ce même serveur de preprint (<https://osf.io/preprints/socarxiv/a5tgp/>). Il a également été soumis pour revue par les pairs, transparente et gratuite, par *PCI Archaeology*.

– **Reproductibilité**

Dans un souci de reproductibilité, l'article concernant la base de données du projet PAAF a été rédigé dans le format Rmarkdown, et le fichier en question mis à la disposition des relecteurs et des lecteurs, dans un dépôt en ligne. Cela permet aux personnes intéressées, grâce à la mise à disposition des données nécessaires, de reproduire exactement l'article en question et donc de vérifier son contenu. Les analyses statistiques réalisées dans le chapitre 4 sont également scriptées, et ceux-ci sont disponibles en Annexe C.

Table des matières

Résumé	ii
Abstract	iii
	x
Un travail sous le signe de la Science Ouverte	xii
Table des matières	xvi
Liste des figures	xxi
Liste des tableaux	xxii
Aide de lecture	xxiii
1 Introduction	1
1.1 La Préhistoire Antillaise	1
1.1.1 Les Antilles	1
1.1.2 Le peuplement pré-colonial de l'archipel	5
1.1.2.1 L'âge Archaïque	6
1.1.2.2 L'âge Céramique	8
1.2 Pourquoi étudier la parure en archéologie?	18
1.3 État de l'art des connaissances sur la parure aux périodes Céramique dans les Antilles	23
1.3.1 Les parures en coquille	23
1.3.2 Les dents et os perforées	24
1.3.3 Les parures lapidaires	25
1.4 Problématique	31
2 Études de cas	33
2.1 Introduction	33
2.2 Publication concernant le site de Gare Maritime dans <i>Journal of Archaeo- logical Science : Reports</i> , 2018	34

2.3	Publication concernant les sites de Morel, Vivé et Anse à la Gourde et comparaison inter-sites dans <i>Journal of Caribbean Archaeology</i> , 2020 . . .	50
2.4	Étude de la production lapidaire de la période Céramique sur l'île de Saint-Martin	95
2.4.1	Introduction	95
2.4.2	Contexte archéologique	97
2.4.2.1	Hope Estate	97
2.4.2.2	Baie Orientale	98
2.4.2.3	Grand Case BK77 et BK78	99
2.4.3	Résultats	100
2.4.3.1	Hope Estate	100
2.4.3.2	Baie Orientale	116
2.4.3.3	Grand Case BK77 et BK78	119
2.4.4	Discussion	121
3	De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance	125
3.1	Introduction	125
3.2	Les matériaux identifiés et leur potentiel en termes d'études de provenance	126
3.2.1	Roches vertes	126
3.2.2	L'améthyste	135
3.2.3	La cornaline	136
3.2.4	La calcite	137
3.2.5	Le cristal de roche	138
3.2.6	Les feldspaths	138
3.2.7	Roches type "diorite"	139
3.3	La sudoïte, première identification comme matériau gemme	140
3.4	La turquoise, un candidat pour les études de provenance	162
3.4.1	Analyses isotopiques de turquoises archéologiques guadeloupéennes	176
3.4.1.1	Préparation des échantillons	178
3.4.1.2	Isotopie de l'hydrogène et de l'oxygène	178
3.4.1.3	Isotopie du cuivre	178
3.4.1.4	Isotopie des éléments lourds (plomb, uranium, thorium)	182
3.4.2	Perspectives	186

3.5	La provenance des matières, un rêve inatteignable ?	188
4	Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique	191
4.1	Introduction	191
4.2	Une base de données à l'échelle des Antilles	192
4.2.1	Publication de la base de données	192
4.2.2	Un inventaire encore largement améliorable	209
4.3	Analyse de la distribution chronologique des productions lapidaires . . .	214
4.3.1	Matières premières	217
4.3.1.1	Analyses de la diversité	219
4.3.1.2	Analyse de similarité	225
4.3.1.3	Analyses de réseaux	234
4.3.2	Typologie	249
4.3.2.1	Analyse de la diversité	254
4.3.2.2	Analyses de la similarité	258
4.3.2.3	Analyses de réseaux	266
4.3.3	Combinaison Matière Première - Typologie	269
4.3.3.1	Analyses statistiques	269
4.3.3.2	Réseaux	276
4.4	Analyse de la distribution géographiques des parures lapidaires	278
4.4.1	Matières premières	281
4.4.2	Typologie	288
5	Discussion	297
5.1	Des productions lapidaires différenciées dans le temps et non dans l'espace	297
5.2	Réflexion concernant les sociétés de la période Céramique	300
5.2.1	Céramique ancien	301
5.2.1.1	Réseau de distribution	301
5.2.1.2	Interprétations sociopolitiques	308
5.2.2	Une transition au Céramique moyen	311
5.2.3	Changement de support symbolique au Céramique récent-final .	311
6	Conclusion	315
6.1	Conclusion	315

6.2 Perspectives	317
Bibliographie	319
Index	353
Annexes	357
A Article concernant les perforations de perles en matériaux très durs (M. Raymond <i>et al.</i>)	357
B Exemples de spectres Raman pour les différents minéraux déterminés dans la collection d’Hope Estate	386
C Code R utilisé pour la production des analyses du chapitre 4	400

Liste des figures

1.1	A. Carte du pourtour de la mer Caraïbe, permettant de visualiser les îles caraïbes et leur disposition en arc depuis l'Amérique du Sud jusqu'à la Floride. B. Détail de la partie sud comprenant principalement des îles de petite taille.	3
1.2	Exemples de production céramique typique du Céramique ancien montrant en particulier des Zones Incisées Croisillonées (Z.I.C.) (d'après HONORÉ & BÉRARD, 2014, p. 312)	14
1.3	Exemples de production céramique typique du Troumassoïde (d'après KEEGAN & HOFMAN, 2017, p. 216)	17
2.1	Carte de localisation des sites archéologiques présentant des produits de l'artisanat lapidaire à Saint-Martin.	96
2.2	Objets de parure du site d'Hope Estate : diorite, feldspaths (anorthite) et prehnite. Dessins et réalisation de planche : P. Fouéré, sauf SM-02-104, SM-02-106 et SM-02-108 par F.-X. Chauvière.	102
2.3	Objets de parure du site d'Hope Estate : paragonite, turquoise, malachite et sudoïte.	104
2.4	Objets de parure du site d'Hope Estate : serpentine et néphrite.	106
2.5	Objets de parure du site d'Hope Estate : calcite et calcaire/marbre 1/2.	108
2.6	Objets de parure du site d'Hope Estate : calcite et calcaire/marbre 2/2.	109
2.7	Objets de parure du site d'Hope Estate : quartz et améthyste.	111
2.8	Objets de parure du site d'Hope Estate : calcédoine, cornaline et autres roches diverses.	112
2.9	Comparaison des spectres Raman obtenus sur les objets en calcédoine et cornaline du site d'Hope Estate.	114
2.10	Objets de parure du site d'Hope Estate : matières indéterminées.	115
2.11	Objets de parure du site de Baie Orientale.	117
2.12	Ébauches de perles en calcite du site de Baie Orientale 2, occupation du Céramique récent.	118
2.13	Éléments de parure des sites BK77 et BK78, occupation du Céramique récent.	120

2.14	Histogramme de distribution des fréquences des matières premières pour les 5 sites archéologiques des Antilles françaises ayant livré plusieurs dizaines d'objets.	122
2.15	Histogramme de distribution des fréquences des type d'objets pour les 5 sites archéologiques des Antilles françaises ayant livré plusieurs dizaines d'objets.	123
3.1	Montage à l'échelle de la quasi intégralité des objets des îles Caraïbes en néphrite.) ou presque certaine (aspect visuel).	130
3.2	Diffraction des rayons X en transmission de l'échantillon GD-01-018. A. Diffractogramme mesuré et comparaison avec la fiche de référence de la paragonite. B. Figure de diffraction enregistrée par l'appareil, montrant les anneaux de Debye-Scherrer très incomplets indiquant une orientation préférentielle très marquée des minéraux, liés à la texture feuilletée du matériau.	132
3.3	Montage à l'échelle des objets des îles Caraïbes identifiés comme paragonite grâce aux analyses par spectroscopie Raman.	133
3.4	Calibration des mesures SIMS du $\delta^{65}\text{Cu}$ grâce aux mesures réalisées en voie liquide dans la littérature et dans le cadre du projet PAAF	180
3.5	Distribution du $\delta^{65}\text{Cu}$ pour chaque échantillon mesuré en sonde ionique, en fonction de la concentration en cuivre représentée ici par le $\text{proxi } ^{65}\text{Cu}/\text{Ip}$	181
3.6	Répartition des mesures, par échantillon, et par session de mesure, pour les isotopes du plomb.	184
3.7	Dispersion des mesures in situ des rapports isotopes du plomb, et comparée aux données en roche totale de la littérature (répartition générale (A) et zoom (B)).	185
4.1	Distribution du nombre d'objets par site avec insert, en échelle Log, des sites ayant livré au moins 10 objets.	210
4.2	Distribution du nombre d'objets par matière première avec insert, en échelle Log, des matières utilisées pour produire au moins 10 objets. . .	210
4.3	Distribution du nombre d'objets par grand type d'objet.	212
4.4	Distribution du nombre de perles dans chaque sous-type.	213
4.5	Distribution du nombre de pendentifs dans chaque sous-type.	214

4.6	A. Distribution du nombre de sites de la base de données régionale par période archéologique. B. Distribution du nombre d'objets de la base de données régionale par période archéologique.	216
4.7	Profils de diversité des matières premières utilisées dans les différents sites riches en artisanat lapidaire des Antilles dont les données sont les plus fiables et complètes.	221
4.8	Indices d'équitabilité de Piélou pour les matières premières.	221
4.9	Comparaison entre richesse de matières premières observée et modélisation	224
4.10	Sériation des sites archéologiques et des matières premières (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).	227
4.11	Sériation des sites archéologiques et des matières premières, roches vertes regroupées sauf la turquoise (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).	228
4.12	Sériation des sites archéologiques et des matières premières, toutes roches vertes regroupées (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).	229
4.13	Analyse Factorielle des Correspondances représentée selon les dimensions 1 et 2 (A) et selon les dimensions 1 et 3 (B).	231
4.14	<i>Heatmap</i> des sites archéologiques en fonction des matières premières utilisées	233
4.15	Réseau basé sur la similarité Brainerd-Robinson des matériaux.	238
4.16	Réseau basé sur la similarité Brainerd-Robinson des matériaux (toutes roches vertes regroupées).	240
4.17	Réseau basé sur la similarité Brainerd-Robinson des matériaux (toutes roches vertes regroupées sauf turquoise).	242
4.18	Réseaux basé sur la similarité co-présence	244
4.19	Réseaux des sites Saladoïde cedrosan, basés sur la similarité de Brainerd-Robinson.	247
4.20	Profils de diversité des types de perles et de pendentifs fabriqués dans les différents sites riches en artisanat lapidaire des Antilles françaises. . . .	255
4.21	Indices d'équitabilité de Piélou, classés dans l'ordre décroissant, concernant les types retrouvés dans les différents sites riches en artisanat lapidaire des Antilles dont les données sont les plus fiables et complètes. . .	255

4.22 Comparaison entre richesse typologique observée et modélisation	257
4.23 Proportion de perles dans le total perles+pendentifs dans chaque site, en fonction de la période chronologique.	258
4.24 Sériation des sites archéologiques et des types d'objets (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).	260
4.25 Sériation des sites archéologiques et des types de perles et de pendentifs (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).	261
4.26 Sériation des sites archéologiques et des types de perles (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).	262
4.27 AFC sur le jeu de données perles et pendentifs, dont les types trop rares ont été écartés (facettées, sphériques, anthropozoomorphes).	264
4.28 AFC sur le jeu de données de perles uniquement, dont les types trop rares ont été écartés (facettées, sphériques).	265
4.29 Réseaux basés sur la similarité de Brainerd-Robinson des données de typologie.	267
4.30 Analyse Factorielle de Correspondance pour les relations entre matières premières et types de perles et de pendentifs.	271
4.31 AFC pour les relations entre sites et combinaisons type-matière première.	275
4.32 Analyse de réseaux basée sur les combinaisons type-matière première. .	277
4.33 Carte de la distribution des sites	280
4.34 Carte de la distribution du nombre de perles par site, mise à jour depuis QUEFFELEC et al. 2021.	280
4.35 Analyse de réseau basée sur la similarité de Brainerd-Robinson, pour toutes les matières premières et tous les périodes, replacé avec les coordonnées géographiques des nœuds.	282
4.36 Réseaux pour le Céramique ancien en fonction des matières premières, replacés sur une carte.	283
4.37 Cartes de répartition des matériaux les plus courants.	286
4.38 Cartes de répartition de matériaux courants et de matériaux plus rares. .	287
4.39 Cartes de répartition des perles et de leurs sous-types les plus courants. .	289
4.40 Cartes de répartition des pendentifs et de leurs sous-types les plus courants.	290
4.41 Cartes de répartition des fragments de matière première.	291
4.42 Distribution des pendentifs zoomorphes 1-2.	293

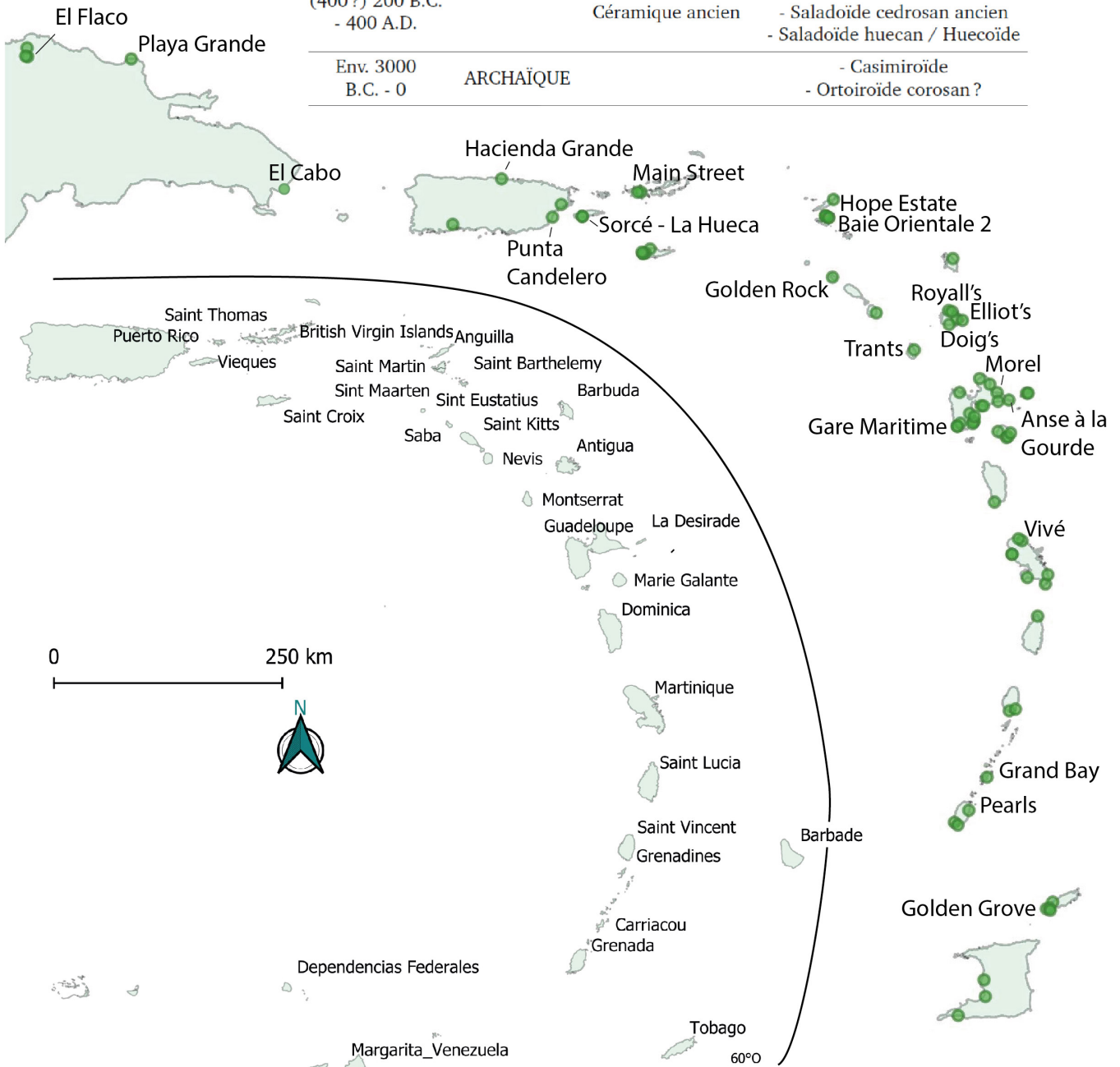
4.43	Distribution des pendentifs zoomorphes 2-2.	294
4.44	Distribution des pendentifs zoomorphes, anthropomorphes et divers. . .	295
5.1	Photographies des cinq perles en pierre issues du site de Saladero invento- riées au Peabody Museum (photo aimablement fournies par le Peabody Museum, mise en page A. Queffelec)	305
5.2	Comparaison d'objets de parure entre les Antilles et la région isthmo- colombienne.	306

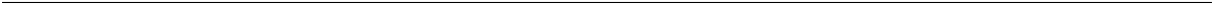
Liste des tableaux

1.1	Périodisation de l'occupation archéologique des Petites Antilles et de Porto Rico (modifié d'après BÉRARD, 2019).	10
3.1	Liste des sites ayant fourni des vestiges de production lapidaire en calcite ou en quartz.	138
3.2	Liste des échantillons naturels regroupés afin de servir de référentiel, et des objets archéologiques ayant permis une première série de mesure pour tester la méthode.	177
3.3	Provenances proposées dans la littérature archéologique pour les matériaux utilisés à l'âge Céramique	189
4.1	Jeu de données nettoyé utilisé pour les analyses régionales de la distribution des matières premières utilisées dans l'artisanat lapidaire de l'âge Céramique dans les Antilles.	218
4.2	Jeu de données nettoyé utilisé pour les analyses régionales de la distribution des types d'objets utilisées dans l'artisanat lapidaire de l'âge Céramique dans les Antilles.	251
4.3	Jeu de données typologiques plus précis, pour les objets dont on connaît le type.	252
4.4	Jeu de données typologiques plus précis pour les perles.	253
4.5	Jeu de données typologiques plus précis pour les pendentifs.	253
4.6	Matières premières utilisées en fonction des types de perles et de pendentifs façonnés dans l'artisanat lapidaire de l'âge Céramique dans les Antilles.	270
4.7	Matières premières utilisées en fonction des types de perles et de pendentifs façonnés dans l'artisanat lapidaire de l'âge Céramique dans les Antilles pour chacun des sites archéologiques.	273

Périodisation de l'occupation archéologique des Petites Antilles et de Puerto Rico

DATES	AGES	PÉRIODES	COMPOSANTES CULTURELLES
16è - 18è siècles	HISTORIQUE	Contact	Cayo
1100 A.D. - contact		Céramique final	- Troumassoïde suazan - Troumassoïde marmoran (Marmora Bay) - Ostionoïde chican / Chicoïde
750 A.D. - 1100 A.D.	CÉRAMIQUE	Céramique récent	- Troumassoïde troumassan - Troumassoïde marmoran (Mill Reef) - Ostionoïde ostionan - Ostionoïde elenan - Saladoïde cedrosan récent - Caliviny
400 A.D. - 750 A.D.		Céramique moyen	Saladoïde cedrosan moyen-récent
(400?) 200 B.C. - 400 A.D.		Céramique ancien	- Saladoïde cedrosan ancien - Saladoïde huecan / Huecoïde
Env. 3000 B.C. - 0	ARCHAÏQUE		- Casimiroïde - Ortoïroïde corosan ?





Chapitre 1

Introduction

1.1 La Préhistoire Antillaise

1.1.1 Les Antilles

Les îles ceinturant la mer Caraïbe entre l'Amérique du Sud et l'Amérique du Nord, et à l'est de l'Amérique centrale, peuvent être regroupées sous le terme englobant d'îles caraïbes (KEEGAN & HOFMAN, 2017; POTTER et al., 2004) (Figure 1.1). Cet ensemble d'îles de dimensions très variées, se poursuivant sur environ 4000 km et comprenant, au total, plus de 230 000 km² de terres émergées est classiquement séparé en cinq groupes que sont, du sud au nord : Trinidad & Tobago, les îles caraïbes du sud le long de la côte vénézuélienne, les Petites Antilles, Les Grandes Antilles et, finalement, les Bahamas-Turks-Caïcos (KEEGAN et al., 2013a). D'autres regroupements sont aussi parfois utilisés, regroupant les îles proches de la côte du Vénézuéla ainsi que Trinidad & Tobago dans les Petites Antilles (ALLEN, 2017), ou encore, intégrant Trinidad & Tobago dans les Petites Antilles, mais séparant les îles au nord du Vénézuéla, tout en séparant les îles Cayman des Grandes Antilles, pour un total de cinq groupes d'îles toujours, mais des groupes différents (POTTER et al., 2004). Le terme Antilles étant plus facile à manier, bien qu'étant plus restrictif car il ne correspond littéralement qu'à l'ensemble formé par les Grandes Antilles et les Petites Antilles (KEEGAN & HOFMAN, 2017), je l'utiliserai régulièrement dans ce travail pour parler de l'ensemble des îles Caraïbes. C'est aussi très clairement cette partie des îles caraïbes qui regroupe la très grande majorité des vestiges archéologiques étudiés ici. Malgré la vaste étendue de cet archipel, en particulier en termes de latitude (10-26°N), une certaine homogénéité climatique est observable : il se situe en zone intertropicale et les îles subissent un climat océanique tropical. Elles sont soumises aux Alizés et profitent de températures moyennes et relativement stables grâce à la régulation apportée par les eaux chaudes de la Mer Caraïbe (COOPER, 2013; POTTER et al., 2004). Cependant, des variations régionales existent et ont connu des modifications à différentes échelles de temps du fait des variations des phénomènes El Niño, de la position de la Zone de Convergence Inter-Tropicale (ITCZ en anglais)

ou encore de l'oscillation Nord-Atlantique, impliquant par exemple des modifications importantes dans la route, la fréquence et la force des ouragans (COOPER, 2013; GARMON et al., 2017; MALAIZÉ et al., 2011; POTTER et al., 2004). Finalement, des microclimats se développent à l'échelle plus locale et sont à mettre au compte de la taille de l'île, de l'altitude, du côté de l'île orienté vers l'Atlantique ou vers la Mer Caraïbe etc. (GARMON et al., 2017; POTTER et al., 2004). Si à l'échelle régionale cet ensemble d'îles peut donc être perçu comme une entité homogène, à l'échelle du groupe humain vivant dans cette zone, et, donc, pour l'archéologue, à l'échelle du site, il en va tout autrement : l'environnement et le climat d'un site d'altitude au milieu de Cuba sont extrêmement différents de ceux d'un site côtier à la Barbade.

Le peuplement humain des îles caraïbes a bien entendu subi les spécificités géographiques de cet archipel, mais, pour ce qui concerne ce travail, il est également important de résumer la formation même de cet archipel et, par là-même, d'expliquer les substrats géologiques diversifiés sur lesquels se sont développées les cultures caribéennes et les ressources minérales qu'ils ont pu leur offrir. L'ensemble de l'arc provient d'une migration de la plaque Caraïbe entre l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud, ayant débuté au début du Crétacé (ITURRALDE-VINENT, 2006), et que l'on peut visualiser sur les vidéos publiées en *Supplementary Information* dans CLENNETT et al. (2020). Cette migration s'est accompagnée de la formation d'arcs volcaniques sous-marins repris par différentes phases orogéniques. Plus récemment, la subduction de la plaque Atlantique sous la plaque Caraïbe a produit des arcs volcaniques qui ont été pour partie submergés et recouverts de sédiments carbonatés, et qui pour partie sont toujours actifs. Il convient en ce domaine de séparer plusieurs grands ensembles qui, peu ou prou, rejoignent les séparations géographiques mentionnées ci-dessus, que je reprendrai donc dans le même ordre, du sud au nord.

Les îles de Trinidad & Tobago ont chacune une histoire géologique complexe et ancienne. Concernant Tobago, cette histoire mélange la formation d'un arc volcanique et la remontée d'un pluton magmatique tous deux au Crétacé, le tout fortement métamorphisé et auxquels se sont ajoutés des dépôts de roches sédimentaires marines au Cénozoïque, maintenant en partie émergées (ARKLE et al., 2017). Pour Trinidad, le substrat est composé de roches métasédimentaires d'âge mésozoïque pour la partie nord, dans une continuité avec le continent, tandis que la partie sud de l'île, plus plate, est formée de

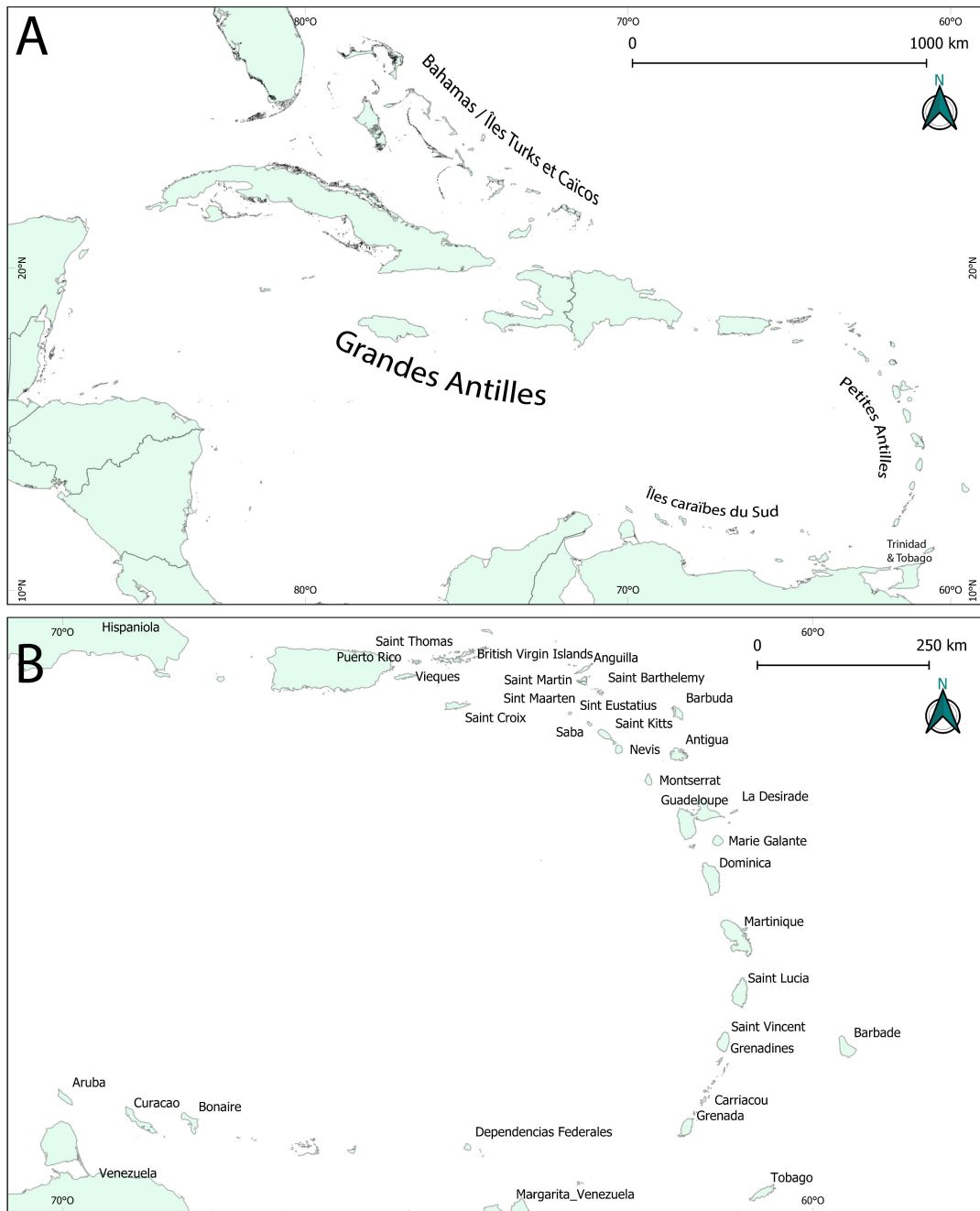


FIGURE 1.1 – A. Carte du pourtour de la mer Caraïbe, permettant de visualiser les îles caraïbes et leur disposition en arc depuis l’Amérique du Sud jusqu’à la Floride. B. Détail de la partie sud comprenant principalement des îles de petite taille.

roches sédimentaires principalement cénozoïques (ARKLE et al., 2017).

Les îles hollandaises ABC (Aruba - Bonaire - Curaçao), l'archipel Los Roque, et l'île de Santa Margarita, bien que très proches du continent, appartiennent bien, elles, à l'arc caribéen dont elles sont des sommets émergés (HIPPOLYTE & MANN, 2011, figure 1B). Ces îles sont formées d'un substrat volcanique et plutonique de la fin du Crétacé et du Paléogène fortement métamorphisé, et surmonté de roches sédimentaires principalement calcaires, déposées au Néogène et désormais émergées (HIPPOLYTE & MANN, 2011).

Les Petites Antilles sont composées d'îles de petite taille, allant de la Grenade au sud jusque Anguilla au nord. Ces îles sont positionnées en arc et sont les parties émergées d'une ride volcanique active depuis le Paléogène et allant de Grenade jusque Saba (BOUDON et al., 1987; BOUYSSÉ & WESTERCAMP, 1990; WESTERCAMP et al., 1989). On retrouve sur ces îles bien entendu principalement des roches volcaniques, des roches volcano-sédimentaires, ainsi que, par endroit, du fait de la chaleur du sous-sol, des roches hydrothermales (MAURY et al., 1991). Cette ride, au niveau de la Martinique, se divise en deux, et une branche plus orientale, dont l'activité s'est arrêtée plus tôt (fin Paléogène) et dont n'affleurent aujourd'hui, sur plusieurs îles, que les couvertures carbonatées, commence avec le sud-ouest de la Martinique à l'extrémité sud, puis se poursuit vers le nord avec Marie-Galante, Grande-Terre, Antigua et Barbuda, et le banc d'Anguilla (BOUDON et al., 1987; BOUYSSÉ & WESTERCAMP, 1990; WESTERCAMP et al., 1989). Ces îles proposent à l'affleurement une variété plus importante de roches, ajoutant à la liste de roches de l'arc actif des roches sédimentaires majoritairement carbonatées. Ces roches peuvent être issues de la sédimentation profonde océanique et être remontées par la tectonique, on trouve ainsi des calcaires fins pélagiques (comme à St. Barthélemy par exemple (CORNÉE et al., 2020)), mais il s'agit majoritairement de calcaire récifal, émergé par la combinaison des phénomènes de tectonique et d'eustatisme. L'île de la Barbade est une exception dans ce système, car il s'agit de la seule partie émergée du prisme d'accrétion de la ride de la Barbade, créé par le mouvement de subduction de la plaque Atlantique sous la plaque Caraïbe sur lequel les sédiments se soulèvent, bloqués par la ride des Petites Antilles (SCHELLMANN & RADTKE, 2004; WESTERCAMP et al., 1989). Cette île est ainsi intégralement formée de roches sédimentaires, majoritairement des calcaires coralliens quaternaires et, au nord-ouest, des roches tertiaires formées à partir de sédiments océaniques (SCHELLMANN & RADTKE, 2004).

Les Grandes Antilles, intégrant par ordre décroissant de taille Cuba, Hispaniola, la

Jamaïque et Porto Rico, ont une histoire géologique complexe. Concernant Cuba, il faut tout d'abord imaginer la création d'un arc de subduction dans le Pacifique, alors que les Amériques sont encore distantes l'une de l'autre. L'océan situé entre cet arc et la Floride s'est ensuite refermé lors de la remontée vers le nord-est de la plaque Caraïbes en passant entre l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud, et venant buter sur la plateforme Bahamas, créant la chaîne principale du nord de Cuba (BOUDON et al., 1987 ; GARCÍA-CASCO et al., 2006 ; ITURRALDE-VINENT, 1994, 2006). On retrouve donc à Cuba des roches très diverses, aussi bien des roches volcaniques, que plutoniques, des roches métamorphiques diverses comme des ophiolites ou des serpentinites et aussi des carbonates (PARDO ECHARTE & COBIELLA REGUERA, 2017). L'histoire d'Hispaniola et de Porto Rico est assez similaire, bien qu'il s'agisse cette fois d'une collision oblique entre la plaque Caraïbe et la plateforme des Bahamas et le sud de Cuba qui soit à l'origine de l'orogénèse, peu après celle du nord et du centre de Cuba (DRAPER et al., 1994 ; ITURRALDE-VINENT, 2006 ; MULLINS et al., 1992). Enfin, la Jamaïque s'est également formée lors de ces mouvements tectoniques, par accréation d'un fragment de croûte continentale d'Amérique centrale (l'extrémité du *Nicaraguan Rise*) avec de la croûte océanique en arrière de l'avancée de Cuba (DRAPER et al., 1994 ; ITURRALDE-VINENT, 2006).

Finalement, l'archipel des Bahamas, lui, n'est pas issu de cette histoire orogénique des Grandes Antilles, ni du volcanisme d'arc des Petites Antilles : il s'agit des pointements émergés de la plateforme calcaire située au large de la Floride (CAREW et al., 1997 ; DRAPER et al., 1994), dont la surface actuellement émergée est intégralement constituée de roches d'âge quaternaire (KINDLER & HEARTY, 1997 ; ONAC et al., 2009).

1.1.2 Le peuplement pré-colonial de l'archipel

L'archipel que j'ai décrit ci-dessus, d'un point de vue géographique et géologique, est également une région d'Amérique particulière par l'histoire de son peuplement par l'Homme. En effet, il s'agit très probablement de la partie des Amériques occupée le plus récemment par l'Homme (WILSON, 2007), puis dans laquelle s'est installée et développée une société d'horticulteurs pendant deux millénaires, et qui a ensuite été colonisée par les Européens rapidement, à partir de la redécouverte de l'Amérique par C. Colomb qui eu lieu, justement, dans l'archipel.

1.1.2.1 L'âge Archaïque

La première période d'occupation importante¹ dans les îles caraïbes est nommée "archaïque", par analogie avec l'occupation des Amériques continentales par des sociétés de chasseurs-collecteurs mobiles ne pratiquant pas l'agriculture et ne produisant pas de céramique (REID, 2018, p. 8). Cependant, des travaux récents, dans les 20 dernières années, ont mis en évidence des particularités au sein de cet âge archaïque dans les Antilles et même tout autour de la mer Caraïbe (HOFMAN & ANTCZAK, 2019b). Des vestiges de céramique et d'utilisation de végétaux cultivés ont pu être retrouvés (voir REID et GILMORE III (2014, p. 4) ou HOFMAN et ANTCZAK (2019a) pour de nombreux exemples), permettant de reconsidérer cet âge non pas comme une période unique et homogène, mais comme une période d'évolution, autour de la mer Caraïbe, "d'une société de subsistance orientée vers les ressources marines vers une économie basée sur la chasse, couplée à une transition d'un mode de vie très mobile basé sur la chasse et la cueillette, à un mode de vie plus sédentaire et agricole" (REID, 2018, p. 9). Ainsi le terme "archaïque" reste utilisé par la communauté des archéologues, mais ce qu'elle met désormais derrière ce terme est très différent de ce qu'elle y mettait auparavant.

Les plus anciennes traces d'occupation des îles caraïbes, pour lesquelles il faut se référer à des travaux récents au vu des dernières découvertes et des travaux sur les datations radiocarbone, datent d'environ 6000 cal. B.C. à Trinidad tandis que les Grandes Antilles, et en particulier Cuba, furent occupés vers 4000 cal. B.C., Hispaniola et Porto Rico ayant fourni des sites datés autour de 3000 cal. B.C. (HOFMAN et al., 2018; NAPOLITANO et al., 2019; PAGÁN-JIMÉNEZ et al., 2015; REID, 2018). Des sites archaïques sont également reconnus dans le nord des Petites Antilles, entre Porto Rico et La Martinique, dès la fin de la phase ancienne de l'âge archaïque (HOFMAN et al., 2018; PERROT-MINNOT & BUTAUD, 2021), mais pas plus au sud (à part à Tobago et La Barbade, dont les habitants pourraient provenir de Trinidad?). Cette absence peut être interprétée de deux façons, soit les sites archaïques des îles au sud de la Martinique n'ont pas encore été identifiés, soit ces sites n'ont jamais existé car les Amérindiens se sont dirigés directement vers les Grandes Antilles à partir du continent, qu'il s'agisse d'un point de départ à l'embouchure de l'Orénoque, au Vénézuéla, ou dans la région isthmo-colombienne. La première

1. Sur le continent des occupations importantes dites "lithiques", caractérisées par une utilisation intensive d'outils lithiques taillés, et non polis, sont recensées, mais leur développement dans l'arc antillais est très peu développé et ne sera pas abordé dans ce travail.

hypothèse impliquerait une disparition des sites archéologiques, par submersion probablement (CROCK, 2019), ou pourrait être mise au compte d'une recherche archéologique moins intensive ou peu orientée vers la recherche de sites anciens dans certaines de ces îles. Il est important de noter que des indices paléoécologiques supportant l'hypothèse d'un peuplement complet des Petites Antilles à la période archaïque existent, ainsi, des modifications du couvert végétal et du régime des feux ont été mis en évidence et rapportés aux comportements humains d'adaptation du milieu à leur mode de vie (SIEGEL, 2018 ; SIEGEL et al., 2015). Ces arguments paléoécologiques ne sont pas pris en compte par les modèles les plus récents de peuplement des Antilles (NAPOLITANO et al., 2019). Des données non prises en compte dans ces modèles récents et démontrant une présence archaïque à Marie-Galante (FOUÉRÉ et al., 2015), en Guadeloupe (STOUVENOT & CASAGRANDE, 2017) et très probablement en Martinique (PERROT-MINNOT & BUTAUD, 2021) semblent toutefois aller dans le sens du modèle basé sur les données paléoécologiques. En ce qui concerne l'origine mésoaméricaine des populations de l'âge archaïque, l'argument principal consiste en l'observation de similarités dans la production d'outils bifaciaux et de débitage laminaire entre des sites archaïques cubains et des sites mésoaméricains (RODRÍGUEZ RAMOS et al., 2013). Toutefois, les avis divergent sur cette question et d'autres chercheurs estiment qu'il est possible que ces populations viennent d'Amérique du Sud, et peut-être pas uniquement depuis la bouche de l'Orénoque, du sud vers le nord, mais depuis divers endroits du continent, vers les Grandes Antilles dans un premier temps, avant de redescendre en partie les Petites Antilles (HOFMAN et al., 2018 ; NAPOLITANO et al., 2019). Des travaux récents sur la biologie des habitants des îles caribéennes des périodes anciennes complètent désormais les données issues de l'étude du mobilier archéologique. Une étude ostéologique de conformation de la face confirmerait une origine mésoaméricaine pour les habitants de Cuba (ROSS et al., 2020). Malheureusement, des travaux génétiques récents n'ont pas permis de trancher le débat, ne permettant pas de différencier une origine sud-américaine ou mésoaméricaine pour les vestiges humains archaïques des Grandes Antilles analysés, et proposant même des arrivées multiples (FERNANDES et al., 2020 ; NÄGELE et al., 2020).

Le passage du temps au travers de l'âge archaïque voit clairement une augmentation du nombre de sites et de la taille du territoire occupé (HOFMAN et al., 2018 ; RODRÍGUEZ RAMOS et al., 2013). Le mode de vie reconnu pour les habitants des Petites Antilles à cette période implique une grande proximité avec le domaine maritime, tant au niveau

des ressources alimentaires que de la production d'outils (BONNISSENT et al., 2013; HOFMAN et al., 2018). Outre l'utilisation de coquillages pour la production d'outils, une utilisation importante du silex est aussi observée, avec une production d'éclats et de lames (HOFMAN & ANTCZAK, 2019a), aussi bien dans les Grandes Antilles avec du silex local que dans le nord des Petites Antilles avec, déjà, une utilisation importante du silex d'Antigua, reconnu dans de nombreux sites (HOFMAN et al., 2018). Des meules et molettes ont également été retrouvées et ont montré une utilisation précoce de plantes domestiquées telles que maïs, manioc, patate douce etc. (PAGÁN-JIMÉNEZ, 2013). Si l'âge archaïque était initialement défini comme acéramique, des fragments de production céramique sont connus depuis très longtemps, même s'ils sont plus nombreux dans les sites archaïques récents que dans les sites anciens (e.g. ULLOA HUNG & VALCÁRCEL ROJAS, 2019).

1.1.2.2 L'âge Céramique

Si, comme il a été exposé précédemment, les Antilles sont peuplées depuis plus de 7000 ans, le travail présenté ici est finalement intégralement concentré sur l'âge Céramique. Et c'est bien le registre archéologique lui-même qui impose cette délimitation, aucune production lapidaire² d'importance n'étant connue, ni avant, ni après l'âge Céramique, dans les Antilles. Cet âge Céramique, classiquement subdivisé sur la base des changements dans les productions céramiques (décors et formes), et qui dure environ 2000 ans, débute avec les premiers sites saladoïdes et se termine avec l'arrivée des colons européens.

L'appellation Saladoïde, comme toutes les autres appellations de séries (avec le suffixe -oïde) et sous-séries (avec le suffixe -an) (KEEGAN et al., 2013b), tire son nom du site éponyme dans lequel un type particulier de production céramique a été identifié, ici le site de Saladero au Vénézuéla (CRUXENT & ROUSE, 1958). La diversité des appellations est grande dans les Antilles, et, comme le rappellent encore récemment Keegan et Hofman (2017) : "*Archaeologists have used a bewildering assortment of names : Saladoïd, Ostionoid, Troumassoid, la Hueca, Island Carib, Island Arawak, Taíno, Lucayan, Agroalfarera, Ciboney, and so on. The challenge is to make sense of these various names, some of which even we are not sure what they really mean.*". Actuellement, la majorité des archéologues s'accorde

2. nous utiliserons dans ce manuscrit le terme de lapidaire pour désigner les productions d'objets de parure en pierre

sur le fait que cette classification en séries et sous-séries, censée représenter des aires géographiques et des périodes chronologiques particulières, montre des limites importantes, mais qu'elles sont encore nécessaires à la communication entre les chercheurs de l'aire Caraïbe (KEEGAN & HOFMAN, 2017).

Le schéma le plus employé, retravaillé à partir des travaux pionniers de Rouse (1992), et impliquant des variations locales complexes selon les îles, propose pour les Petites Antilles une division en Saladoïde et un groupe de différents faciès intégrés désormais sous le terme chapeau post-Saladoïde (HOFMAN, 2013 ; KEEGAN et al., 2013b). Le premier inclut deux sous-séries principales que sont le Saladoïde huecan (en référence au site La Hueca, Porto Rico), dont les sites sont plutôt anciens, et le Saladoïde cedrosan (en référence au site Cedros, Vénézuéla) qui lui perdure plus longtemps. Le post-Saladoïde, quant à lui, regroupe une assez grande diversité de variations locales au sein principalement des séries Troumassoïde (site de Troumassée à Ste. Lucie) et Ostionoïde (site de Ostiones, à Porto Rico), elles-mêmes subdivisées en sous-séries troumassan, suazan, ostionan, elenan, chican, marmoran (BÉRARD, 2013 ; HOFMAN, 2013). L'âge Céramique peut également être intitulé Néoindien, comme c'est le cas parfois en Amérique du Sud (NAVARRETE, 2008 ; ROUSE & CRUXENT, 1963), afin d'insister non pas seulement sur l'évolution des productions céramiques mais aussi sur l'ensemble des changements dans le mode de vie lors de cette transition (BONNISSENT, 2013). Il est alors divisé en Néoindien ancien et Néoindien récent (BONNISSENT, 2008, 2013 ; BONNISSENT et al., 2013). Une autre école propose également de mettre au même niveau Huecoïde et Saladoïde, respectivement sous le nom d'Agroalfarero I et Agroalfarero II, le premier ayant permis le développement local du Agroalfarero III (Ostionoïde) puis IV (phase Taïno) (CHANLATTE BAIK, 2013). Pour nommer les boîtes de façon homogène, sans se fonder exclusivement sur les caractéristiques des assemblages céramiques, et pour l'ensemble des Petites Antilles, B. Bérard (2019) propose de diviser l'âge Céramique en quatre périodes : ancien, moyen, récent et final (Tableau 1.1)³. Dans chacune de ces périodes se succédant dans le temps dans un même espace, plusieurs composantes culturelles sont regroupées, comme par exemple le Saladoïde cedrosan ancien et le Saladoïde huecan (indifféremment appelé Huecoïde dans cette classification, la position de série ou sous-série n'ayant plus tant d'importance et n'étant de toutes façons toujours pas tranché) dans le Céramique ancien. Le Céramique

3. Dans les Grandes Antilles et à Trinidad, comme décrit plus haut, des occupations plus anciennes pour l'âge archaïque sont connues.

DATES	AGES	PÉRIODES	COMPOSANTES CULTURELLES
16è - 18è siècles	HISTORIQUE	Contact	Cayo
1100 A.D. - contact		Céramique final	- Troumassoïde suazan - Troumassoïde marmoran (Marmora Bay) - Ostionoïde chican / Chicoïde
750 A.D. - 1100 A.D.	CÉRAMIQUE	Céramique récent	- Troumassoïde troumassan - Troumassoïde marmoran (Mill Reef) - Ostionoïde ostionan - Ostionoïde elenan - Saladoïde cedrosan récent - Caliviny
400 A.D. - 750 A.D.		Céramique moyen	Saladoïde cedrosan moyen-récent
(400 ?) 200 B.C. - 400 A.D.		Céramique ancien	- Saladoïde cedrosan ancien - Saladoïde huecan / Huecoïde
Env. 3000 B.C. - 0	ARCHAÏQUE		- Casimiroïde - Ortoïroïde corosan ?

TABLEAU 1.1 – Périodisation de l’occupation archéologique des Petites Antilles et de Porto Rico (modifié d’après BÉRARD, 2019).

récent, quant à lui, regroupe les nombreuses variations de Troumassoïde, Ostionoïde et même le Saladoïde cedrosan récent, qui sont autant de variations géographiques de la production céramique, mais contemporaines, et qui, regroupées ainsi, permettent une meilleure vision d’ensemble et une meilleure compréhension pour le non-spécialiste. Ceci, en particulier, permet d’intégrer les autres disciplines à la discussion toujours en cours au sujet de l’évolution culturelle des populations des Petites Antilles et de Porto Rico durant les deux millénaires qu’a duré l’âge Céramique. **C’est sur cette périodisation, puisqu’il faut en choisir une, et qu’elle permet une étude à l’échelle régionale, que ce travail sera basé.**

Si le passage de l’âge Archaïque à l’âge Céramique fut durant longtemps estimé comme un changement rapide et brutal liée à l’arrivée de nouveaux habitants issus du

nord-est de l'Amérique du Sud, la ré-évaluation des données et les avancées concernant l'âge Archaique ont remis en question cette vision. L'âge Céramique ne serait donc pas un remplacement drastique et unilatéral d'une société de chasseurs-pêcheurs-collecteurs par une société d'horticulteurs producteurs de céramique venus du continent, mais combinerait des modifications sur place des traditions de l'âge Archaique au contact de nouveaux arrivants avec, tout de même, un développement important de la production de céramiques selon une tradition technique et stylistique issue du continent (CURET, 2005 ; HOFMAN et al., 2018). Le Céramique ancien, ainsi, intégrant Saladoïde cedrosan et huecan, pourrait être pour le premier une migration depuis le continent et pour le second, une évolution locale des pratiques. La distribution septentrionale des sites huecan, absents des Petites Antilles du sud⁴, pourrait ainsi représenter l'évolution des cultures Archaiques de Porto Rico et des Petites Antilles du nord du fait de contacts répétés et/ou de l'installation de nouveaux arrivants en provenance directe du nord de l'Amérique du Sud (BÉRARD, 2019 ; HOFMAN et al., 2018), directement sur ces îles, selon le modèle de la *Southward Route Hypothesis*, qui se veut expliquer la présence de sites plus anciens dans cette zone (FITZPATRICK et al., 2010 ; NAPOLITANO et al., 2019). L'absence de sites huecan, cependant, sur certaines îles du nord des Petites Antilles (Antigua, Barbuda), alors que des sites archaiques y sont recensés, laisse pourtant persister un doute au sujet de cette hypothèse. La culture Saladoïde cedrosan ancien, plus proche semble-t-il d'une culture continentale, pourrait alors avoir, elle, suivi l'autre modèle de dispersion à savoir le modèle *stepping-stone*, décrivant une colonisation des Petites Antilles depuis le continent, d'île en île, du sud vers le nord. C'est actuellement l'hypothèse favorisée par les études génétiques, qui mettent en évidence une phase migratoire depuis le continent allant de pair avec l'apparition des sites du Céramique ancien et qui serait le mieux expliqué par le modèle *stepping stone* (FERNANDES et al., 2020 ; NÄGELE et al., 2020).

On retrouve dans ces premiers sites formatifs du Céramique ancien une identité culturelle forte, un système économique standardisé et prédéterminé (céramique et consommation de coquillages par exemple) ainsi qu'un réseau d'échanges à longue distance, conduisant à les caractériser de pionniers (BÉRARD, 2013, 2019 ; SERRAND, 2007). On peut aussi intégrer dans cette notion de pionniers la colonisation selon le

4. Tous les auteurs ne sont pas d'accord à ce sujet, BONNISSENT (2013) intègre, par exemple, le site de Pearls, situé à Grenade, dans l'aire du Saladoïde huecan

modèle de *leap-frog* telle que soutenue par SIEGEL (2018) et SIEGEL (2010) impliquant des explorations de territoires bien précis, en petits groupes, pas forcément suivi sur le long terme, avec des allers-retours vers la région d'origine, mais pouvant tout de même se distinguer petit à petit du cadre socio-culturel initial. C'est aussi une migration vue comme un processus complexe, impliquant des aller-retours, des essais infructueux, qui est mise en avant par Curet (2005). La production céramique est de très bonne qualité (Figure 1.2), fortement décorée (e.g. WALDRON, 2011), avec en particulier les peintures rouges et blanches, et les zones incisées croisillonées, largement décrites (e.g. BÉRARD, 2013). La culture matérielle de ces habitants des Petites Antilles est aussi soulignée, comme ce travail le confirmera, par une production lapidaire importante. En dehors du registre de la culture matérielle, cette période est aussi le témoin d'un élargissement de l'intégration de plantes et d'animaux depuis le continent sur les îles, dans des sites presque exclusivement côtiers, et d'une intensification importante de la production horticole (BÉRARD, 2019). Cette culture pionnière, et en particulier celle provenant des côtes du Vénézuéla, évoluera de façon endogène pour devenir une culture homogène à l'échelle des Petites Antilles, au Céramique moyen. Les traces d'occupations huecanes disparaissent en effet et, entre 400 et 750 cal A.D., la composante culturelle Saladoïde cedrosan moyen-récent, également appelée d'influence barrancoïde ou encore phase baroque (BÉRARD, 2013), unifie la région. La production céramique diminue en qualité, les décors se diversifient, les formes, au contraire, perdent en variété (BÉRARD, 2019; MURPHY, 1999). Des modifications sont visibles en termes de modes de vie également, avec une diversification des types de sites occupés. Cette évolution largement acceptée comme endogène, est un changement majeur dans l'évolution des sociétés caribéennes. Notons enfin que pour le Céramique ancien, les interprétations ethno-archéologiques se sont étalées sur le spectre de la complexité des sociétés, dans les années 1990, depuis une société égalitaire, tribale, jusqu'au niveau de tribu complexe pour certaines parties de l'arc antillais et Porto Rico en particulier (CURET, 1996; SIEGEL, 1989), ou, sur une interprétation similaire mais avec un vocabulaire plus en accord avec la littérature anthropologique et pour l'ensemble des Petites Antilles, "*Big men collectivities*" (BOOMERT, 2001), terme accepté plus tard par Siegel (2010) mais remplacé par "*chieftaincy*" par Knippenberg (2007), terme plus général que le concept trop mélanésien de "*Big men*" repris de REDMOND (1998). Ce terme "*chieftaincy*" peut par ailleurs être utilisé différemment par les anthropologues, par exemple pour nommer

le groupe d'individus proches du *chief*, comme certains guerriers ou prêtres (EARLE, 2011). Ce type de société aurait donc une certaine hiérarchie, mais qui ne serait pas institutionnalisée, et qui ne serait pas héréditaire, permettant à des personnes de devenir des leaders locaux et temporaires (CURET & OLIVER, 1998). Ces différentes hypothèses pourraient également être toutes correctes, si l'on se permettait parfois plus facilement de s'extraire du placage d'un modèle unique et statique pour toute cette période et l'intégralité de la zone étudiée (CURET, 2003). Les problèmes de terminologie pour ces différents niveaux de sociétés plus ou moins hiérarchisées fait d'ailleurs toujours l'objet de débats, résumés très récemment par BOULESTIN (2022).

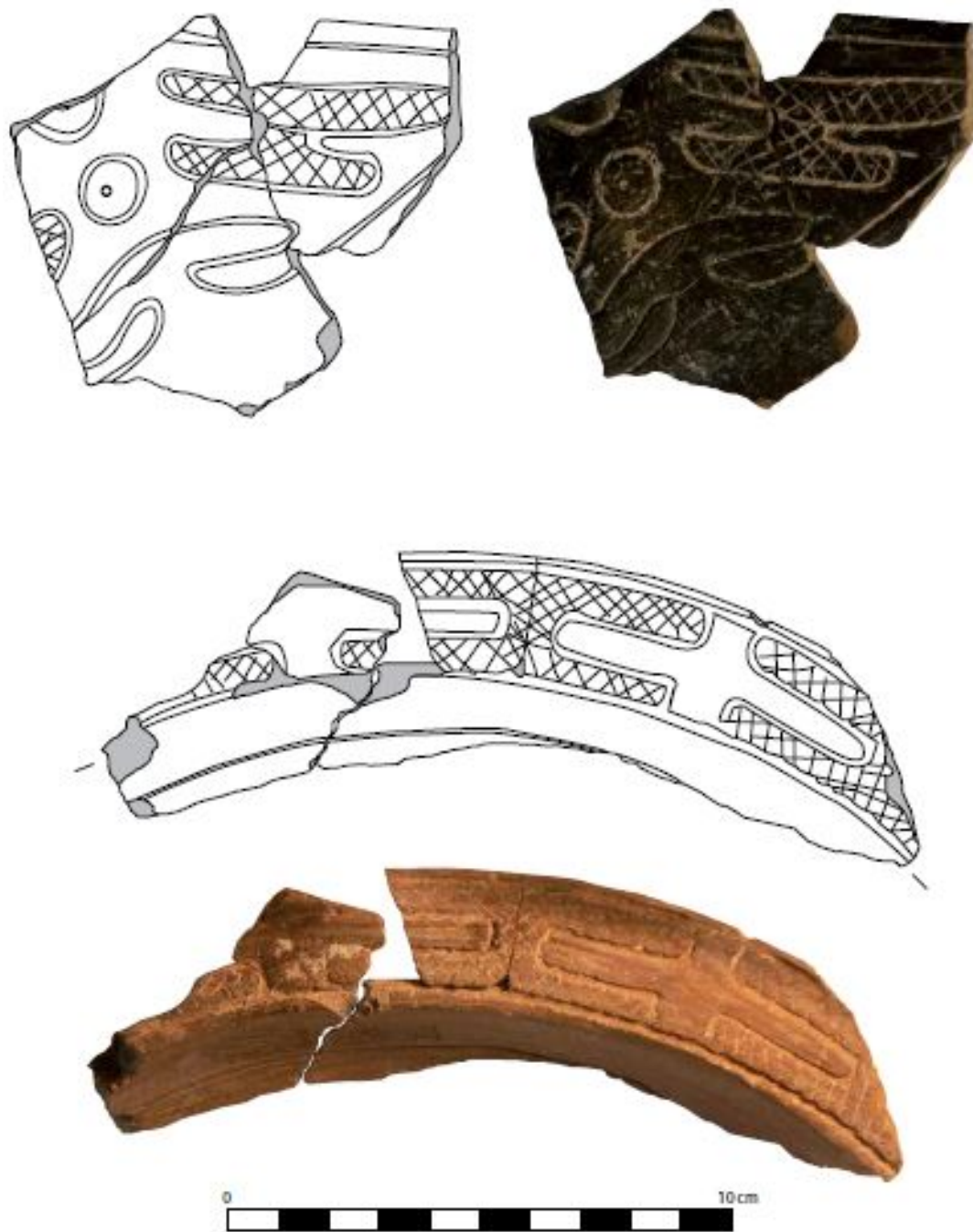


FIGURE 1.2 – Exemples de production céramique typique du Céramique ancien montrant en particulier des Zones Incisées Croisillonées (Z.I.C.) (d'après HONORÉ & BÉRARD, 2014, p. 312)

Le passage au Céramique récent est marqué par l'apparition de nouvelles cultures matérielles et de modes de vie différents, qui sont regroupés sous les appellations Troumassoïde et Ostionoïde (Tableau 1.1). Le Céramique récent se distingue tellement du phénomène Saladoïde que cette période est souvent appelée Post-Saladoïde, bien que ces mêmes auteurs voient dans le Saladoïde récent de nombreux germes des modifications traditionnellement rapportées au Céramique récent (HOFMAN, 2013). La démographie semble augmenter, si l'on se base sur la quantité de sites archéologiques connus pour cette période, et les biotopes occupés se diversifient (CROCK & PETERSEN, 2004; CURET, 2005; HOFMAN, 2013; KEEGAN & HOFMAN, 2017; SERRAND, 2007). Les productions céramiques se simplifient très largement, tant en termes de formes que de décors, tout en se différenciant géographiquement au sein de l'archipel (BÉRARD, 2019; REID & GILMORE III, 2014), avec un rapprochement stylistique des îles du nord avec les Grandes Antilles tandis que l'influence continentale se fait ressentir dans les îles plus au sud (HOFMAN, 2013). Les systèmes symboliques évoluent également, probablement vers des productions matérielles en matériaux périssables, car la majorité des vestiges archéologiques durables perdent une grande partie de l'investissement qui leur était accordé aux périodes précédentes (céramique, parure). Les pratiques funéraires évoluent également (HOFMAN, 2013). L'ensemble de ces modifications, aussi bien la régionalisation, que les modifications dans les modes de vie, semblent aller de pair avec un changement de société : la société saladoïde, égalitaire pour beaucoup d'auteurs, serait devenue, aux temps post-saladoïde, plus centralisée, plus inégalitaire, très probablement en intégrant des idées venues des Grandes Antilles (HOFMAN, 2013). Knippenberg (2007) résume le travail d'ethnologues concernant les échanges dans les sociétés non-occidentales et propose deux types de personnalités qui pourraient avoir débuté la concentration de pouvoir, faisant évoluer la société antillaise tribale vers une société plus hiérarchique appelée "*chieftaincy*"⁵, un état intermédiaire en route vers les chefferies ("*chiefdom*" en anglais) du Céramique récent. Il aurait pu s'agir aussi bien de chefs de guerre, dont le rôle est très important dans de nombreuses sociétés d'Amérique du Sud et qui assoit une partie de son pouvoir sur des échanges de biens, ou de chef spirituel (shaman), pouvant avoir une renommée régionale, et qui peut également concentrer des objets rares lui étant donnés pour obtenir ses faveurs ou un enseignement. Ces personnalités auraient

5. il s'agit de l'équivalent des "big men collectivities" calquées par (BOOMERT, 2001) depuis la Polynésie sur les sociétés du Céramique ancien, principalement en se basant sur les parures en matériaux exotiques.

alors pu concentrer des objets spéciaux dont, pour ce qui me concerne dans ce travail, des éléments de parure en pierre exceptionnels. Cette vision d'une régionalisation au Céramique récent est toutefois très largement basée sur les productions céramiques, et ce sans doute trop largement (RODRÍGUEZ RAMOS, 2007). En effet si celles-ci, pour les périodes post-saladoïdes, sont interprétées comme indiquant une régionalisation de l'espace caraïbe sous l'égide de groupes culturels distincts, possiblement des chefferies qui auraient une influence locale ou micro-régionale (CROCK & CARDER, 2011 ; CROCK & PETERSEN, 2004 ; CROCK, 2000 ; HOFMAN, 2013), l'ensemble des autres domaines du registre archéologique pointe vers un réseau macro-régional fonctionnel aussi bien en terme d'idées (art rupestre, modes de subsistance, implantation des villages) que de productions matérielle (pierres-à-trois-pointes ("*zemis*"), masques en coquille ("*guai-zas*"), haches en pierre verte...) ou encore de distribution de matières premières (silex d'Antigua, calci-rudite et cherto-tuffite de St. Martin, jadéite de Cuba et Hispaniola) (e.g. HOFMAN, 2013 ; KEEGAN & HOFMAN, 2017 ; KNAF et al., 2021 ; KNIPPENBERG, 2007 ; RODRÍGUEZ RAMOS, 2010). L'opposition entre une homogénéité saladoïde et une diversité post-saladoïde, jusqu'au contact, est donc à observer plus en détail, puisque "*[t]his emphasis on similarity has blinded us to the reality of diversity*" pour la première (KEEGAN & HOFMAN, 2017, p. 87), ce qui soutient la position de BONNISSENT (2013), tandis qu'il me semble que la diversité de la production céramique pourrait également être l'arbre qui cache la forêt de l'homogénéité des pratiques des périodes plus récentes, dont la plupart sont déjà fortement engagées dès le Céramique moyen (BÉRARD, 2013 ; HOFMAN et al., 2007).



FIGURE 1.3 – Exemples de production céramique typique du Troumassoïde (d'après KEEGAN & HOFMAN, 2017, p. 216)

1.2 Pourquoi étudier la parure en archéologie ?

Les objets de parure regroupent l'ensemble des éléments matériels utilisés pour parer un individu, catégorie dans laquelle on trouve l'ensemble formé par les perles et pendentifs, qui constitue le groupe majoritaire, très largement, que l'on peut espérer retrouver dans le registre archéologique du fait de l'utilisation importante de matériaux non périssables pour leur confection. Les perles et les pendentifs sont utilisés de par le monde pour décorer aussi bien le corps que les vêtements, des hommes ou des animaux, et ils servent également, au-delà de l'aspect décoratif, à montrer son statut social, sa richesse, son genre, comme talisman, porte-bonheur, monnaie d'échange ou encore d'autres attributs reconnus par les autres membres de la société comme la maturité biologique du porteur (e.g. GASSÓN, 2000 ; HEIZER & FOGELSON, 1978 ; MUNAN, 1995 ; NGURU & MAINA, 2020 ; NOBAYASHI, 2020 ; WIESSNER, 1982). Ils ont toutefois également un rôle dans d'autres champs sociaux, comme par exemple dans les liens qui peuvent se former à travers des échanges (S. JONES, 2003, p. 118-119). L'utilisation de tels objets, souvent qualifiés de "non-utilitaires"⁶ est attestée depuis le Paléolithique moyen ou le *Middle Stone Age* (D. E. B.-Y. BAR-YOSEF MAYER et al., 2020 ; PERESANI et al., 2013 ; RADOVČIĆ et al., 2015 ; VANHAEREN et al., 2006) et se multiplie au Paléolithique récent, en tous cas sous la forme de vestiges durables dans le temps (KUHN, 2014). Ils ont été utilisés par les archéologues depuis les débuts de la recherche en Préhistoire, avec une évolution des questions abordées au cours du siècle et demi d'existence de cette discipline (ABADÍA & NOWELL, 2015), et pour cause, ils constituent une fraction remarquable de la culture matérielle des populations du passé, comme le résume L. S. Dubin (1987) :

beads are often made of durable materials, and because they have always been treated as important personal possessions and therefore infrequently taken to the grave with their owner, they are well represented in the archaeological record. The great variety of materials, forms, and technology used to create finished beads, together with their portability and their natural prominence as adornment, renders them ideal vehicles for conveying a complex range of cultural information.

6. on trouve une définition de "non-utilitaire" dans Garofoli et Iliopoulos (2019) : "The term non-utilitarian denotes their communicative function and is used in contradistinction to the term utilitarian, which refers to non-significant artefacts and practices that had been used for the purposes of subsistence and settlement".

Au-delà de l'utilité que pouvaient avoir ces objets pour leur porteur et à laquelle il est illusoire d'espérer remonter par l'étude des vestiges archéologiques, l'importance sociale des éléments de parure leur confère un potentiel informatif important pour les archéologues qui, aujourd'hui, étudient ces cultures du passé. Vanhaeren et d'Errico (2006) résument les différentes problématiques abordées via les études de la parure par les archéologues, liste toujours d'actualité comme le montrent des publications plus récentes sur ces mêmes questions : il a pu s'agir d'apporter un éclairage sur les capacités techniques des humains du passé via l'étude des techniques de fabrication (e.g. BURLEY & FREELAND, 2019 ; GEORJON et al., 2021), d'étudier les réseaux d'échanges de ces populations et l'importance économique que peut revêtir un type particulier de production matérielle (e.g. CARTER & DUSSUBIEUX, 2016 ; GOMES, 2021 ; MILLER & WANG, 2022 ; SO, 2018 ; STINER, 2014), d'ouvrir une fenêtre sur les capacités cognitives de nos ancêtres par l'étude de l'apparition des premières parures et donc du symbolisme (e.g. D. E. B.-Y. BAR-YOSEF MAYER et al., 2020 ; VANHAEREN et al., 2019) ou de mieux comprendre l'organisation sociale d'un groupe grâce aux informations contenues dans la distribution des parures dans les sépultures (e.g. WANG & MARWICK, 2021). Il peut s'agir encore, comme c'est le cas dans ce travail de 2006 en particulier et d'autres qui ont suivi, de remonter pour ces périodes très anciennes à une certaine segmentation dans l'espace et dans le temps d'une population en groupes ethnolinguistiques (MILLER & WANG, 2022 ; NEWELL et al., 1990 ; RIGAUD et al., 2015 ; VANHAEREN & D'ERRICO, 2006). Ces développements méthodologiques et théoriques, ces utilisations diverses des éléments de parure pour répondre à des questions concernant l'évolution humaine, se sont principalement développées pour les périodes anciennes du Paléolithique car il existe pour ces périodes des questionnements spécifiques, en particulier en ce qui concerne le symbolisme, la cognition etc. Pour des périodes plus récentes, où les questions de cognition et de l'apparition du symbolisme ne se posent plus, les études des éléments de parure complètent les études des productions céramiques pour cerner les chrono-cultures (RIGAUD et al., 2018), aident à retracer les réseaux de circulation des biens et des idées grâce aux travaux sur la provenance des matériaux (KNAF et al., 2021), permettent d'appréhender les évolutions dans les techniques de fabrication, ou encore concernant la structuration sociale des groupes et leur identité (MATTSON, 2021).

Une autre particularité des études sur les périodes paléolithiques concerne la typologie des objets étudiés. On remarquera en effet que ces études incluent quasi exclusivement

des objets réalisés en coquille, en dents animales, et très peu en matière dure minérale non animale (KUHN, 2014). Seuls 10 types (11 en comptant l'ambre, bien que d'origine biogénique) sur les 142 sont réalisés en pierre dans l'étude concernant le Paléolithique supérieur européen (VANHAEREN & D'ERRICO, 2006), le reste étant en ivoire, os, dent ou coquille. Une étude similaire à l'échelle européenne pour le Mésolithique et le Néolithique comprend, elle, moins d'un quart de types de parures en pierre parmi les 224 types exclusifs définis (RIGAUD et al., 2015). Les perles et pendentifs en pierre apparaissent bien au Paléolithique supérieur (D. E. BAR-YOSEF MAYER, 2014), mais en faible proportion de l'ornementation personnelle, et se développent plus tardivement et souvent dans des cultures bien spécifiques, avec l'utilisation de matériaux particuliers : les gemmes⁷. On retrouve ainsi nombre de travaux concernant la production lapidaire concernant des cas d'utilisations importantes de roches vertes (turquoise, jadeite, néphrite, serpentine, variscite...), comme en Amérique (e.g. HARBOTTLE & WEIGAND, 1992), en Asie (e.g. HABU & JUNKO, 2004 ; WEN & JING, 1992), au Proche-Orient (e.g. D. E. BAR-YOSEF MAYER & PORAT, 2008), en Europe (e.g. ODRIOZOLA et al., 2010 ; QUERRÉ et al., 2019) etc. La cornaline aussi fait partie de gemmes utilisées dès les premières productions importantes, comme au Proche-Orient au *Pre-Pottery Neolithic* ou au Néolithique (e.g. ALARASHI, 2016 ; D. E. BAR-YOSEF MAYER, 2013 ; WRIGHT & GARRARD, 2003), dans la vallée de l'Indus (e.g. KENOYER, 1991 ; ROUX, 2000), ou encore en Péninsule ibérique (e.g. GOMES, 2021 ; THOMAS, 2011).

Bien que la réalisation d'objets de parure en coquille, ou à partir de la dent d'un carnivore, demande certaines compétences, force est de constater que façonner une perle à partir de matériaux lithique relève le niveau de difficulté. La plupart des matériaux utilisés à ces fins sont en effet, comme nous l'avons montré plus haut, des gemmes permettant la confection de perles et/ou de pendentifs d'une esthétique bien particulière. Les matériaux sont souvent rares, parfois de provenance lointaine, et ne permettent donc pas de multiplier les erreurs. Ils ont une forme initiale très éloignée de la forme finale désirée et leur dureté, en général, rend leur façonnage plus difficile et plus long. Enfin, la multiplicité des étapes de la chaîne opératoire (récolte de la matière première, éventuelle préparation par chauffe, façonnage d'une préforme par percussion ou sciage,

7. Une gemme est un matériau minéral, plutôt rare, suffisamment résistant, durable et beau, pour être utilisé à des fins d'ornementation. Ce terme regroupe et remplace les anciennes appellations "pierres précieuses" et "pierres semi-précieuses", désormais obsolètes

façonnage fin et formation de l'ébauche, perçage, limage, polissage, éventuelle décoration par gravure, telles que listées par D. Bar-Yosef Mayer (2014)), demandant pour la plupart un savoir-faire certain, peut amener à discuter de la potentielle spécialisation d'artisans lapidaires et même de la segmentation des tâches. Et ceci ne comprend que les notions techniques, auxquelles il faudrait ajouter les compétences artistiques quand on considère les perles ou les pendentifs aux formes encore plus travaillées comme des figurines anthropo- ou zoomorphes. C'est aussi une complexité rajoutée, pour le travail de l'archéologue, dans la classification des objets. En effet, le façonnage d'un objet fini à partir d'une matière brute minérale permet de produire le même type d'objet avec plusieurs matériaux différents, tandis qu'un même matériau peut permettre la création d'un nombre important de types d'objets. Aussi, si la classification des coquilles ou des dents percées peut se faire en classant par espèce animale à l'origine de l'objet, les classements intégrant les parures lapidaires peuvent être multipliées par les différentes combinaisons matière première / type. Ces classifications étant souvent à la base des études comparées, que ce soit en diachronie ou en synchronie, cette spécificité des parures lapidaires doit être prise en compte lorsque l'on tente de remonter aux traditions culturelles des groupes humains.

Ainsi, ce travail de thèse en particulier s'intéresse à l'ensemble de la parure produite à partir de matériaux lithiques, qui sera regroupé sous le terme "lapidaire" car celui-ci désigne justement l'ensemble des productions en pierre ou en minéraux d'origine géologique (et non biogéniques). Ce choix s'est imposé pour plusieurs raisons dont, très clairement, des compétences, des connaissances et un intérêt personnel orientés vers les matériaux lithiques. Mais aussi, bien entendu, et bien que le registre archéologique de la parure amérindienne des îles Caraïbes ne soit pas numériquement dominée par les matériaux lithiques mais plutôt par les objets de parure façonnés en coquille⁸, il apparaît que l'étude de la production lapidaire possède des particularités intéressantes pour l'étude des sociétés du passé. Dans les cas les plus favorables, les matériaux lithiques permettent de remonter à la provenance de la matière première. La possibilité de connaître l'origine du matériau et sa distribution dans le registre archéologique apporte ainsi des informations importantes sur les interactions entre les groupes humains. D'autres critères entrent également en jeu, tels que leur bonne préservation dans le

8. Il est également fort probable que d'autres éléments de parure, périssables, aient été utilisés par les Amérindiens, telles que des fleurs, des graines, des plumes etc.

registre archéologique leur permettant de traverser les siècles mais aussi de préserver des traces des techniques de fabrication. L'étude des productions d'outils en pierre et de leur matériaux s'intègre depuis toujours aux travaux archéologiques. Bien que l'outillage quotidien dans les sociétés du passé possédait certainement plus de charge symbolique que nous n'en donnons aux objets similaires de nos sociétés contemporaines (SINCLAIR, 1995 ; STERELNY & HISCOCK, 2014), la charge culturelle et symbolique des productions ornementales, non-utilitaires, est probablement encore plus importante. La production d'objets en pierre, en outre, permet une créativité plus importante car il est possible de façonner en trois dimensions la forme souhaitée et donc la représentation symbolique désirée, en s'affranchissant pour partie des contraintes liées à la forme originelle de la matière première. Il semble donc important d'intégrer également cette partie de la production lithique dans toute étude pluridisciplinaires en archéologie, au vu des nombreuses facettes des sociétés du passé que ces études peuvent éclairer.

1.3 État de l'art des connaissances sur la parure aux périodes Céramique dans les Antilles

1.3.1 Les parures en coquille

La production d'éléments de parure conservés dans le registre archéologique des îles caraïbes, très largement dominée par la production d'éléments sur coquille, fait l'objet de nombreuses études depuis les années 1990 (e.g. ALEGRÍA, 1995; BLICK et al., 2010; CARLSON, 1995; FALCI, NGAN-TILLARD et al., 2020; OSTAPKOWICZ, 2018; SERRAND, 2002, 2007). Ce sont principalement des éléments discoïdes, des coquillages perforés, mais aussi des plaquettes décorées et perforées, et de rares représentations plus figuratives, zoomorphes par exemple, comme des grenouilles ou des tortues. Force est de constater, toutefois, que la littérature scientifique ne contient quasiment aucune étude régionale comparative de cette production pourtant très abondante. La production scientifique se concentre en effet pour l'essentiel sur les techniques de fabrication, la chaîne opératoire, comme, en particulier, dans les travaux concernant les Bahamas (BLICK et al., 2010; CARLSON, 1995) ou la République Dominicaine (FALCI, NGAN-TILLARD et al., 2020).

Les rares travaux ayant esquissé une comparaison régionale ou diachronique tiennent, à notre connaissance, en trois publications. Havisser (1990) décrit les types présents dans les îles caraïbes du sud, le long de la côte vénézuélienne, et discute en quelques lignes de la distribution des types principaux et des types de perforation entre ces îles et le continent voisin. Hofman et Hoogland (2011) mentionnent la large distribution des incrustations et des masques en coquille dans les Antilles, ainsi que la production massive de perles discoïdes identifiée aussi bien aux Bahamas que sur le continent, à Trinidad ou dans les Petites Antilles. Enfin, le travail de Serrand (2002; 2007) est le plus complet et l'on y trouve enfin une comparaison de "l'utilisation des mollusques à des fins artisanales" entre les sites saladoïdes anciens et les sites saladoïdes moyens à récents. Un fonds commun est en effet mis en évidence (petits gastéropodes aménagés en parure, porcelaines perforées, petits éléments façonnés apparentés à des "zemis"), tandis que les sites les plus anciens, pouvant contenir une composante saladoïde huecan, se distinguent par une production plus importante de perles discoïdes, de formes en goutte ou en grenouille, d'incrustations en forme de dentier, etc. Ces productions sont

similaires également en termes de dimensions et de taxon utilisé pour leur fabrication. La production de parure en coquille aux périodes post-saladoïdes est, par comparaison, considérée comme moins abondante et moins homogène d'un site à l'autre (SERRAND, 2007).

1.3.2 Les dents et os perforées

Des vestiges osseux, et principalement dentaires, de mammifères sauvages de relativement grande taille, ont été retrouvés dans le registre archéologique. Il peut s'agir de mammifères marins, pouvant être locaux, mais les plus étudiés proviennent d'espèces terrestres ne vivant pas sur les îles Caraïbes sans introduction anthropique (GIOVAS, 2019a). Parmi ces vestiges, certains sont perforés et peuvent donc être très clairement interprétés comme des éléments de parure (GIOVAS, 2018 ; LAFFOON et al., 2014 ; SERRAND, 2016). Ils sont reconnus dans des contextes Saladoïde ancien comme à Punta Candelero (une canine de jaguar) et La Hueca-Sorcé (une canine de jaguar, une canine de pécarie à collier et une molaire de tapir du Brésil) (LAFFOON et al., 2014) ainsi que dans le site de Pearls sous la forme d'une extrémité de métatarse de cervidé probablement perforée pour en faire un pendentif (GIOVAS, 2018). Les minuscules îles de Dos Mosquitos, dans l'archipel des Roques, au large des côtes vénézuéliennes, en ont également fourni au sein d'assemblages valencioides se rapportant donc à la période du Céramique récent/final (une canine de pécarie à collier, une molaire de tapir du Brésil, deux incisives de renard crabier), ils ont également fait l'objet d'analyses isotopiques dans une étude comportant également d'autres vestiges dentaires de mammifères, non perforés (LAFFOON et al., 2018). Les îles de Dos Mosquises ont également livré une vertèbre de cervidé perforée (GIOVAS, 2018). Tous ces objets, retrouvés isolés, perforés voire cassés, sont interprétés comme étant arrivés sur ces îles déjà finis et portés. Ces analyses isotopiques, réalisées sur l'émail dentaire, renseignent sur le lieu de vie de l'animal au moment de sa jeunesse, lors de la formation de ce tissu dentaire qui ne renouvelle pas au cours de la vie de l'animal. Les analyses du strontium renseignent en particulier sur le substrat géologique, tandis que les analyses du $\delta^{18}\text{O}$ renseignent sur l'altitude et/ou la distance à la côte du lieu de vie de l'animal. En combinant ces informations, LAFFOON et al. (2014) et LAFFOON et al. (2018) apportent des éléments très intéressants sur l'origine possible de ces éléments de parure. Tout d'abord, la grande dispersion des mesures pour les éléments de parure Saladoïde huecan indique des origines diverses pour ces objets. Les

éléments de parure retrouvés à La Hueca-Sorcé pourraient provenir du Nord-Ouest de l'Amérique du Sud ou d'Amérique centrale, sans qu'il soit possible d'être plus précis, mais dans tous les cas pas tous du même endroit. La canine de jaguar mise au jour à Punta Candelerero, par contre, d'après son ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ très élevé, proviendrait probablement du nord-ouest du Brésil (LAFFOON et al., 2014). Les vestiges dentaires utilisés comme éléments de parure retrouvés sur le site de Dos Mosquises, quant à eux, ont permis d'émettre l'hypothèse d'une origine commune dans la sphère d'interaction valencioïde, autour du Lac Valencia donc, au Vénézuéla, juste au sud de l'île en question. Si ces études permettent donc d'établir des zones géographiques de provenance, ou d'établir des provenances différentes pour différentes parures, ces objets sont malheureusement très peu nombreux et ne peuvent permettre une étude synchronique ou diachronique à l'échelle des îles Caraïbes.

1.3.3 Les parures lapidaires

Si la production d'outils et de parure en coquille surpasse en quantité la production de ces mêmes objets réalisés en pierre durant la période Céramique dans les îles caraïbes, et si l'étude des productions céramiques est aux fondements de l'archéologie caribéenne, force est de constater que l'étude des matières premières lithiques est considérée depuis les années 1990 comme une des approches permettant d'appréhender les questions de territoire et d'interactions entre les groupes (KNIPPENBERG, 2007; RODRIGUEZ & RIVERA, 1991; RODRÍGUEZ RAMOS, 2010; WATTERS, 1997a; WATTERS, 1997b). En ce qui concerne la production d'éléments de parure en particulier, on pourra remarquer également une concentration de travaux dans les années 1990 qui ont ouvert la porte, celle-ci s'étant malheureusement fortement refermée dans les années 2000 pour ne reprendre qu'en seconde moitié des années 2010.

Avant les années 1990 on ne retrouve dans la littérature que de rares mentions des objets de parure en pierre. La première publication indiquant clairement ce type de production matérielle est celle d'Harrington (1924), qui liste les objets collectés (et les matériaux) par S. W. Howes à Montserrat, à partir de ramassages de surface. Trois autres publications et une présentation orale lors d'une conférence ont, à ma connaissance, développé le sujet des objets de parure en pierre. La première, centrée sur la Jamaïque, intègre dans son étude des matières premières lithiques utilisées par les Amérindiens les objets de parure en complément des outils (ROOBOL & LEE, 1976). Les matières

premières utilisées sont décrites comme des roches communes à la Jamaïque (mais également présentes dans les autres îles des Grandes Antilles), à l'exception de deux pendentifs réalisés en quartzite. Ce matériau est interprété par les auteurs comme ne pouvant provenir des Antilles, mais plutôt d'Amérique du Sud, en ayant remonté les Petites Antilles jusqu'à la Jamaïque. Les deux autres travaux s'intéressant spécifiquement aux objets de parure en pierre, y compris dans les Antilles, sont ceux de J. Sued Badillo (1974, cité dans Cody, 1990) et d'A. Boomert (1987) sur les pendentifs et perles en roche verte, et principalement les pendentifs zoomorphes. Si je ne suis pas encore parvenu à me procurer le premier, le second présente une recherche bibliographique et des observations inédites de pendentifs zoomorphes, principalement en forme de grenouille, appelés *muiraquitas*, en tentant de faire le lien entre les nombreux sites amazoniens en ayant livré, quelques sites de l'embouchure du fleuve, des sites côtiers guyanais, l'extrémité nord-est du Venezuela, Trinidad, puis les Petites Antilles, jusque Porto Rico (BOOMERT, 1987, fig. 2). Cette étude s'appuie sur un corpus très important, de littérature malheureusement très difficile à se procurer, sur des observations dans des collections privées, et constitue donc un travail majeur sur ces objets qui n'a pas été réitéré depuis. Malheureusement, la partie minéralogique/pétrographique n'est pas poussée au-delà de l'observation à l'œil nu et l'iconographie ne permet pas de se faire une idée correcte des matériaux. D'un point de vue chronologique, l'auteur conclut à plusieurs réseaux d'échange se succédant dans le temps : tout d'abord un réseau antillais et vénézuélien, intégrant les sites connus du Saladoïde, suivi d'une présence récurrente de ces objets plus au sud, sur la côte du Suriname et dans la vallée amazonienne. Enfin la présentation de G. S. Vescelius et L. Robinson (1979), non publiée mais dont il est possible de se procurer le contenu, insistent sur la provenance "exotique" des productions lapidaires retrouvées à Ste. Croix. D'autres mentions existent, comme en Martinique (MATTIONI, 1979, 1983) ou à Grenade (BULLEN & BULLEN, 1968) mais la production lapidaire n'est mentionnée que dans des publications décrivant les résultats généraux issus de la fouille de sauvetage de sites archéologiques. De même, les productions lapidaires des sites de Sorcé et La Hueca sont mentionnées dans les articles décrivant ces sites (CHANLATTE BAIK & NARGANES STORDE, 1979) ou dans des publications grand public (CHANLATTE BAIK, 1983), mais il faudra attendre de longues années pour avoir des études approfondies de ces objets.

Ces rares travaux pré-1990 sont précurseurs de ceux, plus développés, des années 1990,

qui voient la publication de plusieurs études d'envergure sur les parures lapidaires de la période Céramique. A.K. Cody termine en effet sa thèse en 1990 (CODY, 1990) et présente ses travaux au congrès de l'AIAC à deux reprises, en 1989 et 1991, permettant de publier en 1991 son travail sur le site de Pearls (CODY, 1991), à Grenade, puis en 1993 son analyse régionale de la distribution de ces objets (CODY, 1993). Ce travail spécialisé, basé sur ses propres fouilles à Pearls (incluant des déterminations minéralogiques par des gemmologues) et sur le résultat d'une enquête épistolaire auprès des archéologues de la Caraïbe, a permis de mettre en évidence la grande diversité des matières premières utilisées à la période Céramique dans les Antilles, de montrer une certaine homogénéité pour ces matières le long de l'arc antillais, ainsi que la répartition des matières premières et des types de perles et de pendentifs dans l'espace caribéen mais aussi dans le nord de l'Amérique du Sud. Dans le même temps, un inventaire de la production lapidaire du site de Punta Candelerero est publié par M. Rodriguez (1991), mettant en évidence la richesse des sites huecans de Porto Rico, bien que la documentation et l'iconographie soient fortement limitées. C'est au même congrès des archéologues de la Caraïbe que sera présenté le collier de Morel, rare cas de découverte de ce type d'objets dans une sépulture (DURAND & PETITJEAN ROGET, 1991). Les sites portoricains sont encore mis à l'honneur quelques années plus tard, lorsque Y.M. Narganes-Storde présente coup sur coup à deux congrès de l'AIAC l'inventaire incroyable (mais très peu détaillé) des milliers de pièces des sites de La Hueca (NARGANES STORDE, 1995) et Sorcé (NARGANES STORDE, 1999). À la fin de la décennie, le travail sur les perles en cornaline de Trants (Montserrat), intégrant une dimension plus technique grâce à la représentation dans le site de l'ensemble des étapes de la chaîne opératoire, est publié (CROCK & BARTONE, 1998), tandis que A.R. Murphy et collaborateurs (2000) présentent l'ensemble des objets retrouvés dans les sites d'Antigua (Royall's, Elliot's, Doig's) dans une revue de gemmologie, intégrant des identifications par des moyens analytiques tels que spectroscopie Raman et diffraction des rayons X, en complément des analyses de gemmologie dites "classiques".

Durant les années 2000, peu de travaux spécifiquement dédiés aux objets de parure en pierre sont publiés. Il s'agit de travaux préliminaires (GENT & DE MILLE, 2003) ou de mentions sans étude spécifique intégrées dans des études plus générales de sites (RIGHTER, 2002a, 2003) ou de la culture matérielle lithique de certaines îles comme Tobago (MONES, 2007). Le travail de thèse de M.D. Hardy (2008) s'intéresse aux

productions lapidaires de façon secondaire, et propose un tableau incomplet d'analyses par MEB-EDS (réalisées par G.E. Harlow), sur des objets dont la provenance précise n'est pas connue si ce n'est qu'ils ont été retrouvés à Ste Croix. Ainsi cette décennie n'apporte que très peu de résultats nouveaux ou de connaissances supplémentaires sur les productions lapidaires de la période Céramique.

C'est durant la seconde moitié des années 2010 qu'un renouveau prend forme sur cette problématique, avec le travail de deux équipes distinctes, débouchant sur deux thèses de doctorat. C. G. Falci s'intéresse en effet aux objets de parure, au sens général du terme, à la période Céramique, dans les Antilles et même sur le continent sud-américain. Elle publie plusieurs articles qui sont compilés dans sa thèse (FALCI, 2020 ; FALCI, KNAF et al., 2020 ; FALCI, NGAN-TILLARD et al., 2020). Son approche, orientée vers la description de la vie complète des objets, intègre aussi bien donc la chaîne opératoire de production, que les modes d'utilisations ou de port que l'on peut déduire des traces d'usure observables sur les objets. Son travail, intégrant la parure lapidaire mais aussi le travail sur coquille, décrit des objets nouveaux et renouvelle largement la vision de cette partie du registre archéologique. On regrettera simplement le relatif faible investissement dans la caractérisation minéralogique et pétrographique de ces objets inédits ne permettant pas toujours d'intégrer ces nouvelles données dans mes propres travaux. En parallèle de ce travail, toutefois, des études de provenance ont été menées sur certains de ces objets (KNAF et al., 2022). Ces travaux intègrent des analyses élémentaires et isotopiques de provenance de roches vertes, malheureusement sans caractérisation minéralogique des objets. Ainsi, des comparaisons sont proposées entre des sources géologiques de jadéite du Guatemala, de Cuba et de République Dominicaine, et des objets archéologiques dont la nature pétrographique est inconnue (d'après les auteurs eux-mêmes) et très peu probablement, une fois de plus, réalisé en jadéite. La grande grenouille O.30.345 interprétée comme néphrite auparavant (TOFTGAARD, 2019) de façon bien plus raisonnable, et qui d'après les photos les plus récentes (KNAF et al., 2022, fig. 5) pourrait bien être de la paragonite, est devenue ici sans analyse minéralogique supplémentaire de la "*jadeite – and omphacite – rich jade*" et est malheureusement l'unique échantillon de toute l'étude à n'avoir pas fourni de données utilisables pour les analyses d'éléments traces. Les 3 autres éléments de parure analysés dans cette étude sont déterminés comme "*there is no clear consent whether it is nephrite jade or a jadeite – and omphacite – rich jade*" mais intégrés sans autre forme de procès au jeu

de données et leur provenance est analysée par comparaison avec des données de jadéite. Un non-sens complet ! Il n'est d'ailleurs pas possible dans l'article de savoir d'où proviendrait chacun de ces 3 objets individuellement, seulement qu'ils proviendraient chacun d'une source différente : Cuba, République Dominicaine et Guatemala. Notons encore quelques productions récentes, telle que la description succincte d'une collection d'objets des Iles Vierges conservée au Danemark (TOFTGAARD, 2019) ou les travaux concernant d'autres régions potentiellement connectées aux Antilles tels que les deux études concernant la Colombie (ACEVEDO et al., 2016 ; ACEVEDO GÓMEZ et al., 2018) ou la très intéressante étude intégrant caractérisation minéralogique et description de pendentifs anthropomorphes en forme de hache ("*Axe-God pendants*") au Costa Rica (HERNÁNDEZ-MURILLO et al., 2021).

L'ensemble de ces travaux a mené la communauté archéologique de la période Céramique dans les Antilles vers une connaissance générale de la production lapidaire, mais avec un degré de précision relativement bas, permettant d'émettre des hypothèses, reprises par les uns et les autres, en particulier concernant l'existence d'un réseau pan-caribbéen de diffusion des matières premières dites exotiques⁹ (CODY, 1993 ; HOFMAN et al., 2007 ; KNIPPENBERG, 2007 ; RODRIGUEZ, 1993 ; RODRÍGUEZ RAMOS, 2010 ; WATTERS, 1997b). Toutefois, cette hypothèse repose sur des données de qualité toute relative voire médiocre :

- la précision des décomptes reste très limitée dans la majorité des travaux
- les déterminations minéralogiques sont limitées la plupart du temps à de l'observation à l'œil nu
- aucun inventaire complet des sites n'a été réalisé
- la documentation photographique est au mieux incomplète, souvent en noir et blanc, et souvent de (très) mauvaise qualité

Sur la base de cette même connaissance générale et relativement incomplète, une forte diminution de l'importance de ces productions lapidaires entre le Céramique ancien et le Céramique récent, et en particulier de l'utilisation des matières premières exotiques, est mentionnée (BÉRARD, 2013 ; HOFMAN et al., 2007 ; HOFMAN et al., 2014 ;

9. MOL, 2011, fig. 1 positionne les matériaux exotiques comme provenant des sphères d'interaction les plus lointaines, au-delà même des interactions inter-tribales.

KNIPPENBERG, 2007 ; RODRIGUEZ, 1993). Ce changement n'est malheureusement jamais quantifié ni analysé précisément, et demanderait donc d'être attesté par des études plus robustes.

Enfin, au-delà de la distribution de ces matériaux dits "exotiques", des liens que cela peut indiquer avec le continent et des modifications dans le temps de cette production et de ce réseau d'échange, les éléments de parure en pierre sont également intégrés dans quelques études visant à établir le fonctionnement des sociétés amérindiennes de la période Céramique. S'il est établi que les sociétés du Céramique récent et final relèvent de sociétés hiérarchisées, pour ce qui concerne le Céramique ancien et moyen, le niveau de hiérarchie n'est pas établi avec autant de certitude (HOFMAN, 2013). Les parures en pierre intègrent alors la réflexion depuis longtemps, avec d'autres éléments archéologiques, d'ailleurs souvent plus importants dans la discussion, comme les formes de village, la différenciations de pratiques mortuaires, des modes et niveaux de vie différents visibles sur les vestiges osseux, etc. Ces produits de l'artisanat lapidaire, donc, n'étant pas retrouvés dans les sépultures, indiqueraient l'absence d'une élite (SIEGEL, 2010), tandis que pour d'autres, leur simple existence implique des statuts différents entre individus, des rivalités, des échanges ayant des valeurs bien spécifiques et des artisans au moins semi-spécialisés (BOOMERT, 2001). Le fait qu'ils soient retrouvés très majoritairement dans les dépotoirs irait dans le sens d'une société proposant la destruction symbolique des objets, pour donner aux dépotoirs une valeur symbolique importante (RIGHTER, 2002b ; SIEGEL, 2010) ou bien ce pourrait être le reflet de grandes cérémonies, type *potlachs*, indiquant par là-même la présence de personnalités importantes pouvant se permettre de disposer de tels objets (BOOMERT, 2001).

1.4 Problématique

L'observation et la théorie sont les deux piliers de la science. [...] Les deux approches sont complémentaires et aucune d'elles n'a de sens sans l'autre. Elles sont comme les deux jambes du géant qui porte des nains sur ses épaules¹⁰ : pour avancer, le colosse doit alterner un pas à droite et un pas à gauche. Si la théorie va trop vite, il faut des données pour la confirmer. Si le volume de données est trop important, il faut une théorie pour les structurer.

MOUSSAÏD, 2019, p. 62

Au vu du contexte géographique et géologique, des possibilités offertes par la parure pour éclairer les modes de vie des populations du passé, de l'état des connaissances sur la parure amérindienne et des questionnements actuels concernant les populations d'Amérindiens de la période Céramique dans les îles Caraïbes, cette thèse de doctorat essaiera de faire progresser les deux jambes du géant, les modèles étant allés très vite sur la base de très peu de données fiables.

Les îles Caraïbes forment un environnement morcelé, varié, aussi bien en termes de géologie que de géographie, tout comme l'est notre connaissance des productions lapidaires amérindiennes. Afin d'homogénéiser notre connaissance de cette partie du registre archéologique, et d'intégrer au corpus archéologique les productions lapidaires retrouvées dans les sites des îles françaises de la Caraïbe, il s'agira alors dans le chapitre 2 de produire des données de qualité, des inventaires complets et une documentation photographique exhaustive. Grâce à ces données robustes, des comparaisons inter-sites et inter-périodes qualitatives et quantitatives seront possibles, tout ceci faisant jusqu'à présent en grande partie défaut dans la littérature.

Les travaux récents développés sur la provenance des haches en jadéite font exception en ce qui concerne les études de provenance dans les Antilles et seule la distinction local/exotique persiste en ce qui concerne les matières premières utilisées dans l'artisanat lapidaire. Des propositions hasardeuses de provenance, établies sur la base de caractérisations minéralogiques souvent douteuses, sont actuellement les seules bases de réflexion à ce sujet. Le chapitre 3 poursuivra la recherche de données nouvelles et robustes en

10. Selon la célèbre métaphore attribué à Bernard de Chartres et selon laquelle les chercheurs sont "des nains assis sur les épaules d'un géant".

se concentrant sur la partie gemmologique : analyse de minéraux, identification de matières premières plus ou moins rares et difficiles à identifier, et les possibles études de provenance réalisables à partir de ces matériaux divers. Ce travail permettra donc, dans un premier temps, d'établir une liste solide de matériaux lithiques utilisés aux différentes périodes de l'âge Céramique, dans les Petites Antilles.

À partir de cette liste et de la répartition de ces objets dans le temps et dans l'espace enregistrée dans une base de données régionale intégrant données nouvelles et revue complète de la littérature, il sera alors possible de discuter les différentes questions que les études de parure, en particulier de parure lapidaire, peuvent éclairer, dans le chapitre 4. Si la plupart des utilisations possibles de la parure ont été mises en œuvre dans les îles Caraïbes, force est de constater que ces interprétations reposent en grande partie sur des inventaires limités, des descriptions incomplètes, des sites spécifiques et non sur l'ensemble du corpus, bien décrit, que nous proposons. Notre travail proposera donc de s'intéresser à des questions déjà étudiées par le passé, mais que nous espérons raviver par une approche basée sur un corpus plus intégré et largement renouvelé. Notre synthèse régionale des connaissances pourra ainsi permettre d'aborder les considérations sociétales pouvant être approchées par l'étude de la distribution des parures en pierre. Nos connaissances sur les capacités techniques des Amérindiens de l'âge Céramique en termes d'artisanat lapidaire seront également approfondies, en particulier concernant la perforation des matériaux très durs tel que le quartz (Annexe A). Toutefois, les questionnements auxquels s'intéresse principalement ce travail concerneront les variabilités géographiques, temporelles, culturelles, de l'utilisation des matières premières et des types de productions lapidaires, que nous aborderons par différents moyens graphiques et statistiques, et ce qu'elles peuvent nous apporter comme éclairage sur les sociétés de l'âge Céramique dans les îles Caraïbes. Il ne faut toutefois pas croire que l'étude de la parure lapidaire répondra en elle-même à toutes les questions posées, bien entendu, et c'est dans une approche pluri-disciplinaire qu'il sera nécessaire d'intégrer ces données renouvelées pour continuer à mieux comprendre les sociétés amérindiennes de la période Céramique.

Chapitre 2

Études de cas

2.1 Introduction

Les travaux menés dans le cadre de cette thèse ont porté dans un premier temps, à l'initiative de C. Stouvenot, sur l'étude exhaustive de la parure lapidaire de plusieurs sites archéologiques de la période Céramique. Ils sont tous situés dans les Antilles françaises, puisque ces études étaient intégrées dans le cadre du Programme Collectif de Recherche Parures Amérindiennes dans les Antilles Françaises (PCR PAAF), financé par le Ministère de la Culture et le Conseil Régional de Guadeloupe. Dans un premier temps, ce sont les vestiges du site de la Gare Maritime, à Basse-Terre, fouillé par T. Romon pour l'INRAP (ROMON et al., 2013 ; ROMON et al., 2006), qui ont fait l'objet d'une caractérisation minéralogique, poursuivant le travail mené au préalable par P. Fouéré (2006) tant sur l'identification pétrographique que sur l'aspect typo-technologique. Cette étude a fait l'objet d'une publication en 2018 (cf. Section 2.2). Ces travaux se sont poursuivis avec l'étude, selon la même méthodologie, de l'intégralité des objets de parure en pierre de la période Céramique dans les Antilles françaises. Les études détaillées ont été rendues publiques dans les différents rapports annuels du PCR PAAF, et les sites majeurs de Guadeloupe et de Martinique ont fait l'objet d'une publication en 2020 complétant celle dédiée au site de Gare Maritime (cf. Section 2.3). Enfin, lors d'une dernière mission d'étude à Saint Martin à la fin du projet, les productions lapidaires des sites d'Hope Estate et une partie de ceux de Baie Orientale ont été étudiées. Ce travail, mené en collaboration avec P. Fouéré et L. Bellot-Gurlet, a également fait l'objet d'un rapport détaillé et ses résultats sont présentés et intégrés de façon plus aboutie dans la Section 2.4.

2.2 Publication concernant le site de Gare Maritime dans *Journal of Archaeological Science : Reports*, 2018

Cette première étude de cas concerne la série de produits lapidaires issus de la fouille du site de Gare Maritime, à Basse-Terre (Guadeloupe), menée par l'INRAP en 2006. Plusieurs étapes de la chaîne opératoire sont représentées, mais il s'agit tout de même très majoritairement d'objets finis. Cet article représente notre première application de la méthodologie intégrant étude typo-technologique et caractérisation exhaustive des matières premières utilisées pour fabriquer ces perles et pendentifs. Tous les vestiges sont issus de niveaux archéologiques interprétés comme des dépotoirs d'une occupation du Saladoïde ancien daté entre 250 et 400 cal. AD.

Des techniques d'analyse non-destructives ont été appliquées à tous les objets. La spectroscopie Raman, en particulier, a permis d'identifier l'utilisation de 13 matériaux gemme différents pour cette collection de 50 objets. Quelques objets ont nécessité l'emploi de micro-diffraction X pour compléter les attributions minéralogiques. Les matériaux employés sont, par ordre décroissant de fréquence, la serpentine, l'améthyste, la turquoise, la sudoïte, le cristal de roche, la calcite, les feldspaths, la diorite, le jaspe, l'aventurine, le clinochlore, la paragonite et la néphrite. Il est important de souligner que la plupart de ces matériaux, et en particulier la grande diversité mise en évidence au sein des "roches vertes", ont pu être identifiés de façon fiable grâce à l'application de ces techniques de caractérisation.

La diversité des matériaux utilisés pour la production des objets de parure retrouvés sur le site de Gare Maritime, grâce à l'application de cette méthode, est ainsi la plus grande actuellement mise en évidence de façon fiable dans les Antilles. La présence de sept objets façonnés en turquoise est à souligner, au vu de la rareté de ce matériaux dans les autres sites connus de la région pour lesquels des données quantitatives sont disponibles. Pour chacun des matériaux, la chaîne opératoire a pu être étudiée, et pour la première fois en s'affranchissant de la catégorie très imprécise de "roches vertes" persistant dans la littérature scientifique en raison de l'absence d'analyses minéralogiques.

Ces résultats, dans leur ensemble, permettent d'intégrer le site de Gare Maritime dans le groupe des sites saladoïdes ayant livré un nombre important d'éléments de parure en matériaux lithiques. D'une part, les diverses formes d'objets s'intègrent parfaitement dans le schéma régional pour cette période, aussi bien pour les perles que pour les

pendentifs. D'autre part, l'utilisation de 13 matériaux différents pour une collection de 50 objets seulement est exceptionnel et confirme l'utilisation, à cette période, de matières premières dites exotiques. L'origine de ces matériaux, en effet, bien que difficile à évaluer précisément sur la base des connaissances régionales, met en évidence des origines régionales voire continentales. Cette conclusion renforce encore l'idée de l'existence d'un réseau pan-caribéen, au Saladoïde ancien, permettant l'approvisionnement de matières premières pour l'artisanat lapidaire.

Ce travail a été publié dans la revue *Journal of Archaeological Science : Reports*, en 2018 (QUEFFELEC et al., 2018).



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Archaeological Science: Reports

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jasrep

Local production and long-distance procurement of beads and pendants with high mineralogical diversity in an early Saladoid settlement of Guadeloupe (French West Indies)



Alain Queffelec^{a,*}, Pierrick Fouéré^{b,c}, Céline Paris^d, Christian Stouvenot^{e,f}, Ludovic Bellot-Gurlet^d

^a CNRS UMR5199 PACEA, Université de Bordeaux, Ministère de la Culture, Bât B18 Allée Geoffroy St Hilaire, 33615 Pessac Cedex, France

^b INRAP Grand-Sud-Ouest et Dom Tom, 140 avenue du Maréchal Leclerc, CS50036, 33323 Begles Cedex, France

^c CNRS UMR5608 TRACES, Université Toulouse Jean Jaurès, Ministère de la Culture, 5 allée Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex, France

^d Sorbonne Université, CNRS, UMR8233 MONARIS, 4 place Jussieu, 75252 Paris, France

^e DAC Guadeloupe, Ministère de la Culture, 28 rue Perrinon, 97100 Basse-Terre, France

^f CNRS UMR8096 ARCHAM, Université Panthéon-Sorbonne, Ministère de la Culture, 21 Allée de l'Université, 92023 Nanterre cedex, France

ARTICLE INFO

Keywords:

Caribbean archaeology
Beads technology
Raman spectroscopy
Stone beads
Lapidary art
Raw materials
Gemstones

ABSTRACT

The preventive excavation of an archaeological site located at the Gare Maritime of Basse-Terre (Guadeloupe, French West Indies) revealed a series of stone artifacts including finished beads and pendants, as well as pieces representing several stages of the *chaîne opératoire*. This work is an integrated study of the mineralogy and typotechnology of these objects. The artifacts have been recovered from layers interpreted as midden deposits of an early Saladoid coastal settlement dated to 250–400 cal. A.D. Non-invasive analyses by Raman spectroscopy have shown that the 50 artifacts belong to 13 different gemstones which are, in decreasing order of frequency: serpentine, amethyst, turquoise, sudoite, rock crystal, calcite, feldspar, diorite, jasper, aventurine, chlorite, paragonite and nephrite. All these materials' mineralogy, and in particular the great diversity of the so called "green rocks", could only be reliably determined through an analytical characterization. The diversity of lithic materials used and abandoned in the Gare Maritime site dump is the largest known to date in the Caribbean archipelago. The presence of seven objects in turquoise is particularly noteworthy in view of its rarity in the other known sites in the region. The *chaîne opératoire* for each of these raw materials could be approached for the first time in the Caribbean area by emancipating ourselves from the "greenstone" category, which has been too often used in the past because of the lack of reliable mineralogical identification. These results make it possible to integrate the Gare Maritime site into the group of Saladoid sites which have delivered a large set of ornamental elements. On the one hand, the various shapes of artifacts fit the regional cultural pattern, both for beads and pendants shapes, the latter being mainly stylized frogs. On the other hand, the use of 13 semi-precious stones in the lapidary production is exceptional for the region and confirms the use at this period of many exotic raw materials. The provenance of these materials, although difficult to pinpoint properly due to the incomplete mapping of regional resources, documents a mixture of regional and even distant (continental) origins, thus strengthening the idea of a pan-Caribbean network for the exchange of raw materials for lapidary art.

1. Introduction

The Saladoid series, also considered as the Saladoid phenomenon, is the first series of the Ceramic Age in the Antilles (Rouse, 1992). It develops inland and coastlands in South America, probably since 2500 BC (Berard, 2013; Rouse and Cruxent, 1963) and expands towards the Antilles from 500 BC until ca. 1000 AD, depending on the islands. These migrating groups replaces and probably acculturate mutually with the former preceramic occupants of the Antilles. Their subsistence

is based on horticulture associated with hunting, fishing and foraging, while their material production is based on highly decorated ceramic, a simple lithic industry and polished axes produced from rocks and shells. The coastal and maritime area of dispersion of this culture embraces the Northeastern coast of South America and the whole of the Antilles as far north as Puerto Rico (Berard, 2013; Bonnissent, 2010; Hofman et al., 2007; Rouse, 1992).

Several Saladoid archaeological sites have yielded mineral beads and pendants in the Lesser Antilles during the past decades (Bullen and

* Corresponding author.

E-mail address: alain.queffelec@u-bordeaux.fr (A. Queffelec).

<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.07.011>

Received 9 February 2018; Received in revised form 25 June 2018; Accepted 12 July 2018
2352-409X/© 2018 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Bullen, 1972; Cody, 1991; Crock and Bartone, 1998; Fewkes, 1903; Gent and de Mille, 2003; Harris, 1980; Haviser, 1991; Henocq et al., 1995; Mattioni, 1979; Murphy et al., 2000; Watters and Scaglione, 1994) and these special artifacts have been the basis of numerous hypothesis regarding diffusion networks and sociopolitical organization. Indeed, the diffusion of these artifacts made in “exotic” material among the West Indies during the Saladoid period (500 BC–1000 AD) has been one of the bases for the idea of a pan-Caribbean network (Cody, 1993; Hofman et al., 2007; Knippenberg, 2007; Rodriguez, 1993; Rodriguez Ramos, 2010; Watters, 1997). The lapidary production, estimated as highly valuable for several reasons such as rarity of suitable raw material, time and technological investment to produce them, has also been used for reflection on the “big man collectivities” vs. “complex tribe” models (Boomert, 1999; Righter, 2003).

Exotic provenance of most of the West Indian lapidary artifacts is frequently underlined, but with poor arguments on the exact provenance of their raw material which is generally related to an incomplete mineralogical description (Cody, 1993; Crock and Bartone, 1998; Righter, 2003; Roobol and Lee, 1976). The only mineralogical study being the one by Murphy et al. (2000) for three sites in Antigua. Stylistic observation and ethnographical observations have also entered the discussion, pointing to different geographical provenance (Boomert, 1987; Narganes Storde, 1995; Rodriguez Ramos, 2011) but with no formal evidence. Among the sites yielding mineral beads, some of them are also considered as lapidary sites dedicated to the transformation of one material, like Pearls (Grenada) for the amethyst (Cody, 1991), Trants (Montserrat) or sites from Antigua for the cornelian (Murphy et al., 2000; Watters and Scaglione, 1994). As Roobol and Lee (1976) already pointed out, precise greenstone attribution “could provide an estimate of inter-island trade or migration within the Greater Antilles”, this statement obviously also stands for Lesser Antilles. Recent geological discoveries have renewed the knowledge on the geographical distribution of natural occurrences of some symbolically used minerals/rocks and especially jadeitite (Cárdenas-Párraga et al., 2010; García-

Casco et al., 2009; Harlow et al., 2006; Rodriguez Ramos, 2011; Schertl et al., 2012). It offers the opportunity of some more precise artifact provenance definition.

In this context, the excavation of the Gare Maritime Saladoid site in Basse-Terre (Guadeloupe, French West Indies), during preventive archaeological excavation, yielded a large collection of beads and pendants. It gives us the opportunity of an exhaustive mineralogical and technological study in order to document their *chaîne opératoire*. This knowledge, indeed, lacks for Guadeloupe, a large territory of the Leeward Islands, which had not previously yielded lapidary site and for which the beads and pendants are known only by the impressive discoveries at Morel (Durand and Petitjean Roget, 1991; Hamy, 1884) or of recent excavations in Basse-Terre (Bonnissent and Romon, 2004; Etrich, 2003a). The precise mineralogical identification of the Gare Maritime collection was reached thanks to a non-invasive analytical approach based on Raman spectroscopy. Applying an integrative technological study and an accurate mineralogical characterization to this new collection is thus of great interest to improve both our knowledge about the *chaîne opératoire* of beads and pendants and the diffusion of exotic minerals in the Lesser Antilles during the early Saladoid.

2. Archaeological context

The archaeological site of Gare Maritime is located in the present-day commercial harbor of Basse-Terre city, the regional capital of Guadeloupe (Fig. 1). Nowadays it is ca. one hundred meters from the actual harbor dock, but during pre-Columbian times it was located just behind the littoral pebble bank and on a river bank (Fig. 2). Although its stratigraphy is separated into several units, the geoarchaeological, lithic and ceramic studies converge towards a rather long but single occupation of the site (Romon et al., 2013). The multiple layers are interpreted as a Huecan Saladoid (or Huecoid depending of the authors) midden separated in two main stratigraphic units by a very short event



Fig. 1. Map of the regional and local position of the archaeological site of Gare Maritime, in Basse-Terre city. The islands hosting the archaeological sites mentioned in the text are also indicated.

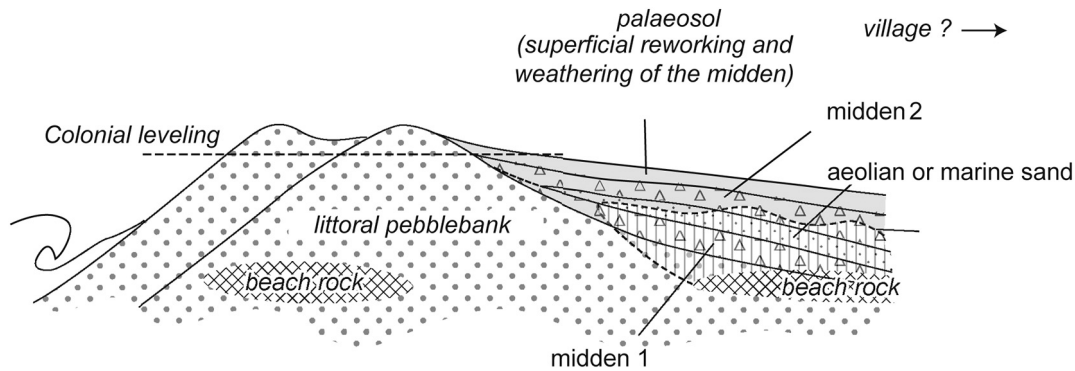


Fig. 2. Interpretative section of the Gare Maritime site representative of the Pre-Columbian period (modified after Bertran P. in Romon et al., 2013).

of sand deposition, possibly related to a violent storm. The excavation corresponds to a small part of the site, only represented by its coastal zone. The settlement area was presumably located further inland, and could be preserved under a modern square. The pre-Columbian occupation is well dated to 250–400 cal. A.D. with several radiocarbon dates related to the different stratigraphic units, only the very top layer being slightly more recent (Romon et al., 2013). This study concerns the 50 mineral artifacts which have been recovered during the manual excavation of 28 m² of the pre-Columbian layers.

3. Materials and methods

All the fifty mineral artifacts related to beads or pendants production recovered from the site have been studied in this work (Table 1, Fig. 3). They come from different layers and most of them have been recovered thanks to the systematic wet sieving with a 3 mm mesh of the full amount of sediment manually excavated during the archaeological operation.

The artifacts were typologically classified according to the terminology exposed in Fig. 4a. Technological description and artifacts measurements were performed on the basis of the terminology and the characteristic dimensions presented in Fig. 4b. Terminology is adapted from both Beck (1928) and Carter and Helmer (2015).

A first material classification was proposed via macroscopic observations, underlining a highly diverse raw material selection calling for a more detailed mineralogical determination. Especially 26 artifacts were classified as “greenstones”, a category related to an aspect rather than a rock type which can be linked to a specific geological source. It is therefore mandatory to analytically define the nature of raw materials in order to specify their geographic distribution and, when possible, their geographic origin.

Every object has been analyzed via Raman spectroscopy with a confocal Raman microspectrometer SENTERRA (Bruker Optics) equipped with 532 nm excitation line. Spectra were recorded between 100 and 1555 cm⁻¹ with a resolution of 3–5 cm⁻¹. Some pieces were also analyzed with a confocal Raman microspectrometer HR800 (Horiba Jobin Yvon) using the 488 nm emission of a Ar⁺ Laser, a 600 lines/mm grating giving a spectral resolution of about 3 cm⁻¹. For all measurements a 50× objective was used and spectra were collected on several locations for each artifact to explore the heterogeneity of the materials. All spectra were baseline corrected to subtract the fluorescence background.

Mineral identification was achieved mainly by comparison with the Ruff database (Lafuente et al., 2015) completed by some specific publications, and a strict mineralogical denomination was used according to the International Mineralogical Association list (Nickel and Nichols, 2009). Rock names for polymineralic artifacts and/or gemological appellations were also indicated to be consistent with names commonly used in archaeology.

4. Results

The mineralogical analysis of the Gare Maritime beads and pendants allowed us to confirm most of the macroscopic determination, and, as initially assumed, to refine the mineralogical composition of the greenstones (Table 1). Quartz and amethyst artifacts were obviously correctly determined macroscopically and thus confirmed by analysis, as well as calcite beads.

The major intake of Raman spectroscopy is clearly the mineralogical or petrographic attribution of the so called greenstones to eight different kinds of rocks or minerals (Table 1). The remarkable amount of turquoise (7 artifacts) was confirmed (Fig. 5A), each of the light green-blue object having been correctly identified with the naked eye.

One blank (GD-01-008) was identified as the gem aventurine since it is green and composed of quartz and muscovite. Two greenish chips (GD-01-001 and GD-01-046) were identified as albite and albite + muscovite. A miniature celt shaped artifact is made of nephrite jade, the gemological/archaeological term for the rock composed primarily of the amphibole actinolite (Fig. 5B). One broken discoid bead is made of clinocllore (Fig. 6A) and would be called chlorite as a gem. One frog-shaped pendant presenting clearly visible cleavage planes was identified as paragonite (Fig. 6B). Another frog-shaped pendant (GD-01-017), one sub-spherical (GD-01-019) and one discoid (GD-01-020) bead, were unexpectedly characterized as sudoite (Fig. 6C). Finally, seventeen of these greenstones were classified as serpentine rock, the main mineralogical component of which being antigorite (Fig. 7). Its straightforward identification by Raman spectroscopy is achieved by the presence of the specific band at 1045 cm⁻¹ and the shape and position of the O–H stretching bands at 3670 and 3697 cm⁻¹ (Groppo et al., 2006; Petriglieri et al., 2015; Rinaudo et al., 2003) observed in every serpentine artifact analyzed in this study.

In Gare Maritime's site, relations between the raw material and typology can be inferred from this quite large set of objects (Figs. 3 and 8, Table 1). The minerals represented by few artifacts mostly show their use for different types of lapidary products. For example, turquoise is used for discoid, tubular, plano-convex beads and small pendants. Serpentine is used for beads and pendants, as well as sudoite and probably calcite if the droplet blanks are meant to become pendants. The only consistency underlined in the corpus is the use of quartz (as rock crystal or amethyst) only for beads and particularly tubular beads. This is in opposition to the other two common materials, serpentine and turquoise, which have been used for beads and pendants. The other rare materials (albite, anorthite, clinocllore, carnelian, quartz + muscovite) are only used for beads, with the exception of nephrite which is only used for a very specific artifact which could be a pendant. As regards to the color of the material, the only connection with shape is the consistency in using the various green materials to produce the frog pendants.

Although we have a truncated view of the production, linked to the partial excavation of the dump and the site, and a modest collection of

Table 1
Summary of the typological measurements, technical facts and the mineralogical characterization of the studied lapidary artifacts.

Artifact reference number	Bead length (mm)	Bead diameter (mm)	Perforation diameter (mm)		Perforation type	Final object	State	Gemological name	Identified minerals
			Bead width (mm)	Pendant/blank thickness (mm)					
(g.)									
GD-01-001	7.3	5.9	4.2		–	Tablet	Raw material	Feldspar	Albite + paragonite
GD-01-002	9.1	4.2	1.8		Drilled from both ends	Long tubular bead	Finished/ broken	Amethyst	Quartz
GD-01-003	41.7	16	2–3		Drilled from both ends	Long barrel bead	Finished	Amethyst	Quartz
GD-01-004	17	11.5	10.5		–	Tubular	Blank	Amethyst	Quartz
GD-01-005	10.4	7	2		Drilled from both ends	Long barrel bead	Finished	Amethyst	Quartz
GD-01-006	12.4	7	2		Drilled from both ends	Long tubular bead with convex ends	Finished	Amethyst	Quartz
GD-01-007	3.7	5.6	1.8		Drilled from both ends	Short barrel bead	Finished	Diorite	Anorthite + diopside
GD-01-008	3	6	–		–	Polygonal	Blank	Aventurine	Quartz + muscovite + surfacic calcite
GD-01-009	16.3	9.2	7.5		–	Droplet bead/pendant?	Blank	Calcite	Calcite
GD-01-010	2	4.6	1.8		Double cone	Discoid tubular bead	Finished	Calcite	Calcite
GD-01-011	18	12	7		–	Droplet bead/pendant?	Blank	Calcite	Calcite
GD-01-012	3.2	8.3	–		Drilled from both ends	Discoid barrel bead	Finished/ broken	Chlorite	Clinchlore
GD-01-013	11.7	5.9	5.7		–	Barrel	Blank	Cornelian	Quartz + moganite + hematite
GD-01-014	2.8	6.9	2		Chamfered	Discoid barrel bead	Finished/ broken	Rock crystal	Quartz
GD-01-015	12.9	7.7	2		Drilled from both ends	Long tubular bead	Finished	Rock crystal	Quartz
GD-01-016	3	7.1	1.8		Chamfered	Discoid tubular bead	Finished	Rock crystal	Quartz
GD-01-017	13.9	7.2	4.2		Double cone + plain	Pendant	Finished	Sudoite	Sudoite
GD-01-018	9	6	3.1		Drilled from both ends	Pendant	Finished/ broken	Paragonite	Paragonite
GD-01-019	6.2	7.9	2		Drilled from both ends	Short barrel bead, wedge-shaped	Finished	Sudoite	Sudoite + gypsum + clinchlore
GD-01-020	2.1	4.2	1.5		Drilled from both ends	Short tubular bead	Finished	Sudoite	Sudoite + gypsum + clinchlore
GD-01-021	2.1	4	–		–	Polygonal	Blank	Serpentine	Antigorite
GD-01-022	11	4.3	–		–	Droplet bead/pendant?	Blank	Serpentine	Antigorite + magnetite inclusions
GD-01-023	6.1	5.8	2.4		–	Polygonal	Blank	Serpentine	Antigorite + microcharcoals
GD-01-024	19.9	9.7	6, 2		–	Droplet bead/pendant?	Blank	Serpentine	Antigorite
GD-01-025	13.4	6.5	4.5		Double cone	Pendant	Finished	Serpentine	Antigorite
GD-01-026	15	9.2	4.5		–	Oval	Blank	Serpentine	Antigorite + hematite
GD-01-027	2	4	1		Drilled from both ends	Short tubular bead	Finished	Serpentine	Antigorite
GD-01-028	13.9	4.8	4		–	Tubular	Blank	Serpentine	Antigorite + magnetite inclusions
GD-01-029	1.7	3.2	1		Drilled from both ends	Short tubular bead, wedge-shaped	Finished	Serpentine	Antigorite
GD-01-030	1.6	3.7	0.9		Drilled from both ends	Discoid tubular bead, wedge-shaped	Finished	Serpentine	Antigorite
GD-01-031	2.1	5.7	–		–	Discoid	Blank	Turquoise	Turquoise + gypsum + labradorite + Charcoal
GD-01-032	7.7	5.3	2.1		Drilled from both ends	Long tubular bead	Finished	Turquoise	Turquoise
GD-01-033	*6	*3,9	3.6		Double cone	Pendant	Finished/ broken	Turquoise	Turquoise
GD-01-034	4.2	12	1.9		Drilled from both ends	Discoid plano-convex bead	Finished	Turquoise	Turquoise
GD-01-035	2.9	3.1	1.4		Drilled from both ends	Short tubular bead	Finished	Turquoise	Turquoise + gypsum
GD-01-036	1.7	3.7	1		Drilled from both ends	Discoid tubular bead	Finished	Turquoise	Antigorite + clinchlore
GD-01-037	2.9	6.5	2.9		–	Polygonal	Blank	Serpentine	Antigorite + clinchlore
GD-01-038	1.1	4.2	0.9		Drilled from both ends	Discoid	Blank	Serpentine	Antigorite

(continued on next page)

Table 1 (continued)

Artifact reference number	Bead length		Bead diameter	Perforation diameter		Weight (g)	Perforation type	Final object	State	Gemological name		Identified minerals				
	Pendant height (mm)	Pendant width (mm)		Pendant/blank thickness (mm)	Pendant/blank thickness (mm)					-	-		-	-	-	-
GD-01-039	2.9	7	-	-	0.22	-	Discoïd	Blank	Serpentine		Antigorite					
GD-01-040	2	2.8	1	-	0.02	-	Short barrel bead	Finished	Turquoise		Turquoise + magnetite inclusions					
GD-01-041	10.4	4	1.4	-	0.08	-	Chip	Raw material	Serpentine		Antigorite + charcoal + surfacic iron/manganese oxide					
GD-01-042	30	12	5	-	2.08	-	Chip	Raw material	Serpentine		Antigorite + magnetite inclusions + surfacic calcite					
GD-01-043	5.7	5.1	3.7	-	0.09	-	Chip	Raw material	Amethyst		Quartz					
GD-01-046	5.4	5.6	1.5	-	0.05	-	Chip	Raw material	Feldspar		Albite + quartz + titanite					
GD-01-047	7.5	7.5	2	-	0.09	-	Chip	Raw material	Serpentine		Antigorite					
GD-01-050	36.4	11.3	7.9	-	6.35	-	Pendant?	Finished/ broken?	Nephrite		Actinolite					
GD-01-051	4.3	11.4	-	-	0.74	-	Fragment	Finished/ broken?	Serpentine		Antigorite					
GD-01-056	-	-	-	-	0.1	-	Chip	Raw material	Amethyst		Quartz					
GD-01-057	-	-	-	-	0.1	-	Chip	Raw material	Amethyst		Quartz					
GD-01-058	-	-	-	-	0.1	-	Chip	Raw material	Amethyst		Quartz					

50 pieces, it is possible to estimate the ornaments that can result from an on-site processing and those that could be imported as finished or semi-finished products (Fig. 8).

For rock crystal, there are no elements showing that the raw material was imported unprocessed. For amethyst, three small chips show that the raw material has been cut onsite although the corresponding preforms are missing. Only a partially polished cylindrical blank has been discovered. Production based on amethyst seems to be limited to tubular and barrel beads.

Serpentine is the most represented mineral, from raw material to finished products. All the steps of shaping small discoid beads are represented. It is more difficult to interpret the cylindrical preforms in terms of their becoming, as they could be used for tubular or barrel-shaped beads, which are absent from the series, as well as for figurative pendants, or to produce several discoid beads. The oval plate GD-01-026 could provide a good support for a frog pendant for example. However, there are no intermediate processing steps for these ornaments and it cannot be excluded that the artifact GD-01-025 has been imported in finished form. No element of the sudoite artifacts production chain is present in the series, only finished ornaments, beads and pendants, indicate that they were probably imported as such.

Although it has only seven pieces, the turquoise set offers quite an exceptional series for the Lesser Antilles. It is absent in the form of raw material, but a discoid preform with polished faces and still faceted edges shows that the first stages of these beads were made at the site. The other pieces include finished shapes, with the exception of a fragment of a pendeloque, which may have been broken during its manufacture.

Calcite ornament is curiously little represented, since this raw material may have a local origin (in Grande-Terre). Only two drop-shaped blanks, of which we do not know what type of ornament it was intended for, and a finished discoid bead, are formed in this material.

Blanks, unfinished objects, broken objects are present for aventurine, jasper, serpentine, turquoise and paragonite, suggesting that all this minerals have been worked, at least partially, on site. But most materials do not display the “raw material” and “reduction chips” stages. We could therefore hypothesize that preforms could have been the stage at which the Saladoids would have acquired most of these exotic minerals.

The details of each object's *chaîne opératoire* are difficult to infer from the Gare Maritime corpus, because most are finished and only document the last stages of the manufacturing process while some blanks do not seem to be connected to finished objects. The exception concerns discoid beads for which the full process can be studied by combining clues from the different gemstones. They are shaped from small chips (Fig. 8). Blanks are obtained by polishing both faces and edges to shape it from polygon into discoid, which diameter ranges between 5.5 and 6.5 mm. The blank is then given to its final thickness prior to perforation, as visible by the different sizes of blanks opposed to the homogeneous size of the finished objects (Fig. 9). A final polishing step, giving the luster, is probably the final step to make the finished bead after drilling. One can notice that the only bead falling in the “disc bead” category of Beck (1928) is a blank (Fig. 9). This bead is still not perfectly rounded and still not polished, as scratches are visible on its surface. The final steps would have probably made it smaller in diameter and would thus fall as a finished object into the “short bead” category. Only rock crystal beads and the chlorite artifact are bigger in size than those made from other material. Despite this bigger size of some artifacts, it is noteworthy that the proportions of the discoid tubular beads are very homogeneous, as showed by the regression line calculated on their dimensions (Fig. 9).

The specific equipment used for the manufacturing of beads is difficult to identify. Gare Maritime site delivered several pebbles used as hammers and some stone polishers which were able to participate in the manufacture of ornaments. Three polishers with groove, made of volcanic rock, were likely used for calibrating small discoid or tubular

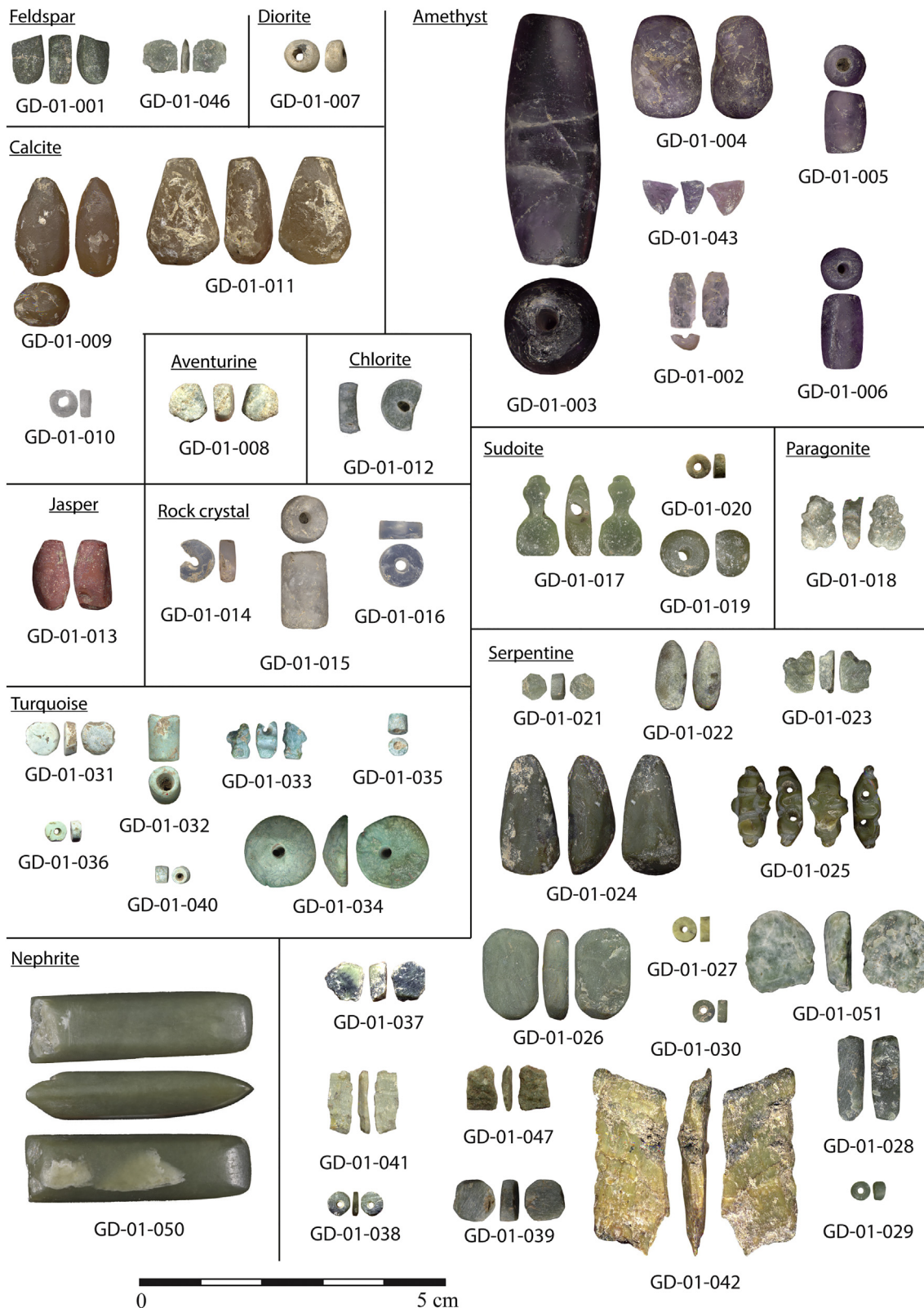


Fig. 3. Photographic documentation of the 47 main mineral artifacts related to lapidary production recovered from the Gare Maritime site. Three tiny amethyst chips are not represented. The classification by raw material types is achieved thanks to the Raman spectroscopy characterization (see Table 1).

beads, polished in a row on a link or on the unit (Fig. 10a). At Gare Maritime site, six drills made of flint have been discovered (Fig. 10b). They could have been used to start a first hole, but another technique was necessary to drill small diameter holes, sometimes several

centimeters long, in very hard materials. Hence these flint tools were probably more suitable for soft materials such as shell; also knowing that more than over a thousand shell beads have been recovered during the excavation (Romon et al., 2013).

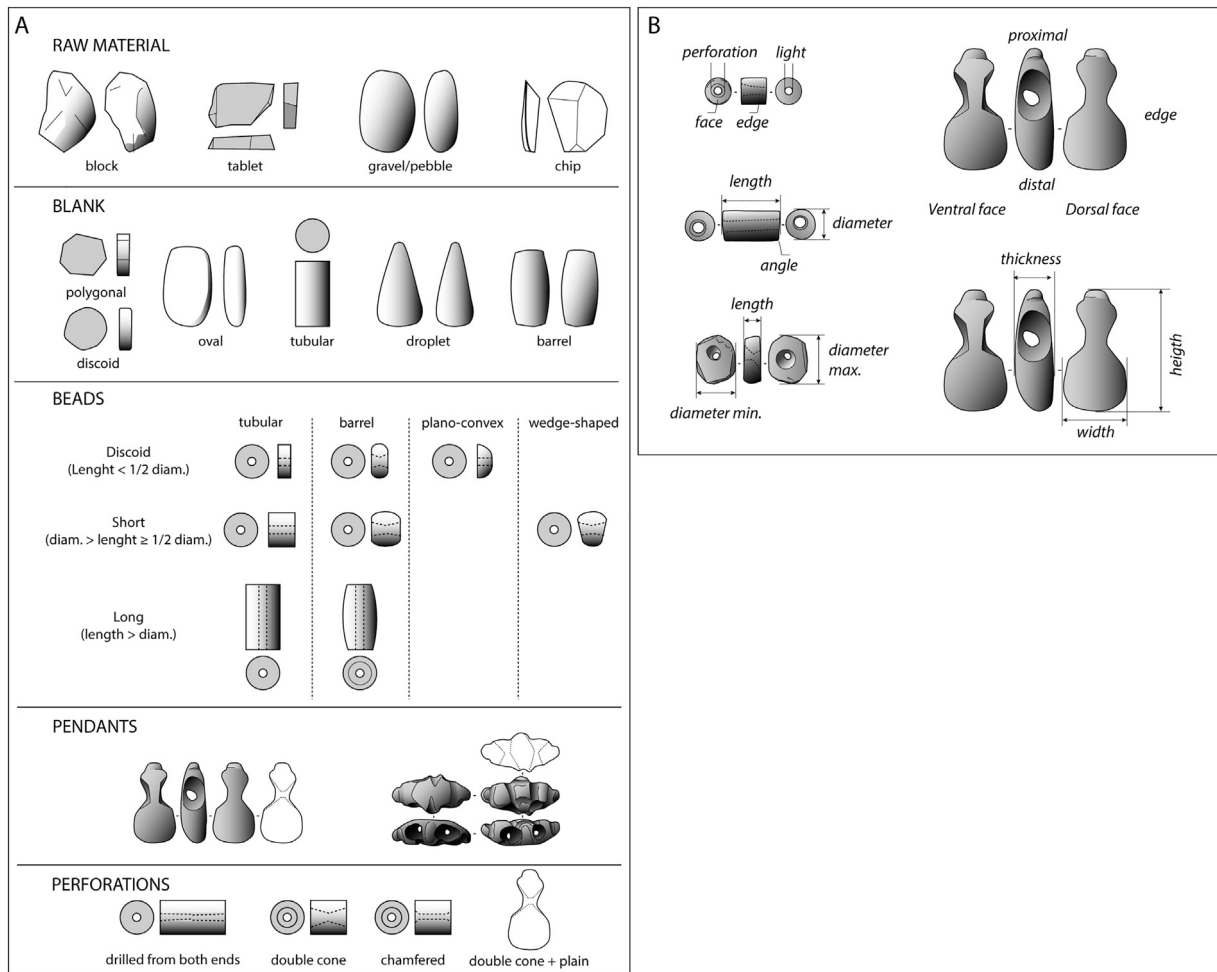


Fig. 4. Terminology used for the beads and pendants typological description (A) and characterization (B).

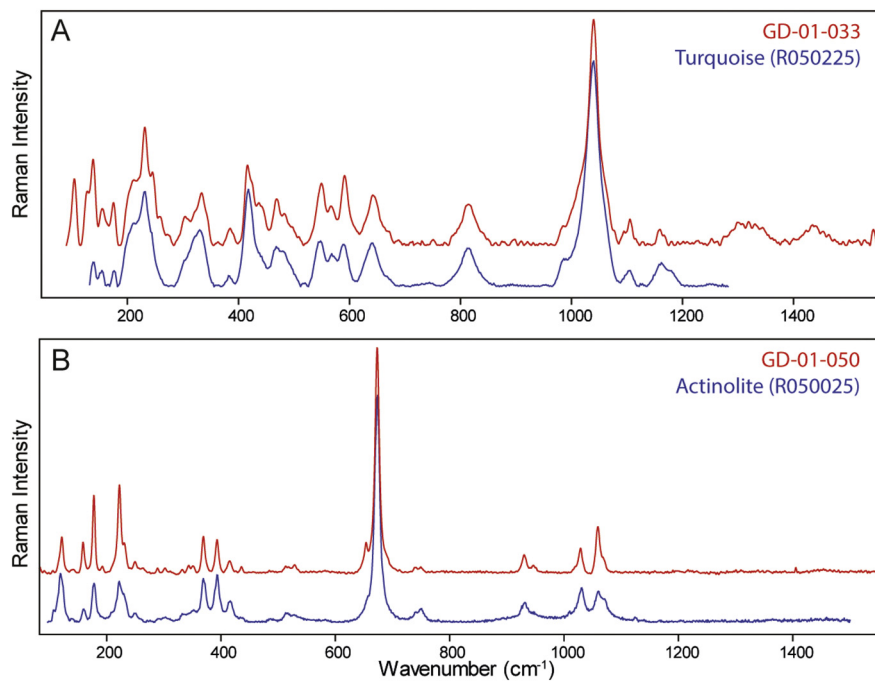


Fig. 5. Representative Raman spectra of a turquoise artifact (GD-01-033) compared to a Ruff database turquoise reference (A) and of the celt-shaped pendant GD-01-050 compared with actinolite (B).

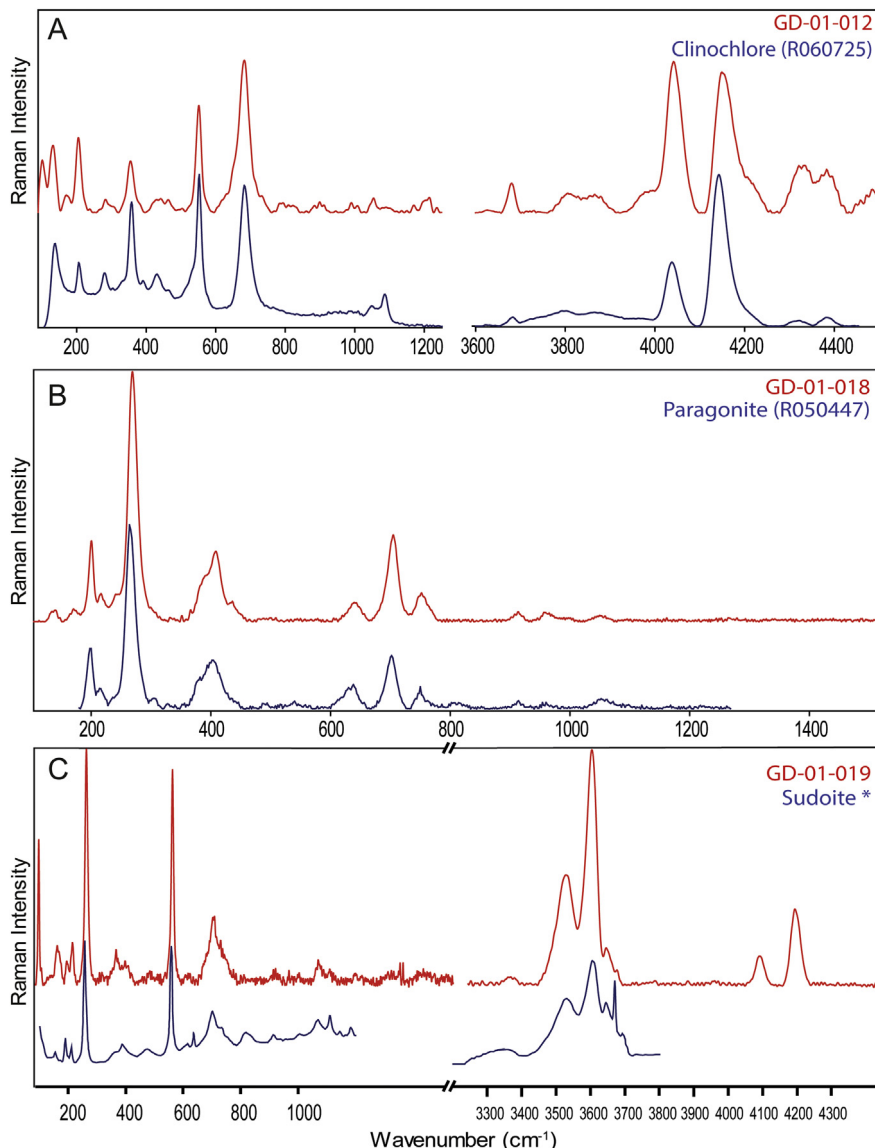


Fig. 6. Spectroscopic identification for some of the greenstones. Raman spectra of the discoid bead GD-01-012 compared with clinocllore (A), the frog-shaped pendant GD-01-018 compared with Paragonite, (B) and the sub-spherical bead GD-01-019 compared with sudoite (C) (*Reynard et al., 2015).

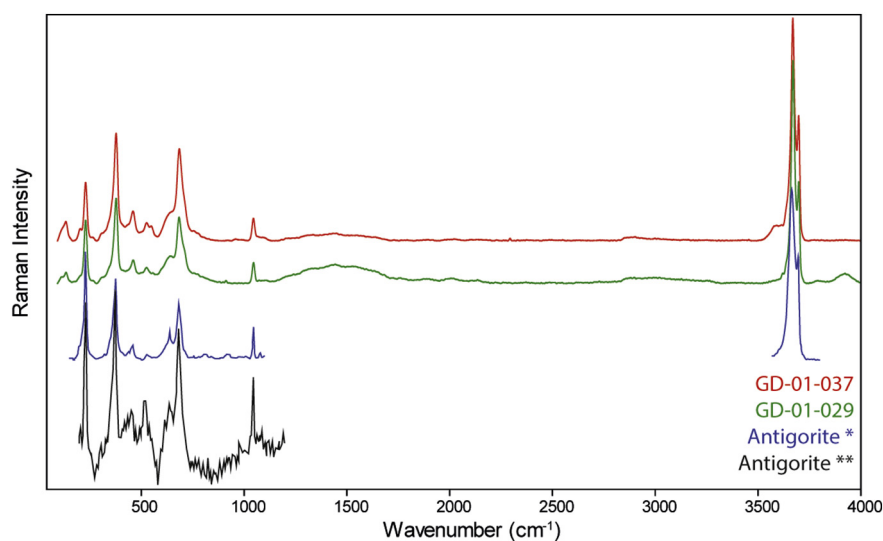


Fig. 7. Raman spectra of two representative serpentine beads compared with antigorite spectra from literature (*Petriglieri et al., 2015, **Rinaudo et al., 2003).

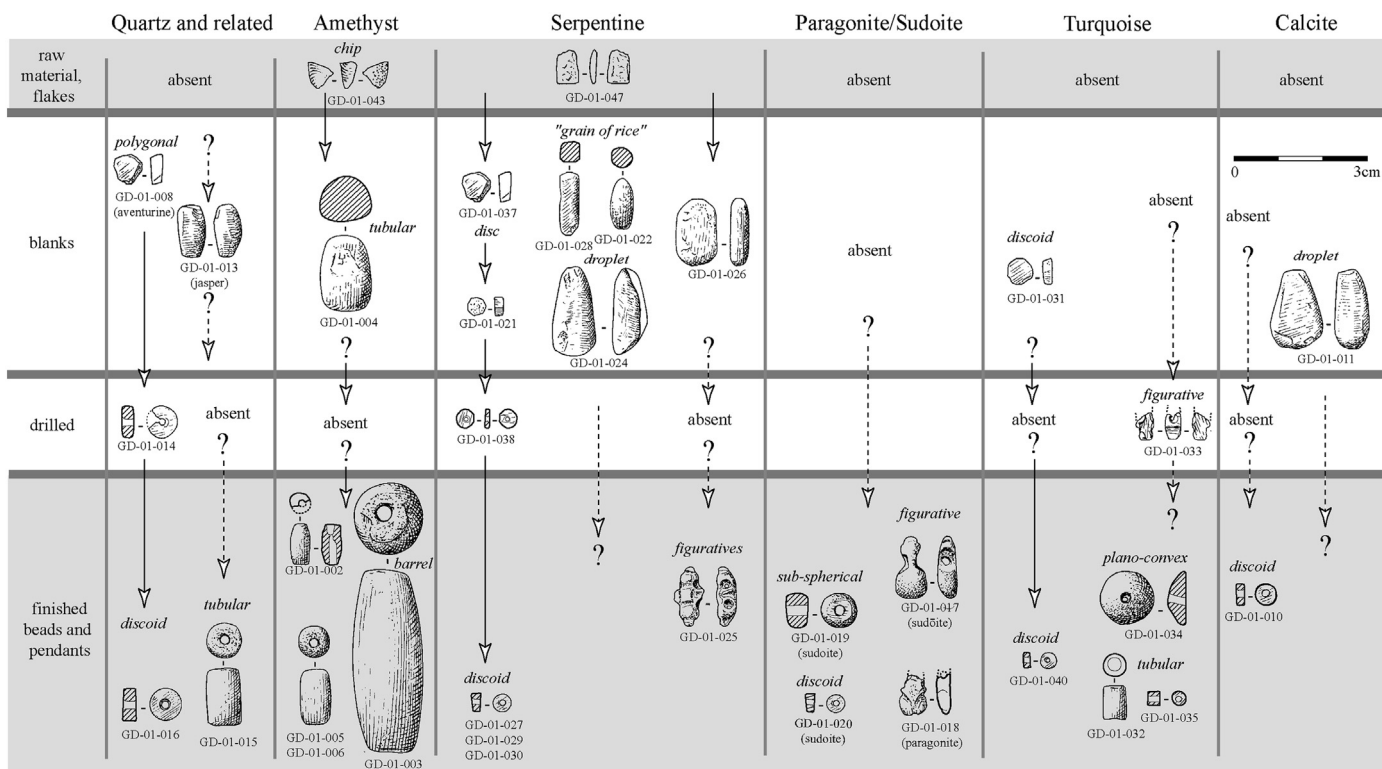


Fig. 8. Chaîne opératoire for the different minerals as represented in the Gare Maritime corpus. “Absent” notices the absence of this step in the series discovered during the excavation. This excavation being partial, questions remain about the actual absence of these products.

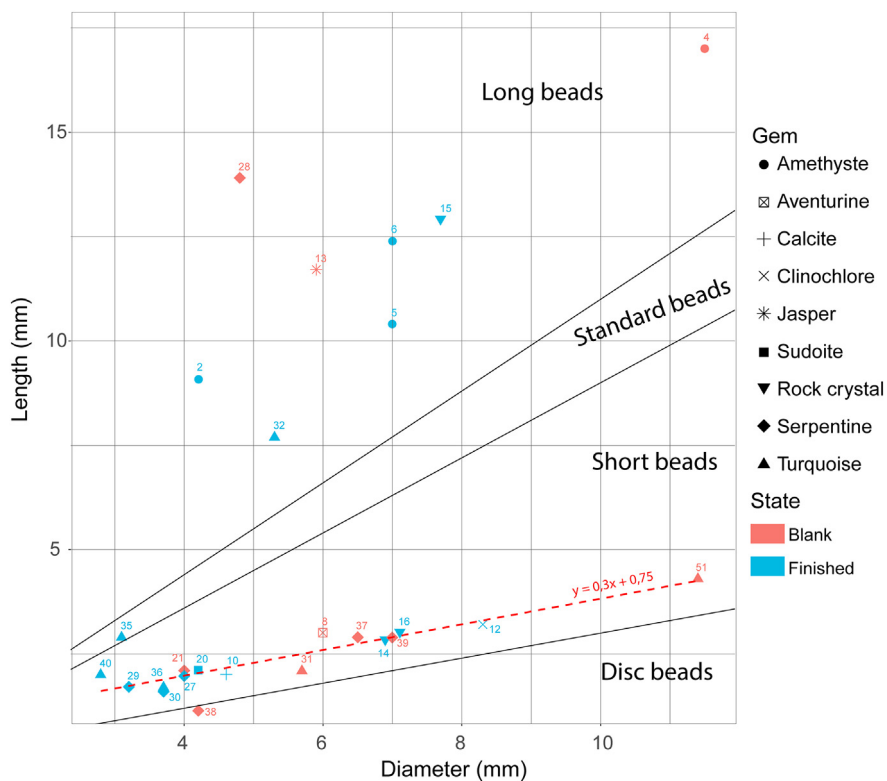


Fig. 9. Dimension pattern for cylindrical and barrel beads from Gare Maritime. Limits between the different types of beads are from Beck (1928). Only Bead GD-01-003 (excessively bigger than the others) is not presented in this graph. The regression line is calculated on the basis of the discoïd and short beads from Table 1.

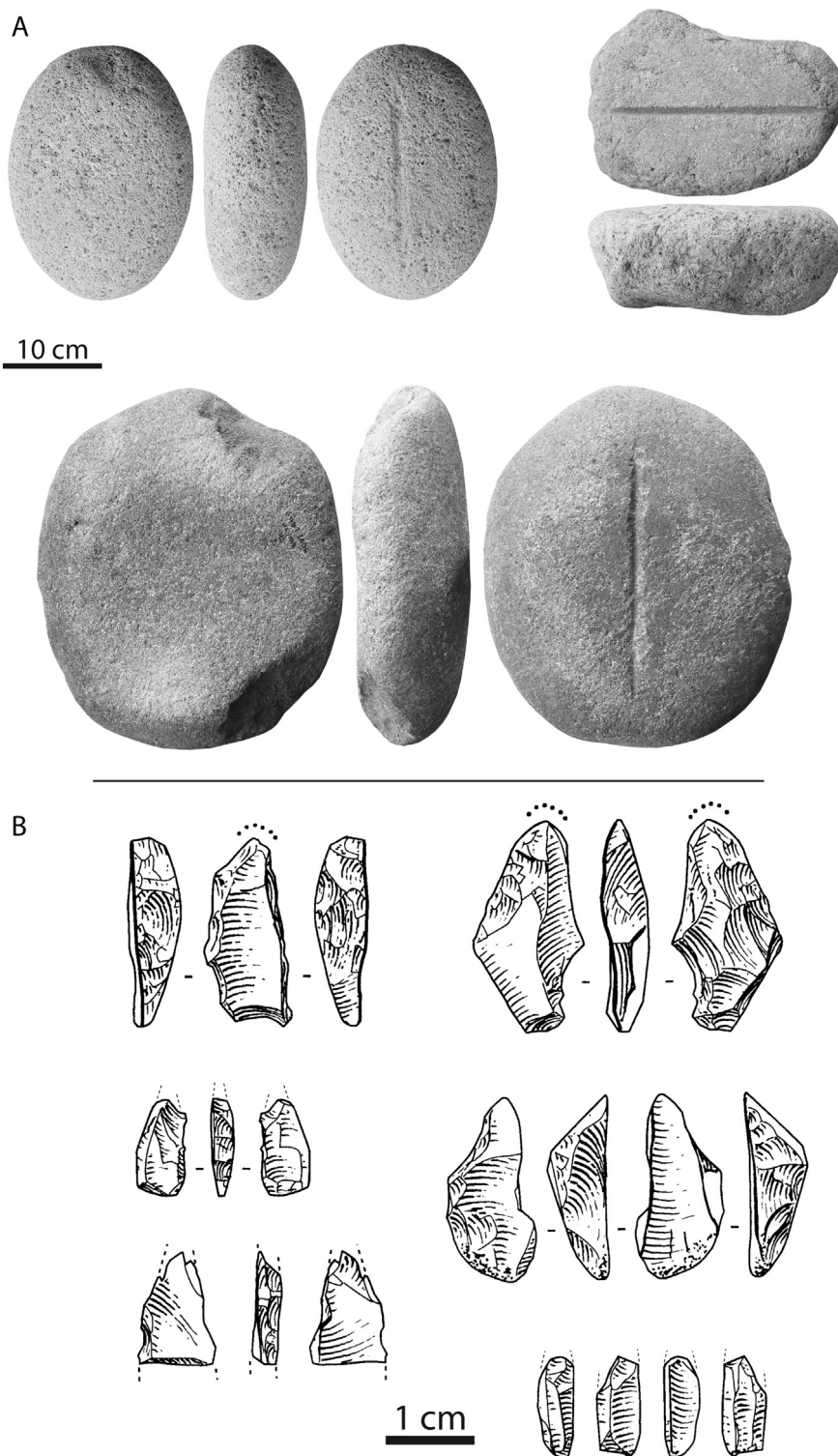


Fig. 10. Tools that can be part of the beads production *chaîne opératoire* at Gare Maritime site. A – Polishers with groove, made of volcanic rock. B – Flint drills.

5. Discussion

Gare Maritime site has proved to be one of the richest excavated West Indian site for beads and pendants and especially one which displays a great diversity of raw materials. Indeed, 50 artifacts from 13 different raw materials have been recovered during the manual excavation of 28 m² of pre-Columbian layers. One has to keep in mind that it is not a surface collection and even if it seems limited, it is one of the largest excavations of this kind of production place. It could be

argued, however, that this is probably a limited production case, reduced to the needs of the local population only and not surplus production for export as has been shown at Golden Grove (Mones, 2007).

With regard to the occupation of the site, neither geological observations, nor the complete study of the archaeological material, nor radiometric dating has allowed chrono-cultural differentiation between the different layers. The analysis of the set of beads and pendants itself does not support any stratigraphic differentiation either. Mineralogical species, shapes, states of production, are dispersed homogeneously

through the archaeological levels of the midden. The full amount of symbolic items has therefore to be considered as a single set.

5.1. Raw materials, their distribution and their potential origin

The accurate mineralogical determination by Raman spectroscopy applied to the complete set of artifacts allowed, on the one hand, to confirm part of the macroscopic observation and, on the other hand, to precisely define the mineralogy of *greenstones*. The kinds of minerals used for the production of symbolic items at Gare Maritime are in adequacy with those mentioned for the other lapidary sites of the Lesser Antilles for this period. Indeed, use of rock crystal, amethyst, carnelian, diorite, serpentine and nephrite, is already known from the major lapidary sites like: Tecla, Sorcé, Tutu, Royall, Elliot, PA-15, Trants, Vivé and Golden Grove (Table 2). Regarding the raw material represented, the specificity of Gare Maritime lies in the more common use of turquoise, here for the production of seven artifacts while only one is known in Royall (Murphy et al., 2000), two in Pearls (Cody, 1991), one in Manzanilla (Trinidad) (Nieweg and Dorst, 2001), and a relatively small amount in Sorcé and Tecla (Narganes Storde, 1995) and Prosperity (St. Croix, USVI) (Hardy, 2010). If the high concentration of a mineral can be seen as a specialization of the site like it is supposed for: Pearls (for amethyst), Trants (for carnelian) and Golden Grove (for diorite) (Cody, 1991; Crock and Bartone, 1998; Mones, 2007); Gare Maritime could be interpreted as a turquoise specialized site. However, over-interpretation should be avoided as seven artifacts among 50, dispersed in several cubic meters of a midden, make it difficult to attribute a turquoise' workshop status to the site.

The diversity and the exogenous origin of the materials used for the lapidary production of Gare Maritime raise the question of their provenance, with diversified inferences according to each material. Diorite can be supposed to come from Tobago, where it is well known both geologically and archaeologically (Mones, 2007; Snoko, 2001). The kind of very big and dark amethyst recovered (especially GD-01-003) is geologically rare and its origin is unknown despite some allusions to amethyst present in Martinique. Indeed, contrary to Cody (1993) and Hofman et al. (2007), we cannot confirm the presence in Martinique of amethyst crystals large enough to make the numerous beads found in the saladoid sites around the West Indies when reading the literature cited for this statement in these two papers, which are respectively Pinchon (1967) and Westercamp and Tazieff (1980). The first one wrote: “Amethyst, when it is constituted by big crystals deeply colored, is appreciated by stone cutters; [...] unfortunately, this is not the case of our Martinican source which is simply a geological curiosity” (proposed translation from French). The second citation, which is the booklet of the geological map of Martinique, only mention amethyst in the list of hydrothermal minerals present on the island, and not at all as dark purple crystals of 4 to 5 cm of length. The distinctive hue of the bead GD-01-003 makes it certainly special and it should be noted that this very dark purple color was also mentioned at the Pearls site among lighter colors (Cody, 1991), and that this specific color and this size of minerals does exist in Brazil (Epstein, 1988).

Concerning nephrite, the case is even more complex, since literature is contradictory. Cody (1993), based on old citations that we could not find for reading, mentions Mount Roraima and other localities in Brazil. Despite this, no recent work can confirm this: Harlow et al. (2006) and O'Donoghue (2006) stand for a complete lack of evidence of nephrite in Mesoamerica and South America, while Meirelles and da Costa (2012) seem to locate nephrite in Brazil as a common fact.

Finally, turquoise items provenance is still difficult to establish. The only well documented sources of this mineral are the numerous mines located in the South West of the USA that provided the green mineral for Mesoamerican and North American pre-Hispanic people (Harbottle and Weigand, 1992). Other sources are known in South America (Evans, 1913; Evans and Southward, 1914; López et al., 2018) and could have been related to the presence of turquoise in the North of the

continent and further in the West Indies. One last hypothesis for the origin of the turquoise artifacts recovered in the West Indies could be the existence of such a mineral source in the Greater Antilles. The jadeite example recently proved the possibility of discovering unknown sources of archaeologically valuable minerals in this region (Cárdenas-Párraga et al., 2010; García-Casco et al., 2009; Harlow et al., 2006; Rodríguez Ramos, 2011; Schertl et al., 2012). Recent works based on isotope measurements to discriminate geological sources (Hull et al., 2014; Othmane et al., 2015; Thibodeau et al., 2015) in North America may in the future be applied to West Indian archaeological turquoise to trace their origin.

Since most materials are coming from outside Guadeloupe and even outside Lesser Antilles, this raises the question of a single origin or multiple origins, even quite distant, for these products. Amethyst of the size and color of the bead GD-01-003 or even the quite large amount of large beads made of this *gem* points towards a Brazilian origin. Other minerals could also come from this region. Several minerals are products of low grade metamorphism, such as antigorite, sudoite, paragonite and chlorite. This type of metamorphism is found in the Greater Antilles as a product of the subduction activity in the region, but a detailed regional inventory of the availability of these lithic resources for prehistoric man is still to be carried out to propose provenances. Since most of the gems have their origin outside Guadeloupe and we can assume that their origin is not unique, the assumption of a large diffusion system involving South America and the Antilles is the most logical for us.

5.2. Typo-technologies, manufacturing and regional connections

Comparisons can also be made with other sites in the Lesser Antilles regarding the shapes of Gare Maritime's beads and pendants. Indeed, cylindrical, discoid, barrel-shaped and spherical beads are known from most of the archaeological sites previously listed. At Gare Maritime the diversity of shapes is the greatest for the quartz and amethyst artifacts with the complete range of shapes found in the Lesser Antilles, despite the very high hardness of these materials. Some cylindrical or barrel beads (GD-01-003, GD-01-005, GD-01-006 and GD-01-015) made of amethyst are nearly identical to those found in the burials of Morel in Guadeloupe (Durand and Petitjean Roget, 1991), and Vivé in Martinique (Mattioni, 1979); or in other contexts like in the Guadeloupean sites of: 24 rue Schoelcher (Etrich, 2003a), Allée Dumanoir (Etrich, 2003b, 2002), Anse Ste Marguerite (unpublished); the West Indian sites of: Pearls (Cody, 1991), Elliot (Murphy et al., 2000) and other parts of the Morel site (Delpuech, 1995; Hambourg, 1999) or the continental site of Midden Ramdutt's field in Guyana (Roth, 1944).

Regarding the manufacturing, it is difficult to imagine how Amerindian people managed to drill such long beads of amethyst with their technology, an issue that has been already raised before. The only answer that one can find is in old texts about the Amazonian bead makers, like Vincent Roth (Roth, 1944) that cannot recall if Wallace or Bates told him that drilling a bead “took the spare time of three generation”, and specify the technique used: “with nothing harder than the mid-rib of leaf of the ite palm”. It is noteworthy that Walter Edmund Roth, his father, wrote, in 1924, quoting Wallace (1889), that it took two lives and not three. We thus have probably only one primary source writing about quartz bead makers in the Amazonian Basin that is Wallace (Wallace, 1889) who wrote: “I now saw several of the men with their most peculiar and valued ornament a cylindrical, opaque, white stone, looking like marble, but which is really quartz imperfectly crystallized. These stones are from four to eight inches long, and about an inch in diameter. They are ground round, and flat at the ends, a work of great labour, and are each pierced with a hole at one end, through which a string is inserted, to suspend it round the neck. It appears almost incredible that they should make this hole in so hard a substance without any iron instrument for the purpose. What they are said to use is the pointed flexible leaf-shoot of the large wild plantain, triturating with fine sand and a little water; and I have no doubt it

Table 2
 Presence/absence of the most common minerals found in the lapidary sites identified in the Lesser Antilles or the bead-rich sites of the region. R/C: raw material/reduction chip; B: bead or pendant blank; F: finished bead or pendant. Sites are listed from north to south (see Fig. 1).

Site	Island	Context	Amethyst			Rock crystal			Cornelian			Chalcedony			Serpentine			Nephrite			Calcite			Turquoise			Diorite			Other							
			R/C	B	F	R/C	B	F	R/C	B	F	R/C	B	F	R/C	B	F	R/C	B	F	R/C	B	F	R/C	B	F	R/C	B	F	R/C	B	F					
Tecla	Puerto Rico	Excavations	X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	Aventurine, marble, malachite			
Sorcé	Vieques	Excavations	X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	Aventurine, marble, malachite			
Tutu	St. Thomas	Excavation (midden)	X			X																												Green chert			
Royall	Antigua	Excavations + surface	X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	Jasper, limestone, tuff, barite			
Elliot	Antigua	Excavations + surface	X			X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	Limestone, tuff, barite			
PA-15	Antigua	Excavations	X	X		X																												X	X		
Trants	Montserrat	Excavations + surface	X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	Feldspar			
Gare Maritime	Guadeloupe	Excavation (midden)	X	X		X																												X	Jasper, aventurine, feldspar, chlorite, sudoite, paragonite		
Vivé	Martinique	Excavation (burial)	X			X																													Greenstone		
Pearls	Grenada	Excavations	X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X				
Golden Grove	Tobago	Excavations																																	X	X	X

is, as it is said to be, a labour of years. Yet it must take a much longer time to pierce that which the Tushaiia wears as the symbol of his authority, for it is generally of the largest size, and is worn transversely across the breast, for which purpose the hole is bored lengthways from one end to the other, an operation which I was informed sometimes occupies two lives.” Some very rare drills or fragments of drills, related to hard stone drilling, have been mentioned in a few sites, as it is the case (but unfortunately without any representation of them) in Pearls as a “drill bit [made of] hard stone” (Cody, 1991) or in PA-15 with “small trapezoidal chert flakes [that] may be drill bits” (Gent and de Mille, 2003). Cody (1991) and Crock and Bartone (1998) also note the presence of partially drilled quartz beads, the latter mentioning that the bottom of the hole presents a remnant cone, leading them to think that a hollow drill must have been used. Regarding the Gare Maritime's artifacts that could be related to manufacturing tools (Fig. 10), as previously discussed, they are mainly represented by polishers and the flint drills identified cannot be at the origin of fine and long bead's holes. The lack of precise information for the drills of Pearls and PA-15 unfortunately prevent us to think they are different from the ones from Gare Maritime. The documentation of drilling technologies will need further studies, regarding for example use wear studies of artifacts and putative tools, or complementary investigation based on experimental archaeology.

The plano-convex bead made in turquoise (GD-01-034) is only similar (typology and raw material), to our knowledge, to the *adornos plano-convexo* found in Sorcé (Narganes Storde, 1995) among a thousand beads and pendants recovered during its excavation. In this site, this specific type of artifacts always exhibits a greenish color even if they are made of diverse materials. They are there interpreted as eyes of disappeared wooden or cotton sculptures. It could also be similar in shape to the turquoise bead of Royall's site (Murphy et al., 2000, Fig. 10).

All the pendants found in Gare Maritime are frog-shaped pendants of small size (the so called “segmented frog” (Cody, 1993)), all made in green colored material. For two of them (GD-01-017 and GD-01-018), as for the amethyst beads, the shape is very close to a frog pendant found in another vicinity site (Cathédrale de Basse-Terre (Bonnissent and Romon, 2004)) and the mineralogy is identical (Queffelec et al. unpublished data). But similar objects have also been found in other islands of the Lesser Antilles, Greater Antilles and even Costa Rica (Cody, 1993; Rodriguez Ramos, 2010).

Beyond the variety of shapes and materials excavated from the Gare Maritime site that fits perfectly in the diversity of the lapidary sites or adornments-rich sites of the Lesser Antilles, the Gare Maritime stone artifacts also enter in the range of the Early Ceramic Age “shiny personal ornaments” period as Rodriguez-Ramos calls it (Rodriguez Ramos, 2011). This tradition, connected to a north-south West Indian trade route with materials and ideas coming from South America, or even, depending on the authors, a Pan-Caribbean network involving also Mesoamerica, is said to disappear to be replaced by productions on more local materials (Knippenberg, 2007; Rodriguez Ramos, 2010, 2007). The dating of the Gare Maritime site (250–400 cal. AD), indeed, corresponds to the model of a lapidary crafting using exotic materials during the first five centuries of our era by adding a new point on the map and on the timeline. Indeed, Gare Maritime presents a large diversity of materials coming from outside the Guadeloupe Island (jasper, diorite, serpentine and sudoite) and even some other from outside the Lesser Antilles (amethyst, nephrite, turquoise) with perhaps for the latter a South American origin.

6. Conclusion

The site of Gare Maritime (250–400 cal. CE) yielded a collection of 50 lapidary artifacts ranging from the raw material to the finished object. Beyond illustrating the development of the lapidary art in the Caribbean basin, the presence of a wide variety of exogenous raw materials testifies to long-distance diffusions networks. Such a

collection, recently excavated, for this specific prehistoric period in Guadeloupe offers primary documentation for studying the entire *chaîne opératoire* of these valuable goods.

Raman spectroscopy was mandatory in non-invasively identifying the precise mineralogical composition of all these objects, especially the 33 so-called *greenstones*. For this color class, eight different kinds of rocks or minerals have been identified, which are: aventurine, chlorite, feldspar, nephrite, paragonite, serpentine, sudoite and turquoise. Beyond that, five other kinds of rocks or minerals (amethyst, calcite, jasper, rock crystal and diorite) were identified in the collection.

Due to the lack of accurate and reliable geological resource documentation about the lithic resources in the West Indies, for the moment it is not possible to attribute a precise geographical provenance for the identified raw materials. Moreover for some of the mineral identified, as amethyst, nephrite and turquoise, a more distant source on the continent (Mesoamerica or South-America) must be investigated. At this stage, the results obtained contribute to define the distribution areas of raw materials and specific typologies that already contribute to the debate of cultural diffusions.

The *chaînes opératoires* for the different materials have been approached, despite some raw materials poorly represented in the studied collection. Some materials are processed on site (amethyst, aventurine, jasper, feldspar, calcite, serpentine and turquoise), while others (chlorite, diorite, nephrite, paragonite, rock crystal and sudoite) seems to be brought on site already finished. Pendants are made only of green materials, while very hard material such as rock crystal and amethyst are used only for bead production.

Style and material analysis allow confirming the extension of a homogeneous production with some objects found very similar to nearby and remote archaeological sites. The main minerals, also, are represented in most of the studied sites in the area. The geographical and chronological position of the Gare Maritime site fit the model of a lapidary production of beads and pendants in exotic minerals during the end of the Saladoid period.

Further accumulation of data and the methodology implemented in this work applied to future archaeological collections will provide an advanced description of the *chaîne opératoire* for these prestigious artifacts.

Acknowledgments

We are grateful to Thomas Romon (INRAP, UMR5199 PACEA) who directed the excavation of the Gare Maritime archaeological site, and to Eddy Foy (NIMBE, LAPA-IRAMAT) for his help during the mineralogical validation via X Ray Diffraction analysis of some artifacts. This study was conducted in the frame of the Programme Collectif de Recherche “Parures amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles Françaises: minéralogie, sources géologiques et fabrication” funded by the Regional Service of Archaeology of Guadeloupe and the Guadeloupe Regional Council. This research was also partially supported by the LabEx LaScArBx research program (ANR-10-LABX-52).

References

- Beck, H.C., 1928. Classification and Nomenclature of Beads and Pendants. *Archaeologia* 77, 1–76.
- Berard, B., 2013. The Saladoid. In: Keegan, W., Hofman, C., Rodriguez Ramos, R. (Eds.), *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology*, pp. 184–197.
- Bonnissent, D., 2010. Archéologie précolombienne de l'île de Saint-Martin. *Petites Antilles. Des campements des nomades des mers aux villages des agriculteurs-potiers (3300 BC–1600 AD)*. Editions Universitaires Européennes.
- Bonnissent, D., Romon, T., 2004. Fouilles de la Cathédrale de Basse-Terre (Rapport Final d'Opération No. SRA 2002-13). INRAP Guadeloupe, Basse-Terre Guadeloupe.
- Boomert, A., 1987. Gifts of the Amazons: green stone pendants and beads as items of ceremonial exchange in Amazonia and the Caribbean. In: *Antropologica*, pp. 33–54.
- Boomert, A., 1999. Saladoid sociopolitical organization. In: *Proceedings of the 18th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp. 55–77 (Grenada).
- Bullen, R.P., Bullen, A.K., 1972. Archaeological investigations on St. Vincent and the Grenadines, West Indies, American studies (Report No. 8). Bryant Foundation,

- Orlando, Florida.
- Cárdenas-Párraga, J., García-Casco, A., Nunez-Cambra, K., Rodríguez-Vega, A., Blanco-Quintero, I.F., Harlow, G.E., Lázaro, C., 2010. Jadeitite jade occurrence from the Sierra del Convento mélange (eastern Cuba). *Bol. Soc. Geol. Mex.* 62, 199–205.
- Carter, B., Helmer, M., 2015. Elite dress and regional identity: Chimú-Inka perforated ornaments from Samanco, Nepeña Valley, Coastal Peru. *BEADS J. Soc. Bead Res.* 27, 46–74.
- Cody, A., 1991. From the site of Pearls, Grenada: exotic lithics and radiocarbon dates. In: Ayubi, E.N., Havisser, J.B. (Eds.), *Proceedings of the 13th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp. 589–604 (Curaçao).
- Cody, A., 1993. Distribution of exotic stone artifacts through the Lesser Antilles: their implications for prehistoric interaction and exchange. In: Cummins, A., King, P. (Eds.), *Proceedings of the 14th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp. 204–226 (Barbados).
- Crock, J.G., Bartone, R.N., 1998. *Archaeology of Trants, Montserrat. Part 4. Flaked Stone and Stone Bead Industries*. 67. Ann. Carnegie Mus., Pittsburgh, pp. 197–224.
- Delpuech, A., 1995. Le Moule. Morel. In: *Bilan Scientifique Régional de Guadeloupe. DRAC Guadeloupe, Basse-Terre, Guadeloupe*.
- Durand, J.-F., Petitjean Roget, H., 1991. A propos d'un collier funéraire à Morel, Guadeloupe: les Huecoïdes sont-ils un mythe? In: *Proceedings of the 12th congress of the IACA*, pp. 53–72 (Martinique).
- Epstein, D.S., 1988. Amethyst mining in Brazil. *Gems Gemol.* 24, 214–228.
- Etrich, C., 2002. Capsterre-Belle-Eau. Allée Dumanoir. In: *Bilan Scientifique Régional de Guadeloupe. DRAC Guadeloupe, Basse-Terre, Guadeloupe*, pp. 24–28.
- Etrich, C., 2003a. 24, rue Schoelcher (rapport de diagnostic archéologique No. 2003-27-0004). DRAC Guadeloupe, Basse-Terre Guadeloupe.
- Etrich, C., 2003b. Le site de l'Allée Dumanoir (rapport de fouille archéologique No. 2003-27-0004). DRAC Guadeloupe, Basse-Terre Guadeloupe.
- Evans, O.H., 1913. A note on the occurrence of turquoise in Northern Chile. *Man* 13, 158–159.
- Evans, O.H., Southward, J., 1914. A further note on the occurrence of turquoise at Indio Muerto, Northern Chile. *Man* 14, 37–39.
- Fewkes, J.W., 1903. Precolumbian West Indian amulets. *Am. Anthropol.* 5, 679–691.
- García-Casco, A., Vega, A.R., Párraga, J.C., Iturralde-Vinent, M.A., Lázaro, C., Quintero, I.B., Agramonte, Y.R., Kröner, A., Cambra, K.N., Millán, G., Torres-Roldán, R.L., Carrasquilla, S., 2009. A new jadeitite jade locality (Sierra del Convento, Cuba): first report and some petrological and archeological implications. *Contrib. Mineral. Petrol.* 158, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s00410-008-0367-0>.
- Gent, B., de Mille, C.N., Tavarez Maria, C., Garcia Arevalo, M.A., 2003. Preliminary investigations At PA-15, A Saladoid site on Antigua. In: *Proceedings of the 20th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp. 181–188 (Santo Domingo, Republica Dominicana).
- Groppo, C., Rinaudo, C., Cairo, S., Gastaldi, D., Compagnoni, R., 2006. Micro-Raman spectroscopy for a quick and reliable identification of serpentine minerals from ultramafics. *Eur. J. Mineral.* 18, 319–329.
- Hambourg, T., 1999. Le Moule. Morel. In: *Bilan Scientifique Régional de Guadeloupe*, pp. 26–28 (Basse-Terre, Guadeloupe).
- Hamy, E.-T., 1884. Un anthropolithe de la Guadeloupe. *Rev. Ethnogr.* pp. 516–520.
- Harbottle, G., Weigand, P.C., 1992. Turquoise in pre-Columbian America. *Sci. Am.* 266, 78–85.
- Hardy, M., 2010. It's a small world? Settlement and interaction on St. Croix, Virgin Islands. In: *The Canvas of Space: Method and Theory of Spatial Investigations in the 21st Century*. Presented at the Annual meeting of Society for American Archaeology, St. Louis.
- Harlow, G.E., Murphy, A.R., Hozjan, D.J., de Mille, C.N., Levinson, A.A., 2006. Pre-Columbian jadeite axes from Antigua, West Indies: description and possible sources. *Can. Mineral.* 44, 305–321.
- Harris, P., 1980. Excavation report: Lovers retreat, period IV, Tobago. In: Lewenstein, Suzanne M. (Ed.), *Proceedings of the 8th International Congress for the Study of the Pre-Columbian Cultures of the Lesser Antilles*. Arizona State University, pp. 524–552.
- Havisser, J.B., 1991. Preliminary results from test excavations at the Hope Estate site (SM-026), St. Martin. In: Ayubi, E.N., Havisser, J.B. (Eds.), *Proceedings of the 13th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp. 647–666 (Curaçao).
- Henocq, C., Bonnissent, D., Boulfroy, V., Chauvières, F.-X., Lenoble, A., Stouvenot, C., Richier, A., Weydert, N., 1995. Hope Estate - Saint-Martin. Rapport de fouilles programmées 1995 (No. SRA 44). AAHE (Association Archéologique Hope Estate), SRA DRAC Guadeloupe.
- Hofman, C.L., Bright, A.J., Boomert, A., Knippenberg, S., 2007. Island rhythms: the web of social relationships and interaction networks in the Lesser Antillean Archipelago between 400 B.C. and A.D. 1492. *Lat. Am. Antiq.* 18, 243. <https://doi.org/10.2307/25478180>.
- Hull, S., Fayek, M., Mathien, F.J., Roberts, H., 2014. Turquoise trade of the ancestral Puebloan: Chaco and beyond. *J. Archaeol. Sci.* 45, 187–195. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.02.016>.
- Knippenberg, S., 2007. *Stone Artefact Production and Exchange Among the Lesser Antilles*. University Press, Amsterdam.
- Lafuente, B., Downs, R.T., Yang, H., Stone, N., 2015. The power of databases: the RRUFF project. In: Armbruster, T., Danisi, R.M. (Eds.), *Highlights in Mineralogical Crystallography*, pp. 1–30 (Berlin).
- López, G.E.J., Coloca, F.L., Rosenbusch, M., Solá, P., 2018. Mining, macro-regional interaction and ritual practices in the South-central Andes: the first evidence for turquoise exploitation from the Late Prehispanic and Inca periods in North-western Argentina (Cueva Inca Viejo, Puna de Salta). *J. Archaeol. Sci. Rep.* 17, 81–92. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.09.036>.
- Mattioni, M.D., 1979. *Salvage Excavations at the Vivé Site, Martinique: Final Report*. Department of Anthropology, University of Manitoba.
- Meirelles, A.C.R., da Costa, M.L., 2012. Mineralogy and chemistry of the green stone artifacts (muiraquitás) of the museums of the Brazilian State of Pará. *Rem. Rev. Esc. Minas* 65, 59–64.
- Mones, M., 2007. Amerindian lithics of Tobago: a preliminary report. In: Reid, B.A. (Ed.), *Proceedings of the 21st International Congress for Caribbean Archaeology*, pp. 757–766 (Trinidad et Tobago).
- Murphy, A.R., Hozjan, D.J., de Mille, C.N., Levinson, A.A., 2000. Pre-Columbian gems and ornamental materials from Antigua, West Indies. *Gems Gemol.* 36, 234–245.
- Narganes Storde, Y.M., 1995. La lapidaria de Sorce, Vieques y Tecla, Guayanilla, Puerto Rico. In: *Proceedings of the 16th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp. 17–26 (Richard, Basse-Terre).
- Nickel, E.H., Nichols, M.C., 2009. The New IMA List of Minerals – A Work in Progress – Updated: September 2015. IMA.
- Nieweg, D.C., Dorst, M.C., 2001. The Manzanilla 1 (SAN-1) site, Trinidad. In: Alofs, Dijkhoff (Eds.), *Proceedings of the 19th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp. 173–185 (Aruba).
- O'Donoghue, M., 2006. *Gems*, 6th edition. (Oxford; Burlington, MA).
- Othmane, G., Hull, S., Fayek, M., Rouxel, O., Lahd Geagea, M., Kyser, T.K., 2015. Hydrogen and copper isotope analysis of turquoise by SIMS: calibration and matrix effects. *Chem. Geol.* 395, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2014.11.024>.
- Petriglieri, J.R., Salvioli-Mariani, E., Mantovani, L., Tribaudino, M., Lottici, P.P., Laporte-Magoni, C., Bersani, D., 2015. Micro-Raman mapping of the polymorphs of serpentine. *J. Raman Spectrosc.* 46, 953–958. <https://doi.org/10.1002/jrs.4695>.
- Pinchon, R., 1967. Quelques aspects de la nature aux Antilles. *Ozanne, Fort-de-France*.
- Reynard, B., Bezacier, L., Caracas, R., 2015. Serpentine, talc, chlorites, and their high-pressure phase transitions: a Raman spectroscopic study. *Phys. Chem. Miner.* 42, 641–649. <https://doi.org/10.1007/s00269-015-0750-0>.
- Righter, E., 2003. Saladoid midden and burial distributions at the Tutu Site, St. Thomas, USVI: The missing link. In: Tavarez Maria, C., Garcia Arevalo, M.A. (Eds.), *Proceedings of the 20th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp. 24–30 (Santo Domingo, Republica Dominicana).
- Rinaudo, C., Gastaldi, D., Belluso, E., 2003. Characterization of chrysotile, antigorite and lizardite by FT-Raman spectroscopy. *Can. Mineral.* 41, 883–890.
- Rodriguez, M., 1993. Early trade networks in the Caribbean. In: Cummins, A., King, P. (Eds.), *Proceedings of the 14th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp. 306–314 (Barbados).
- Rodriguez Ramos, R., 2007. *Puerto Rican Precolonial History Etched in Stone*. University of Florida.
- Rodriguez Ramos, R., 2010. What is the Caribbean? An archaeological perspective. *J. Caribb. Archaeol.* 19–51 (Special Publication #3).
- Rodriguez Ramos, R., 2011. The circulation of jadeite across the Caribbeanscape. In: Hofman, C., van Duijvenbode, A. (Eds.), *Communities in Contact. Essays in Archaeology, Ethnohistory & Ethnography of the Amerindian Circum-Caribbean*. Sidestones Press, Leiden, pp. 117–136.
- Romon, T., Bertran, P., Fouéré, P., Hildebrand, M., Serrand, N., 2013. Le site de la gare maritime de Basse-Terre (Guadeloupe), in: Martinique, terre amérindienne: Une approche pluridisciplinaire. Bérard, Benoît, Leiden.
- Roobol, M.J., Lee, J.W., 1976. Petrography and source of some Arawak artifacts from Jamaica. In: *Proceedings of the 6th congress of the IACA*, pp. 304–313 (Guadeloupe).
- Roth, V., 1944. A Stone-age Bead Factory on the Mahaica River. *Timehri* 26, 42–48.
- Rouse, I., 1992. *The Tainos: Rise and Decline of the People Who Greeted Columbus*. Yale University Press, New Haven; London.
- Rouse, I., Cruixent, J.M., 1963. *Venezuelan Archaeology*. Yale University Press, New Haven.
- Schertl, H.-P., Maresch, W.V., Stanek, K.P., Hertzog, A., Krebs, M., Baese, R., Sergeev, S.S., 2012. New occurrences of jadeitite, jadeite quartzite and jadeite-lawsonite quartzite in the Dominican Republic, Hispaniola: petrological and geochronological overview. *Eur. J. Mineral.* 24, 199–216. <https://doi.org/10.1127/0935-1221/2012/0024-2201>.
- Snoke, A.W., 2001. Petrologic and Structural History of Tobago, West Indies: A Fragment of the Accreted Mesozoic Oceanic Arc of the Southern Caribbean. *Geological Society of America*, pp. 354 (Special paper).
- Thibodeau, A.M., Killick, D.J., Hedquist, S.L., Chesley, J.T., Ruiz, J., 2015. Isotopic evidence for the provenance of turquoise in the southwestern United States. *Geol. Soc. Am. Bull.* 127, 1617–1631.
- Wallace, A.R., 1889. *A Narrative of Travels on the Amazon and Rio Negro, With an Account of the Native Tribes, and Observations on the Climate, Geology, and Natural History of the Amazon Valley*, 2nd ed. Ward, Lock & Co, London, New-York and Melbourne.
- Watters, D.R., 1997. Maritime trade in the prehistoric eastern Caribbean. In: *The Indigenous People of the Caribbean*, pp. 88–99 (Gainesville).
- Watters, D.R., Scaglione, R., 1994. Beads and Pendants from Trants, Montserrat: Implications for the prehistoric lapidary industry of the Caribbean. *Carnegie Museum of Natural History*.
- Westercamp, D., Tazieff, H., 1980. *Martinique, Guadeloupe, Saint-Martin, La Désirade, Guides géologiques régionales*. (Masson, Paris).

2.3 Publication concernant les sites de Morel, Vivé et Anse à la Gourde et comparaison inter-sites dans *Journal of Caribbean Archaeology*, 2020

Les sites antillais du Céramique Ancien se caractérisent par une présence importante d'objets de parure en pierre, tandis que les périodes culturelles plus tardives sont réputées moins riches en ce type d'artefacts. Malgré cette forte spécificité, peu d'études approfondies ont été publiées sur ces remarquables pièces d'artisanat, ce qui empêche une comparaison régionale sur les plans géographique et temporel. Cette étude propose une description complète et détaillée de 124 perles et pendentifs en pierre, provenant de trois sites archéologiques fouillés en Guadeloupe et en Martinique, deux datés du Céramique Ancien (Vivé, Morel) et un du Céramique Récent (Anse à la Gourde).

La détermination minéralogique complète par spectroscopie Raman conduit à la reconnaissance de 25 matières premières différentes utilisées comme matériau gemme par les Amérindiens. Cela comprend le cristal de roche, l'améthyste, la calcite, la cornaline, la turquoise, la néphrite, la serpentine et de nombreux autres minéraux qui peuvent être utilisés pour reconstruire les réseaux et interactions passés. La description de ces objets d'un point de vue typo-technologique, complétée d'une iconographie exhaustive de qualité, fait l'objet du cœur de cet article.

Cet ensemble de données, auquel s'ajoutent les données précédemment publiées sur le site de la Gare Maritime, sert également à établir des comparaisons entre sites et entre périodes. Nous proposons des interprétations qualitatives et quantitatives sur la diversité et la richesse des matières premières et la typologie de ces assemblages. Les échantillons du Céramique Ancien (Saladoïde cedrosan et huécan) montrent une plus grande richesse et diversité que la collection du Céramique Récent (Troumassoïde), tant sur le plan stylistique que sur celui des matières premières, ce qui peut être interprété comme une perte de connexion avec le continent, tant dans le commerce des matériaux que dans la volonté de poursuivre l'investissement technologique de leurs ancêtres.

Ce travail a été publié dans la revue *Journal of Caribbean Archaeology*, une revue *Diamond Open Access*, en 2020 (QUEFFELEC, FOUÉRE, BELLOT-GURLET & BÉRARD, 2020).

Journal of Caribbean Archaeology
Copyright 2020
ISBN 1524-4776

***Stone ornaments from Guadeloupe and Martinique Early Ceramic period sites
(200 BC – AD 400), detailed analysis and comparison with a Late Ceramic
period site (AD 750 – 1000).***

Alain Queffelec
Univ. Bordeaux, CNRS
Ministère de la Culture, UMR5199
PACEA, F-33615
Pessac, France
Alain.queffelec@u-bordeaux.fr

Pierrick Fouere
INRAP Grand-Sud-Ouest et DOM TOM
F-33323
Bègles, France

Univ. Toulouse Jean Jaurès, CNRS
Ministère de la Culture, UMR5608
TRACES, F-31058
Toulouse, France
pierrick.fouere@inrap.fr

Ludovic Bellot-Gurlet
Sorbonne Université, CNRS
UMR8233
MONARIS CNRS F-75252
Paris, France
ludovic.bellot-gurlet@sorbonne-universite.fr

Benoît Berard
EA929 AIHP/GEODE
Univ. Antilles, F-97233
benoit.berard@univ-antilles.fr

Early Ceramic sites in the Antilles are characterized by a significant presence of stone ornaments, while the later cultural periods are considered less rich in these kinds of artifacts. However, few comprehensive studies have been published on these remarkable pieces of craftsmanship, thus preventing a regional comparison on both geographical and temporal planes. This study offers a complete and detailed description of 124 stone beads and pendants, from three archaeological sites excavated in Guadeloupe and Martinique, two from the Early Ceramic period (Vivé, Morel), and one from the Late Ceramic period (Anse à la Gourde). The comprehensive mineralogical determination through Raman spectroscopy leads to the documentation of twenty-five different raw materials used as gemstones by the Amerindians. This includes quartz, amethyst, calcite, carnelian, turquoise, nephrite, serpentine and many other minerals that can be used to reconstruct past networks and interactions. This dataset, to which previously published data from the Gare Maritime site is added, is then used for inter-site and inter-period comparison. We propose qualitative and quantitative interpretations on the diversity and richness of the

raw materials and typology of these assemblages. The Early Ceramic samples show higher richness and diversity than the Late Ceramic collection, both on stylistic and raw materials aspects, which can be interpreted as a loss of connection with the continent, both in the trade of materials and/or in the will to continue the technological investment of their forefathers.

Les sites antillais du Céramique Ancien se caractérisent par une présence importante d'objets de parure en pierre, tandis que les périodes culturelles plus tardives sont réputées moins riches en ce type d'artefacts. Malgré cette forte spécificité, peu d'études approfondies ont été publiées sur ces remarquables pièces d'artisanat, ce qui empêche une comparaison régionale sur les plans géographique et temporel. Cette étude propose une description complète et détaillée de 124 perles et pendentifs en pierre, provenant de trois sites archéologiques fouillés en Guadeloupe et en Martinique, deux datés du Céramique Ancien (Vivé, Morel) et un du Céramique Récent (Anse à la Gourde). La détermination minéralogique complète par spectroscopie Raman conduit à la reconnaissance de vingt-cinq matières premières différentes utilisées comme matériau gemme par les Amérindiens. Cela comprend le quartz, l'améthyste, la calcite, la cornaline, la turquoise, la néphrite, la serpentine et de nombreux autres minéraux qui peuvent être utilisés pour reconstruire les réseaux et interactions passés. Cet ensemble de données, auquel s'ajoutent les données précédemment publiées sur le site de la Gare Maritime, sert également à établir des comparaisons entre sites et entre périodes. Nous proposons des interprétations qualitatives et quantitatives sur la diversité et la richesse des matières premières et la typologie de ces assemblages. Les échantillons du Céramique Ancien montrent une plus grande richesse et diversité que la collection du Céramique Récent, tant sur le plan stylistique que sur celui des matières premières, ce qui peut être interprété comme une perte de connexion avec le continent, tant dans le commerce des matériaux que dans la volonté de poursuivre l'investissement technologique de leurs ancêtres.

Los yacimientos de Cerámica Temprana de las Antillas se caracterizan por una importante presencia de ornamentos de piedra, mientras que los períodos culturales posteriores tienen fama de ser menos ricos en este tipo de artefactos. A pesar de esta alta especificidad, se han publicado pocos estudios exhaustivos sobre estas notables piezas de artesanía, lo que ha impedido una comparación regional tanto en el plano geográfico como en el temporal. Este estudio ofrece una descripción completa y detallada de 124 cuentas y pendientes de piedra, procedentes de tres yacimientos arqueológicos excavados en Guadalupe y Martinica, dos de ellos de la época de la Cerámica Temprana (Vivé, Morel) y uno de la época de la Cerámica Tardía (Anse à la Gourde). La determinación mineralógica completa a través de la espectroscopia Raman conduce al reconocimiento de veinticinco materias primas diferentes utilizadas como gemas por los amerindios. Esto incluye cuarzo, amatista, calcita, cornalina, turquesa, nefrita, serpentina y muchos otros minerales que pueden ser usados para reconstruir redes e interacciones pasadas. Este conjunto de datos, al que se añaden los datos previamente publicados del sitio de Gare Maritime, se utiliza para la comparación entre sitios y entre períodos. Proponemos interpretaciones cualitativas y cuantitativas sobre la diversidad y riqueza de las materias primas y la tipología de estos ensamblajes. Las muestras de Cerámica Temprana muestran una mayor riqueza y diversidad que la colección de Cerámica Tardía, tanto en aspectos estilísticos como de materias primas, lo que puede interpretarse como una pérdida de conexión con el continente, tanto en el comercio de materiales como en la voluntad de perseguir la inversión tecnológica de sus padres.

Introduction

Early Ceramic (200 BC – AD 400) sites in the Lesser Antilles, roughly equivalent to the Early Cedrosan Saladoid and Huecan Saladoid (or Huecoid) horizons, are characterized by a significant presence of stone ornaments (Boomert 1987; Cody 1993; Crock and Bartone 1998; Murphy et al. 2000; Narganes Storde 1995; Queffelec, Fouéré, Paris, et al. 2018;

Rodriguez 1993; Watters and Scaglione 1994). This *spécificité* is recognized as one of the central elements of their cultural identity. The characterization of raw materials also is an unrivalled way for archaeologists to access indigenous exchange networks. Moreover, clear differences in the development of this craft

between the Early Ceramic Age¹ and the later periods (AD 400 – contact) is often recognized in the Lesser Antilles and Puerto Rico (Bérard 2013; Hofman et al. 2007, 2014; Knippenberg 2007; Rodriguez 1993). Based on these observations and through other disciplinary contributions to our current knowledge of Caribbean archaeology, several authors address this remarkable milestone in the settlement dynamics of the Lesser Antilles at this time of the Early Ceramic period (Bérard 2013, 2018; Fitzpatrick et al. 2010; Hofman et al. 2007; Keegan 2004; Rouse 1986; Siegel 1989).

A change in relations with the South American homeland is one of the key issues for understanding the pioneering versus evolving behavior of the Amerindians peopling the Lesser Antilles during the third and fourth centuries AD. The raw material supply dynamic is a source of evidence for these relations, since the choice of materials can change through time and the source is likely to be of continental origin during the first centuries of colonization. While some islands of the Caribbean are well studied on this specific point (Cody 1991; Falci et al. 2020; Murphy et al. 2000), despite decades of archaeological research, and despite their size and central location in the Lesser Antilles, the French islands of Guadeloupe and Martinique are still poorly documented.

In this article, we present new elements for reflection on the difference in the lapidary production between Early and Middle/Late Ceramic periods based on the exhaustive analysis of lapidary production at three sites on Guadeloupe and Martinique described in this article, and the already

published data from Gare Maritime (Queffelec, Fouéré, Paris, et al. 2018). These are the richest sites with respect to craftsmanship for Early Ceramic (Gare Maritime, Vivé, Morel) and Late Ceramic Age (Anse à la Gourde) on these two islands.

After presenting the context of each site, we focus on the description of lapidary artifacts produced by the Amerindian artisans. On the basis of this object-by-object analysis of the collections, we compare the different sites and time periods, and establish whether or not the classical assumption is verified for this central region of the Antilles.

Archaeological Contexts

The collections under review are from archaeological sites on Guadeloupe and Martinique, three of them previously have not been studied thoroughly (Vivé, Morel, Anse à la Gourde) and one already was published (Gare Maritime) (Queffelec, Fouéré, Paris, et al. 2018). The artifacts are currently located in the warehouses of the Ministère de la Culture, in the Musée d'Archéologie et de Préhistoire de Martinique (Fort-de-France, Martinique) and in the Musée Edgar Clerc (Le Moule, Guadeloupe). We summarize below the archaeological context of these sites (Figure 1; Table 1).

Vivé

The site of Vivé (MA-02) is an archaeological 'reference site' for the Early Ceramic occupation of the Antilles, particularly for the Early Cedrosan Saladoid. Located on the north coast of Martinique at the foot of Mount Pelée, it occupies a coastal plateau about ten meters above sea-level, facing the Atlantic Ocean.

¹ Periodization nomenclature, see Bérard (2019).

Situated between the Capot River and the Rouge River, the archaeological occupations are spread over 15 hectares. The site has been intensively excavated since the 1940s with evolving techniques, including systematic screening, since the excavations of Mattioni (Delawarde 1946; Emond and Vallée 1975; Giraud et al. 1999; Mattioni 1979; Mestre 2006, 2014; Pinchon 1952).

The stratigraphy of the site is characterized by two occupational layers separated by volcanic deposits associated to a Mount Pelée Plinian eruption dated from around cal AD 400. The upper occupational layer, dated to between the 5th and 7th centuries AD, was partially destroyed by colonial agricultural practices. In contrast, the lower layer was protected under the volcanic deposits. This layer represents the Early Cedrosan Saladoid component of the site, dating to cal AD 10 - 400. (Bérard 2018). The collection analyzed includes 38 objects, 37 of which are from the Early Cedrosan Saladoid layer and one (MA-02-018) from the more recent occupation (Appendix 1). Most of the finished beads come from a burial context. They were recovered in the early 1970s by Mario Mattioni during the excavation of the Vivé burial D (Mattioni 1976, 1979:Fig. 20). The five amethyst beads were found between the legs of the deceased, and the other six beads under the mandible. The other artifacts were collected in the late 1990s during excavations conducted by Jean-Pierre Giraud and Benoît Bérard (Bérard and Giraud 2006). Most of them come from a cooking activity area and a midden.

Morel

This Guadeloupean coastal site (GD-02) is famous since the beginning of the 19th century, mainly because of the discovery of the so-called "anthropolithes", today regarded as burials consolidated by

beachrock (Delpuech 2005), although at that time they were interpreted as fossils (Hamy 1885; König 1814). Despite this early historic interest, it was not until the 1960s that the first stratigraphic approach was applied to the site (Clerc 1968). Edgar Clerc distinguishes, in a still accepted stratigraphy of the site, four more-or-less stratified units or sectors, offering the potential to establish the first evolutionary approach to the Guadeloupean Ceramic Age, supported by radiocarbon dates. Since then, more-or-less official discoveries on the site have followed as the shoreline continues to erode. The most notable is the burial of a woman wearing an elaborate stone necklace, which was saved from destruction by Jean-François Durand in 1987 (Durand and Petitjean Roget 1991). In the early 1990s, a few survey campaigns were carried out as part of a Franco-Dutch collaboration to assess the state of conservation of the site and to define its boundaries (Delpuech et al. 1996, 1997). New graves were discovered, including a child wearing a zoomorphic pendant in association with the remains of a house. Wood remains from a post were radiocarbon dated to cal AD 120 – 590; the associated ceramics confirm its attribution to the Early Ceramic period (Delpuech et al. 1996). In sum, the lapidary collection from Morel derives from multiple contexts, most of which lack systematic screening.

Anse à la Gourde

The Anse à la Gourde (GD-03) archaeological site, located on the Pointe des Châteaux (Guadeloupe), was excavated in the late 1980s with several small tests for which we have no precise information (Delpuech et al. 1997). These were followed large-scale excavations conducted between 1995 and 2000, which revealed the

importance of this site. It is a large coastal site (*circa* 4.5 ha), with a complex stratigraphy integrating middens, habitation areas, and numerous burials. The site has yielded high-quality and highly diverse ceramics, ranging from Late Cedrosan Saladoid to Marmoran Troumassoid, thus covering the entire Ceramic Age (Delpuech et al. 1997; Hofman et al. 2001). The lapidary artifacts recovered thanks to the fine sieving of the sediment. They all were found during the excavation of the Late Ceramic period layers (cal AD 1000-1350), primarily in the habitation zone (n=20), but also in the midden (n=5). Of the 20 artifacts recovered in the habitat area, four came from burials (Appendix 1).

Gare Maritime

The Gare Maritime archaeological site (GD-01) was located on the shore of Basse-Terre, Guadeloupe, just behind the littoral pebble bank and on a river bank. It has been excavated as part of a preventive archaeological project, but the Ceramic period sediments were sieved systematically. The excavation corresponds to a small part of the site (28 m²), that included only midden deposits, which dated to cal AD 250-400. Ceramic analysis allowed attribution of this occupation to the Huecan Saladoid (Romon et al. 2013). For more information on the 50 lapidary artifacts from this site, the reader should refer to Queffelec et al. (2018).

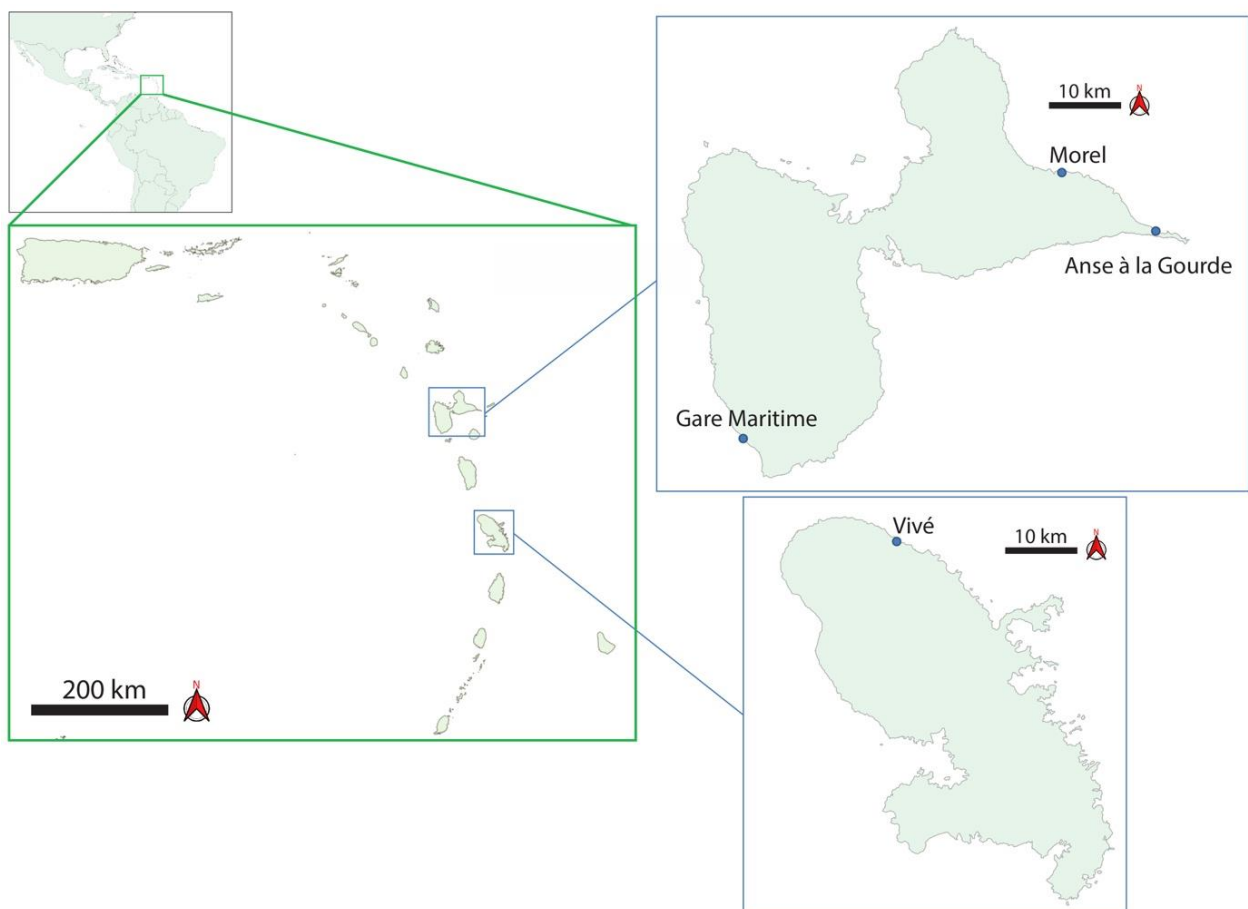


Figure 1. Location of the four archaeological sites included in this study.

Table 1. General information about the three sites from which the studied beads and pendants originate. Information from Gare Maritime are reported for the discussion of the results. *see Queffelec et al. (2018) for more information.

Site	Code	Island	City	Longitude	Latitude	Period	Date (cal. A.D.)	Cultural affiliation
Gare Maritime*	GD-01	Guadeloupe	Basse-Terre	-61,7330	15,9966	Early Ceramic	250 - 400	Huecan Saladoid
Morel	GD-02	Guadeloupe	Le Moule	-61,3317	16,3325	Early Ceramic	120 - 590	Early Cedrosan Saladoid
Anse à la gourde	GD-03	Guadeloupe	St. François	-61,2133	16,258598	Middle/Late Ceramic	1000 - 1350	Middle/recent Cedrosan Saladoid + Marmoran Troumassoid
Vivé	MA-02	Martinique	Le Lorrain	-61,0827	14,8477	Early Ceramic	10 - 539	Early Cedrosan Saladoid

Methods

This paper covers all the mineral artifacts recovered from Vivé, Morel, Anse à la Gourde related to bead or pendant production, along with a discussion of materials from Gare Maritime (see Queffelec, Fouéré, Paris, et al. 2018). As part of a larger project involving the creation of a comprehensive database on Amerindian lapidary artifacts in the Lesser Antilles, each object is named with two letters representing the island on which the site is located (GD for Guadeloupe, MA for

Martinique), followed by two digits for the site number on each island (Table 1), and three digits for the artifact number on the site. The typological classification, technological description and measurements of the artifacts were carried out on the basis of the terminology and characteristic dimensions presented in Figure 2, adapted from both Beck (1928) and Carter and Helmer (2015). Artifacts were photographed with macro lens and digital camera, scanned with flatbed scanner, and drawn in Adobe Illustrator®.

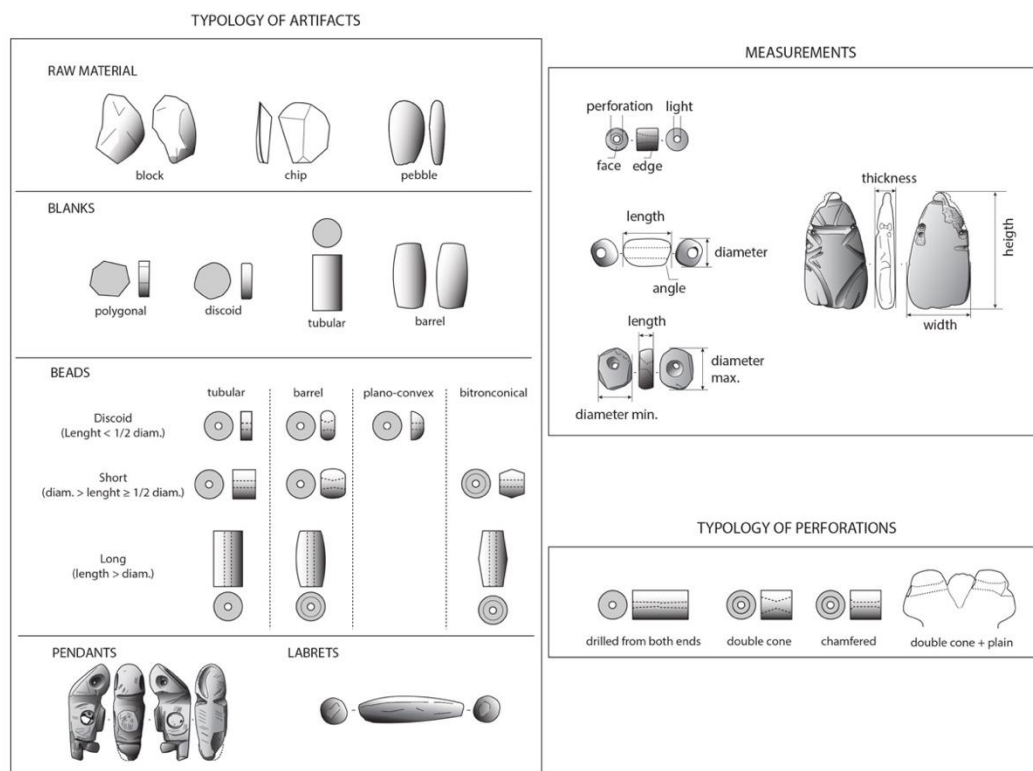


Figure 2. Terminology used in this study for classification, measurement and description of beads, pendants and related artifacts.

Every object was analyzed via Raman spectroscopy combining laboratory and portable instruments. The analysis of artifacts moved from their curation location was performed with a benchtop confocal Raman microspectrometer SENTERRA (Bruker Optics, PACEA lab) using a 532 nm excitation line. Spectra were recorded between 100 and 1555 cm^{-1} with a resolution of 3-5 cm^{-1} , and until 4500 cm^{-1} when necessary. To analyze the samples curated in the museums on Guadeloupe and Martinique, a transportable HE532 (Horiba Jobin-Yvon, MONARIS lab) Raman spectrometer with the same 532 nm excitation line was used for on-site analyses, allowing measurements between 80 and 3300 cm^{-1} with a resolution of about 5 cm^{-1} . For all measurements a long working distance 50x objective was used and spectra were collected on several locations for each artifact to explore the heterogeneity of the materials. All spectra were baseline corrected to subtract the fluorescence background after the correction of the Edge filter transmission.

Mineral identification was achieved mainly by comparison with the RRUFF database (Lafuente et al. 2015), completed with specific publications when necessary. A strict mineralogical denomination was used according to the International Mineralogical Association list (Nickel and Nichols 2009). Rock names for poly-mineralic artifacts and/or gemological appellations also were used to maintain consistency with names commonly used in archaeology. Finally, the term “*greenstone*” is used in the manner typically found in the discussion of stone artifacts in the Antilles and Mesoamerica (though some researchers prefer “*jade*”), which is the category of stones and minerals that are grouped together because of their green color, whose

mineral is not identifiable to the naked eye, and that could have been considered equivalent (Tremain 2014).

The diversity of lapidary production at the archaeological sites (characterized by different numbers of artifacts, types, raw materials) is evaluated following ecological methods of quantification. Diversity is calculated for different scales, giving more or less weight to rare mineral species (Marcon 2018; Tóthmérész 1995). This use of parametric families of diversity, instead of classical diversity indices, avoids the inconsistencies sometimes observed when trying to reduce the complexity of a multidimensional entity to a single number (Tóthmérész 1995). In this method, diversity of scale q is noted qD . 0D is species richness (the number of species), 1D is directly related to the Shannon index of diversity [${}^1D = \exp(\text{Shannon index})$], while 2D is a value of diversity less sensitive to the rare species (equivalent to Simpson index) (Hill 1973). While these specific values of q are useful and regularly used in zooarchaeological studies (e.g. Beaver and Dean 2019; Grayson and Delpech 2002; López-García et al. 2014), the most interesting application of this method is plotting diversity profiles.

Despite the small number of artifacts in each site preventing a formal interpretation of the results of such statistical methods, this methodology allows to support observations of other type of representations. A diversity profile situated above another one is declared more diverse. If profiles are crossing, there is no order relation, while it can still be informative to see at which order the profiles cross, since the lower the order, the higher the impact of rare species. Finally, we calculated the Piélou's evenness index (Piélou 1966), which is the Shannon index

divided by the richness, and that states for the equitability of the distribution of the different species. All these calculations

were realized with R package *entropart* (Marcon and Herault 2019; Marcon and Hérault 2015).

Table 2. Raw material distribution among the four sites. To simplify the table, unique occurrences are combined in the Other category. It includes 1 prehnite and 1 stalactite beads for Anse à la Gourde, 1 chlorite bead for Gare Maritime, 1 jet pendant and 1 sandstone blank for Morel, and 1 barytine blank, 1 diaspore labret, 1 ochre bead and 1 pumice blank for Vivé. + Turquoise bead from Anse à la Gourde is the one bead for which cultural attribution is unclear. [* Anorthite bead from Vivé do not come from the layer under the volcanic ashes deposit. ** From Queffelec et al. 2018]

	Albite	Amethyst	Anorthite	Aventurine	Chalcedony	Calcite	Carnelian	Rock crystal	Diorite	Jasper
Anse à la gourde			1			12			4	
Morel		11		1		4	9	15	10	
Vivé		6	1		2	1	3	1	5	1
Gare Maritime	2	9		1		3		3	1	1

	Marble	Nephrite	Paragonite	Pumpellyite	Serpentine	Sudoite	Turquoise	Other	Undetermined	Total
Anse à la gourde	1			2	1		1 ⁺	2	1	25
Morel	1	3	1		1	2		2	1	61
Vivé		2	2			1	9	4		38
Gare Maritime		1	1		17	3	7	1		50

Table 3. Distribution of the types of lapidary artifacts among the four sites. + One of the discoid beads from Anse à la Gourde is the one for which the cultural attribution is unclear. * One of the discoid beads from Vivé do not come from the layer under the volcanic ashes deposit. ** From Queffelec et al. 2018.

Site	Type	Cylindrical finished/blank	Barrel finished/blank	Discoid finished/blank	Spherical finished/blank	Plano-convex finished/blank	Bitronconical finished/blank	Zoomorphic finished/blank	Other finished/blank	Raw Material	Total
Anse à la gourde	Beads	3/1	2/2	12 ⁺ /.							20
	Pendants								1/.		1
	Other/unknown								./1		1
	Raw material									3	3
Morel	Beads	19/1	15/1	./1	1/.		4/.				42
	Pendants							7/1	3/.		11
	Other/unknown										0
	Raw material									8	8
Vivé	Beads	3/3	4/2	11/2	1/.	2/.	4/.		1/1		34
	Pendants							2/.			2
	Other/unknown								1/.		1
	Raw material									1	1
Gare Maritime	Beads	5/1	2/2	10/7	2/.	1/.			./1		31
	Pendants								1/.		5
	Other/unknown							3/1	1/5		6
	Raw material									8	8

Results

A relatively large number of lapidary artifacts were studied in this work (N=124), with 61 objects from Morel, 38 from Vivé, and 25 from Anse à la Gourde. Our objective is to provide the reader with the maximum amount of information available for every object. The complete data are grouped in Appendix 1. Tables 2 and 3 summarize data by site, raw material information, and typology, respectively.

Morel

The richest lapidary site, Morel, is represented here by 61 artifacts [assembled by grouping together the collections curated by the Musée Départemental, Edgar Clerc, and the Service Régional de l'Archéologie (Ministère de la Culture)], which are mainly cylindrical and barrel-shaped finished beads (Table 3; Figures 3 to 10). It is important to note that 18 of these 61 artifacts come from a single collar, including three large greenstone zoomorphic pendants, (Durand and Petitjean Roget 1991). The 12 cylindrical beads of this *collier* ("necklace") are made of rock crystal (Figure 5), while amethyst is used for the three barrel-shaped elements in the necklace and for other similarly shaped beads found at other parts of the site (n = 9) (Figure 7). Seven other cylindrical beads, made of diorite, as well as a large barrel-shaped bead (GD-02-032), were recovered from the excavation (Figure 9). Two diorite pendants, with transverse and a longitudinal perforations, also are remarkable, especially the one engraved with legs, eyes and a smile (GD-02-051) (Figure 9). These long beads are made of hard to very hard materials; are perforated over several centimeters, most of the time in a straight line with a very thin diameter; and some are highly polished. The quartz beads display clear striations

inside the perforation, which are not present on softer materials.

Another significant aspect of the Morel site is the numerous greenstone pendants that have been recovered (Figures 3, 4 and 8), three of them from the necklace found in the burial. GD-02-001 (Figure 3) is a massive zoomorphic pendant (Appendix 1), which clearly represents a frog with a wide and well-exposed head, prominent eyes and snout. The rear legs are folded down, well defined by precise engraving of the highly polished surface. The artifact is made of paragonite, a phyllosilicate close to muscovite, as shown by its Raman spectroscopic signature similar to that of GD-01-018 which was confirmed as paragonite by X-ray diffraction (Queffelec, Fouéré, Paris, et al. 2018). Pendant GD-02-002 (Figure 4), on the other hand, is made of aventurine. It is also of large dimensions (Appendix 1; Table 3). Its form resembles GD-02-001, except for the exposed and striated tail and a smaller head without prominent eyes. These features do not match those accorded the interpretation of frog. GD-02-003, the third pendant of the collar, has a very different shape. It also is green but is more translucent. It is made of sudoite, a mineral of the chlorite group, that has never previously been identified anywhere in the world as a gemstone (Queffelec, Bellot-Gurlet, et al. 2019). This artifact is completely polished, so it is probably finished, but its shape remains difficult to interpret. A head is clearly visible; the perforation probably depicts the eyes. The inferior part looks like a bifid tail, while each side of the artifact is hollowed by perfectly circular depressions that still contain black and white residue, perhaps a glue for a now absent incrustation. It could be a broken pendant, initially comparable to

the “vultures” of Vieques (Chanlatte Baik 1983) or that of Trinidad (Fewkes 1907:Plate 56b). It could have been reshaped to its present form after breakage.

The four other zoomorphic pendants, all made of greenstones, were recovered during the excavation of the site (Figure 8). GD-02-052, made of nephrite, was found in a burial during the 1995 excavation. It is quite similar to the two large pendants of the necklace, albeit smaller. GD-02-050, GD-02-049, and GD-02-036 are other frog pendants, respectively here called (i) a segmented frog (Chanlatte Baik 1983), (ii) a flat nephrite frog-shaped pendant, and (iii) a robust and quite parallelepipedic one made of serpentine. They were discovered by E. Clerc during the excavations and surface collection, and donated to the museum in 1978.

It should be noted that, without the discovery of the necklace, rock crystal only would be represented by a single artifact, leading to an interpretation of an amethyst-

and diorite-rich site. One could also emphasize the presence of two artifacts made of sudoite. The presence of a stalactite, polished by the Amerindians but naturally perforated, is also notable (GD-02-037) (Figure 10). These kind of well-developed concretions are rare in the caves of the Lesser Antilles. Indeed, stalactites have only been observed once by the lead author, in the Montbars cave on Saint Bartholomew (Lenoble et al. 2012), despite having visited almost all the caves in the French Lesser Antilles. The fragment of a pendant made of jet, probably representing the head of some animal, is peculiar both for its shape and raw material. Surprisingly, given the small number of carnelian beads (n=2), the only raw stone material at the site is carnelian (Figure 6). These little flakes may be related to the beadmaking, but we cannot exclude the possibility they belong to a different lapidary production, such as the production of manioc grater board teeth (e.g., Walker 1979).

Collar 1987

GD-02-001

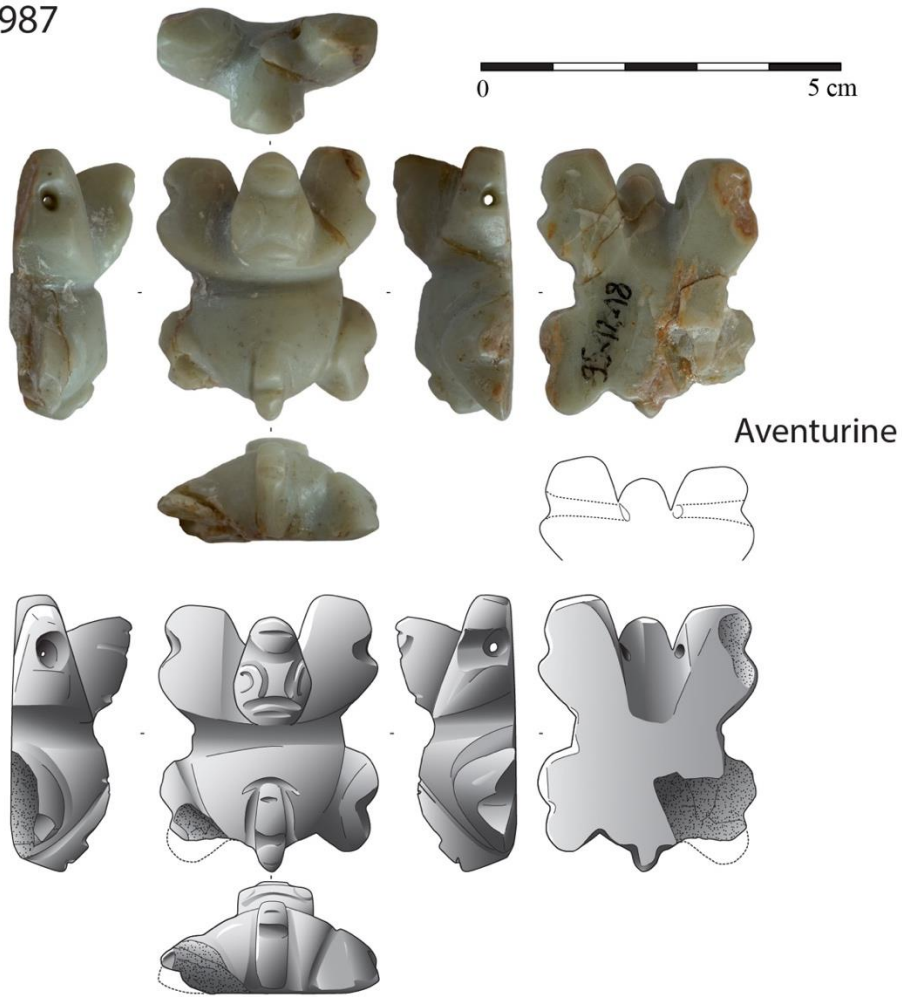
Paragonite



Figure 3. Photos and drawing of the largest pendant from the collar of Morel, identified as paragonite.

Collar 1987

GD-02-002



GD-02-003

Sudoite

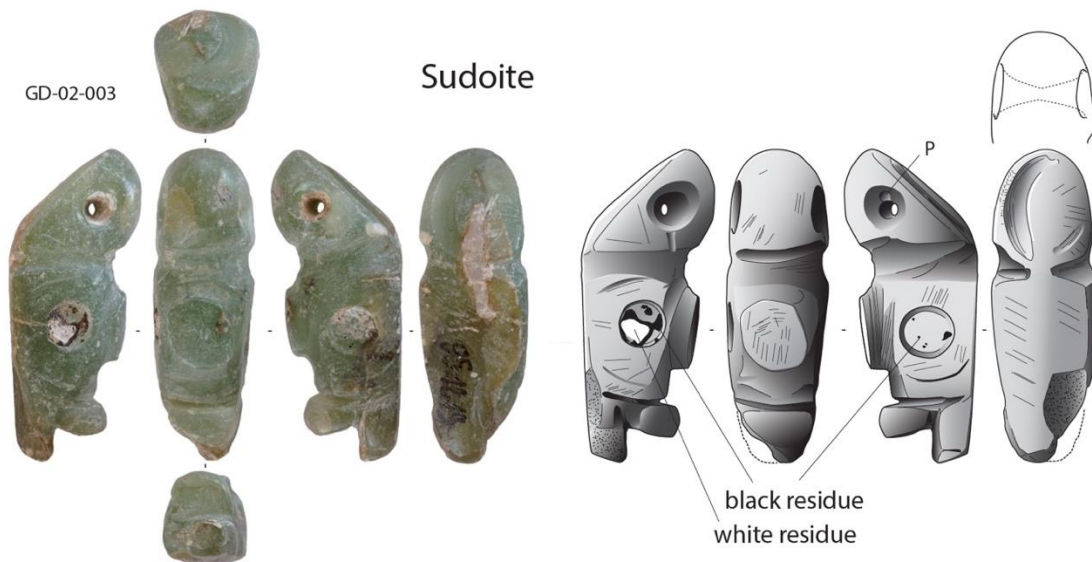


Figure 4. Photos and drawing of the two smaller pendants from the collar of Morel. GD-02-002 is made of aventurine, while GD-02-003 is made of sudoite.

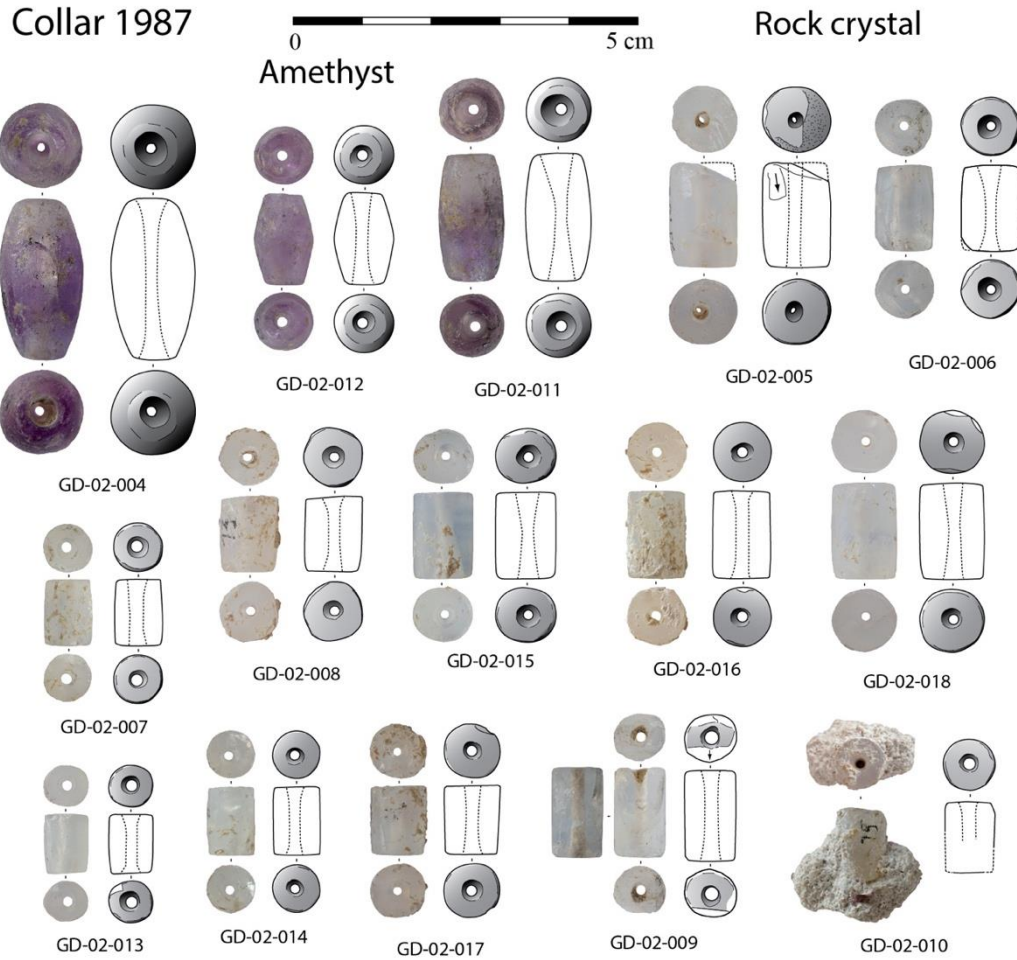


Figure 5. Photos and drawing of the barrel-shaped and cylindrical beads from the collar of Morel, made of amethyst and rock crystal.

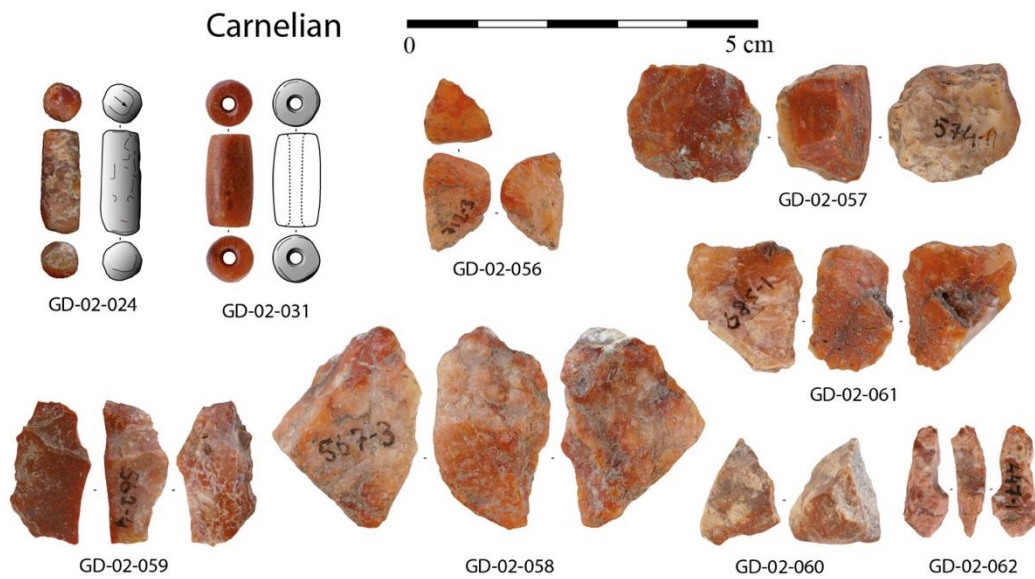


Figure 6. Photos and drawing of the carnelian raw material, blank and bead recovered from site.

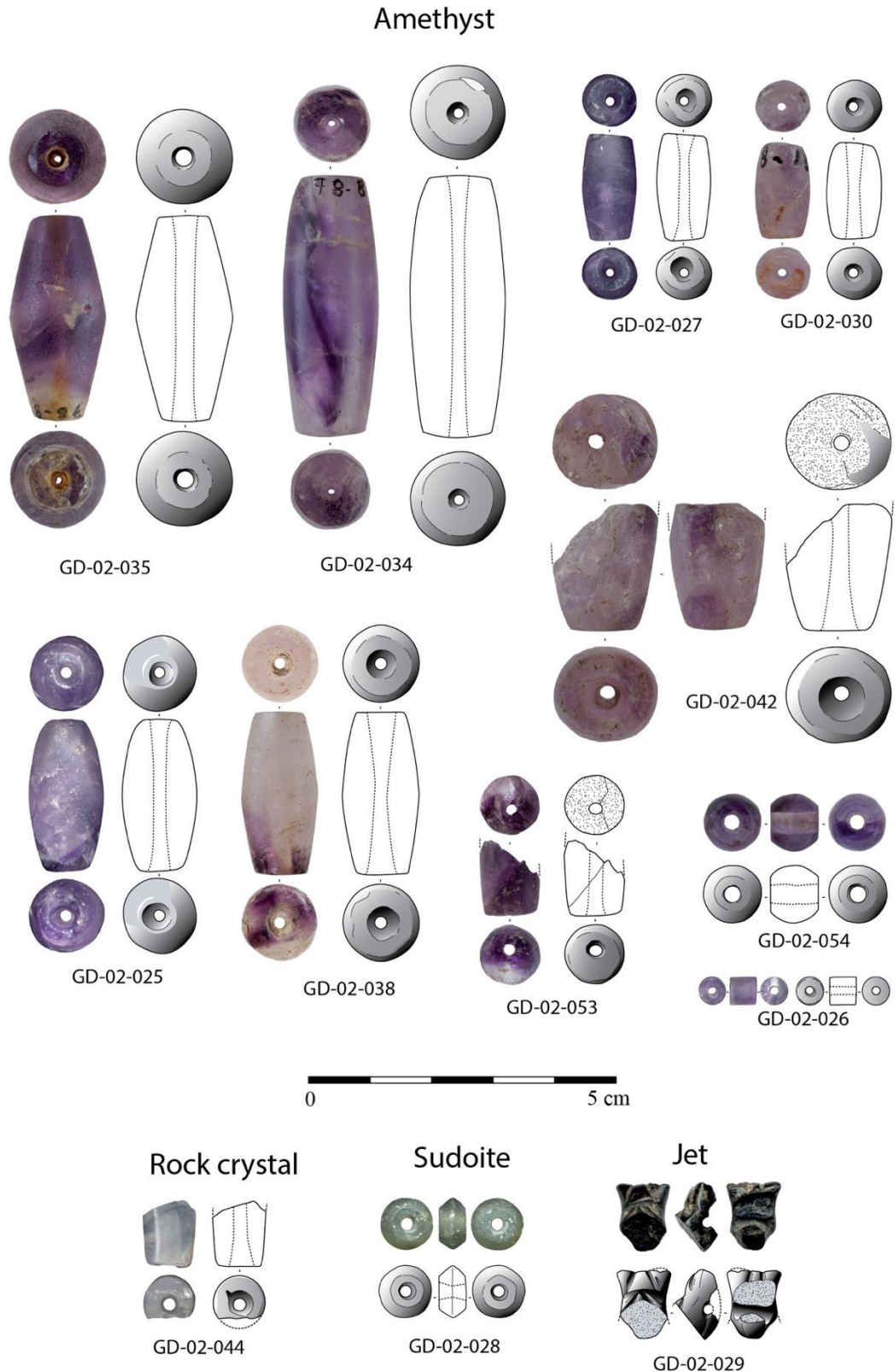


Figure 7. Photos and drawing of the amethyst, rock crystal and sudoite beads from Morel site, as well as the fragment of jet pendant GD-02-029.

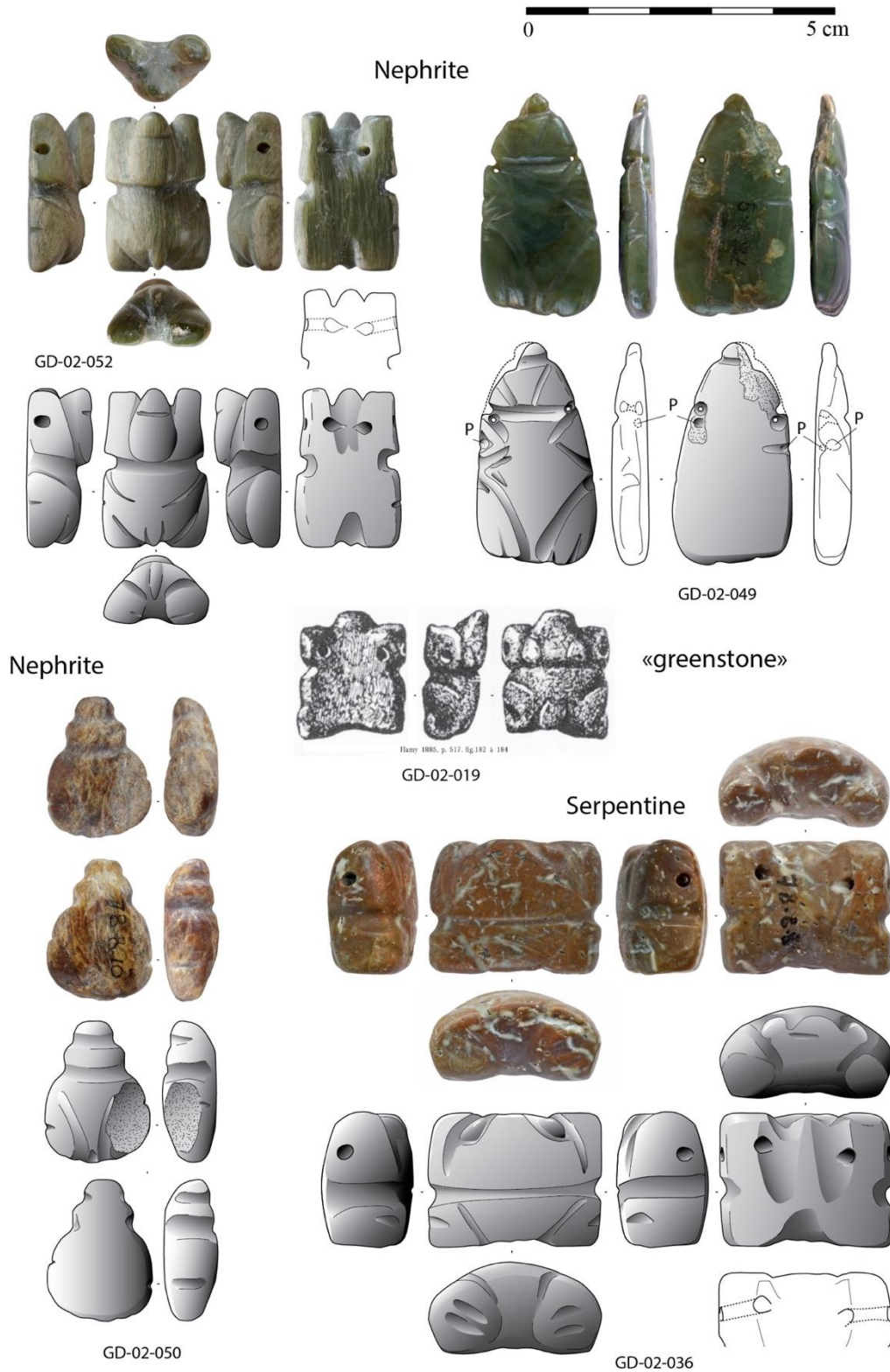


Figure 8. Photos and drawing of the greenstone pendants from the Morel site, identified as nephrite and serpentine. In the center, drawing from a “greenstone” pendant from the site (modified after Hamy 1885) for which we do not know the present location.

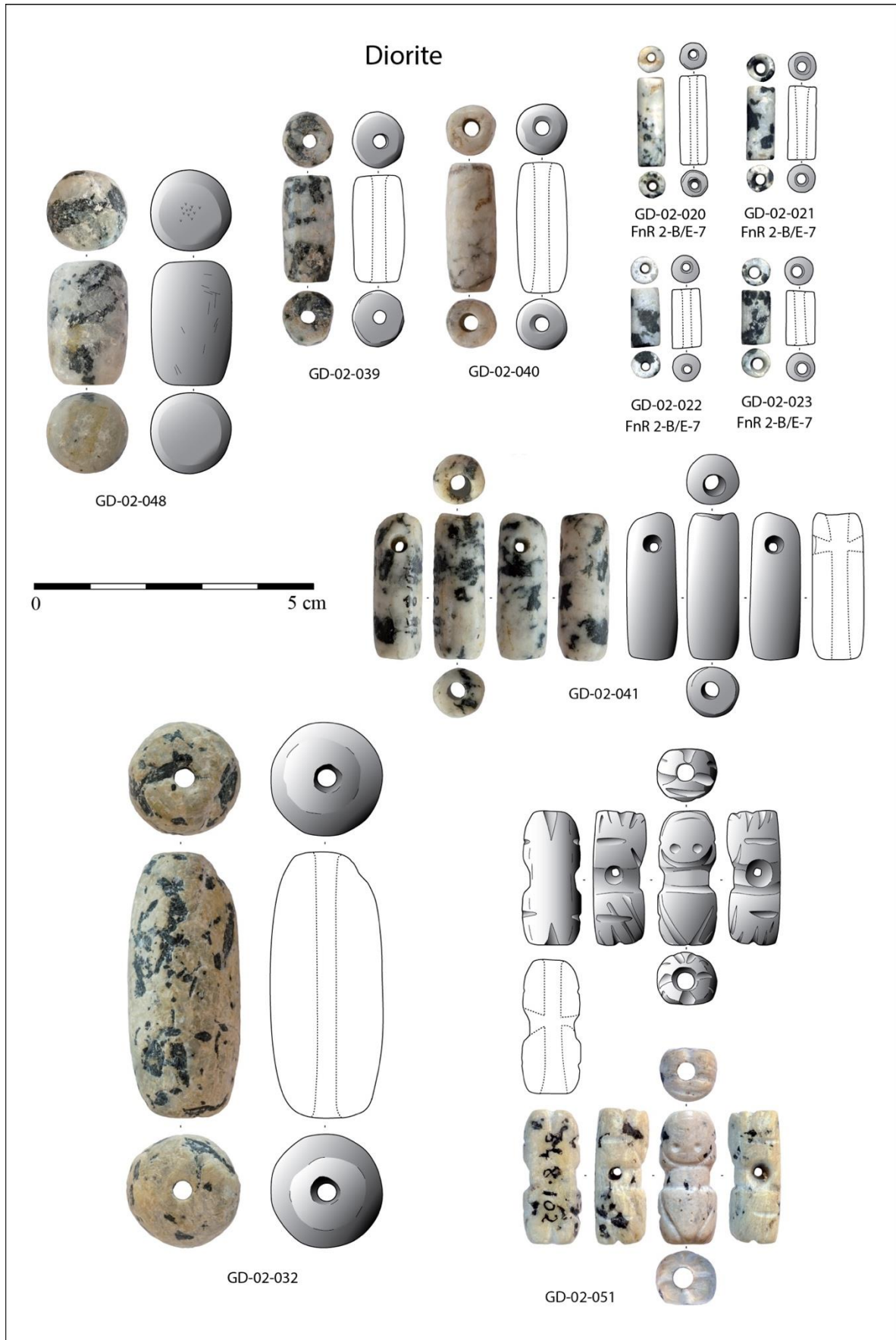


Figure 9. Photos and drawing of the diorite material from Morel.

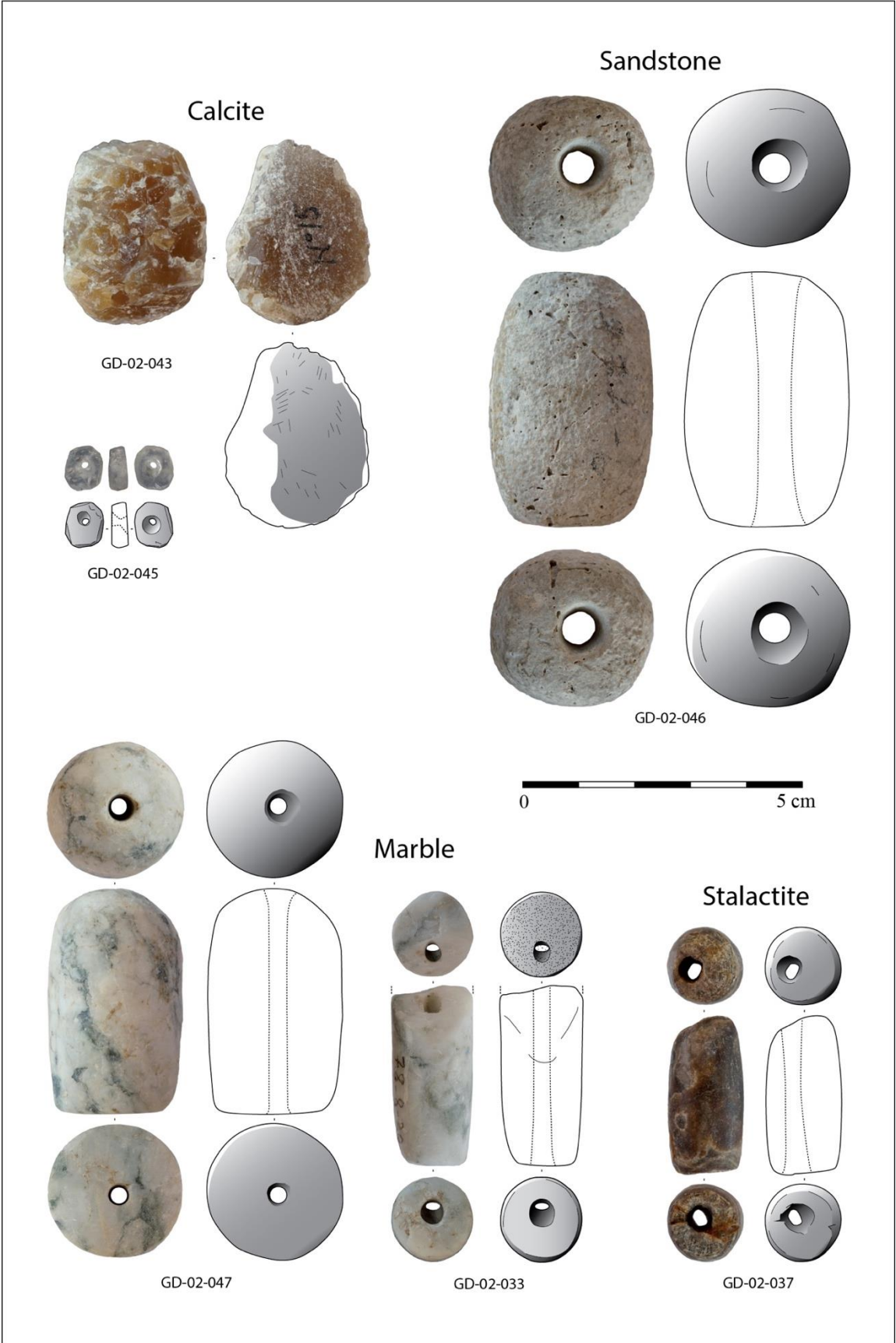


Figure 10. Photos and drawing of the calcite, marble and sandstone material from Morel.

Vivé

The sample is dominated by discoid beads (Table 3), made of diorite, greenstones, and, mainly turquoise (Table 2; Figures 11 and 12). A group of highly polished, bitronconical or spherical amethyst beads is also noteworthy for the investment in their finishing process (Figure 13). The unusual plano-convex beads, made of turquoise as in Gare Maritime (Queffelec, Fouéré, Paris, et al. 2018), are represented here by two objects (Figure 11). Rare raw materials are represented by barytine, sudoite, paragonite, diaspore, which can only be reliably identified through advanced analyses (here by Raman spectroscopy) (Figure 14). There are not many pendants at this site, but the two recovered (MA-02-13 and MA-02-14) are exceptional both in terms of raw material (nephrite) and

technical production. Despite being of different colors, both are made of nephrite and are quite similar in style (Figure 11). MA-02-013 is very similar to GD-02-001 (Figure 3), with prominent head, snout and eyes, and a similar thickness for head and body. MA-02-014 shows less details, no eyes, and no grooves on the animal's abdomen. The volume is much smaller, especially because the body is much thinner than the head. There are three perforations on this artifact, since one of them broke (by using the artifact or by finishing the perforation?) and was replaced by a second one just above and on the same side of the animal. Finally, the authors note that the anorthite discoid bead MA-02-018 (Figure 12) is presented here for the record, but does not come from the same layer as the other lapidary artifacts.

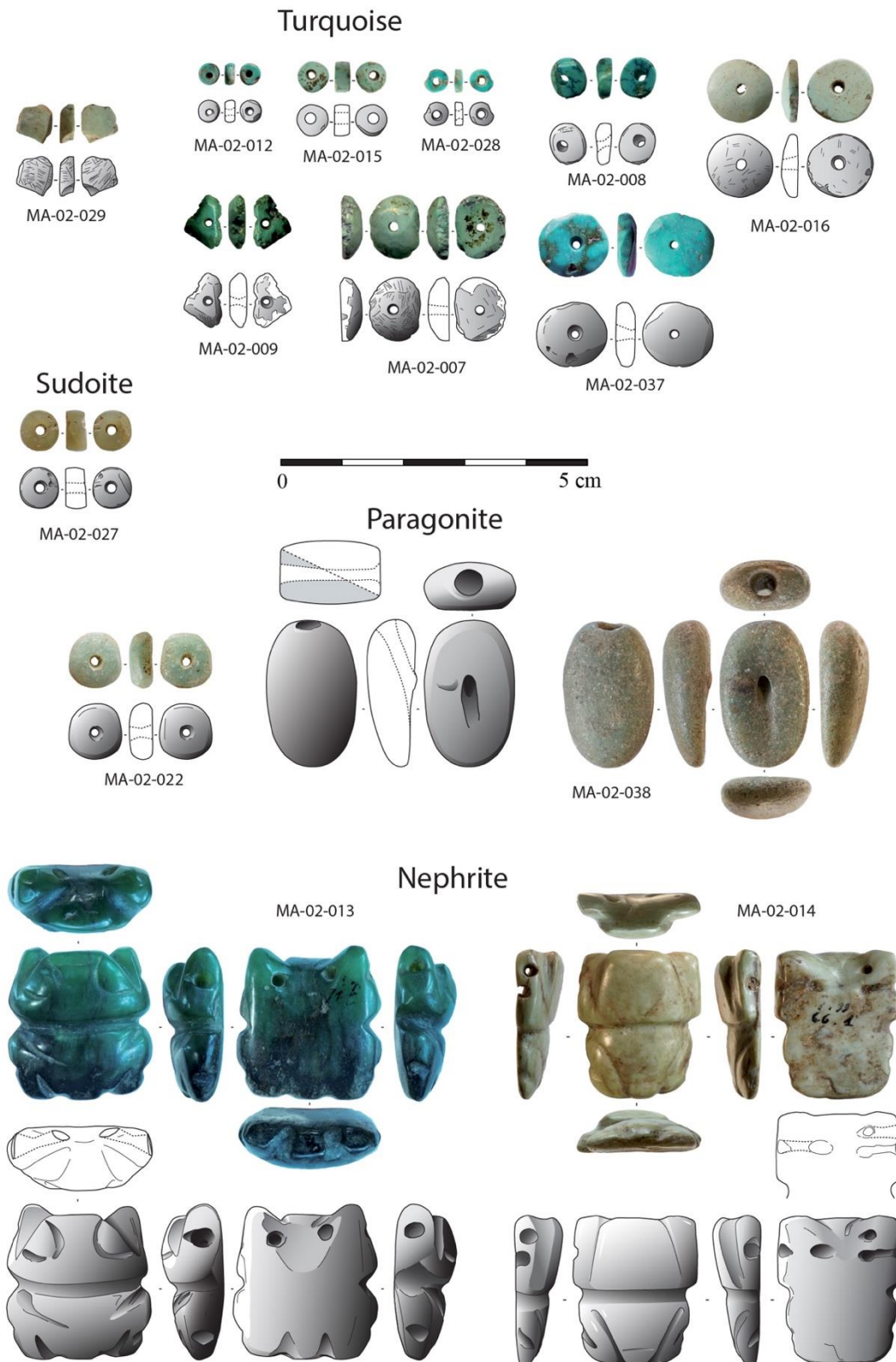


Figure 11. Photos and drawing of the greenstone artifacts from Vivé, including numerous turquoise beads and two carved nephrite pendants.

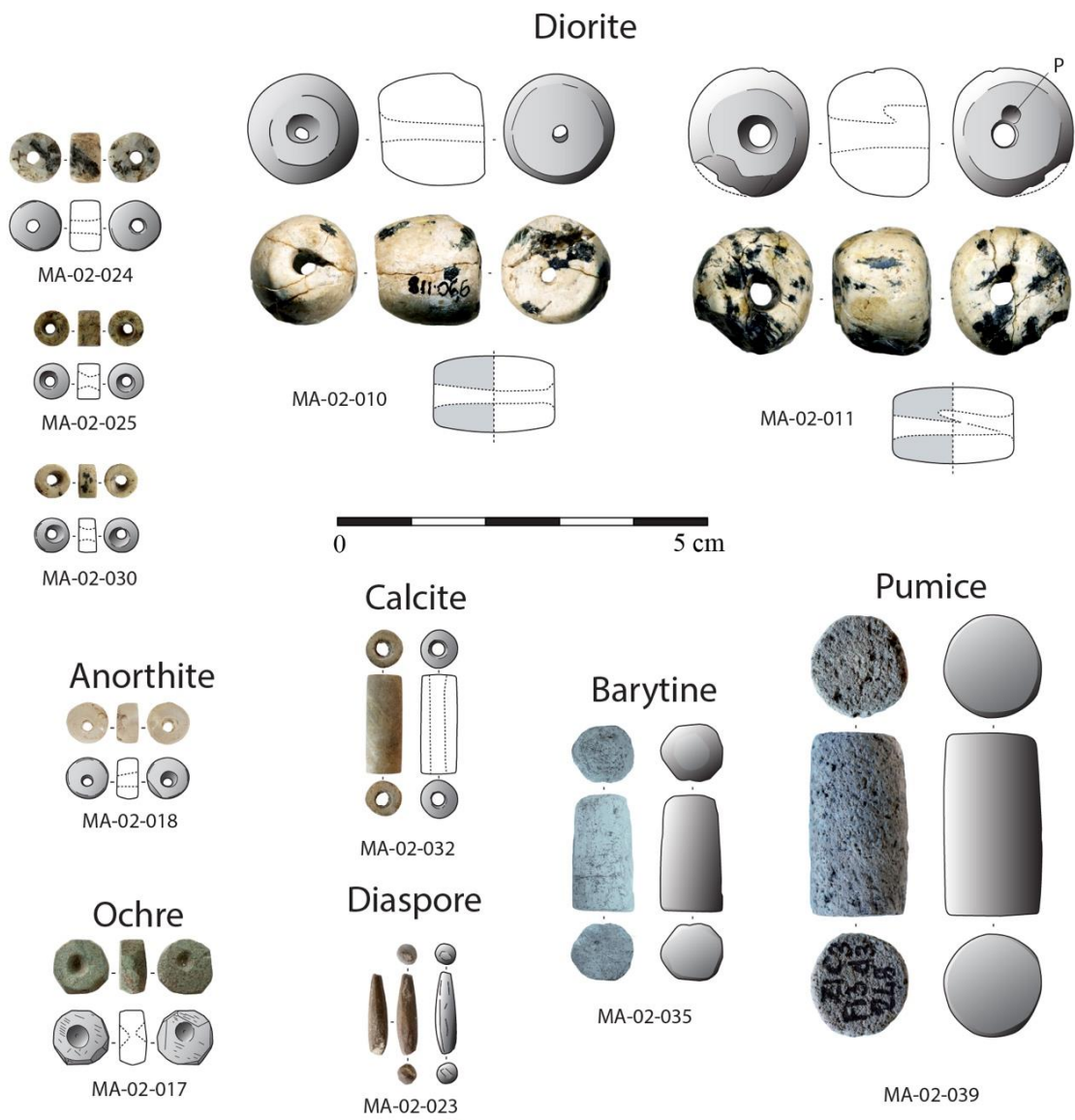


Figure 12. Photos and drawing of the lapidary artifacts from Vivé made of diverse raw materials.

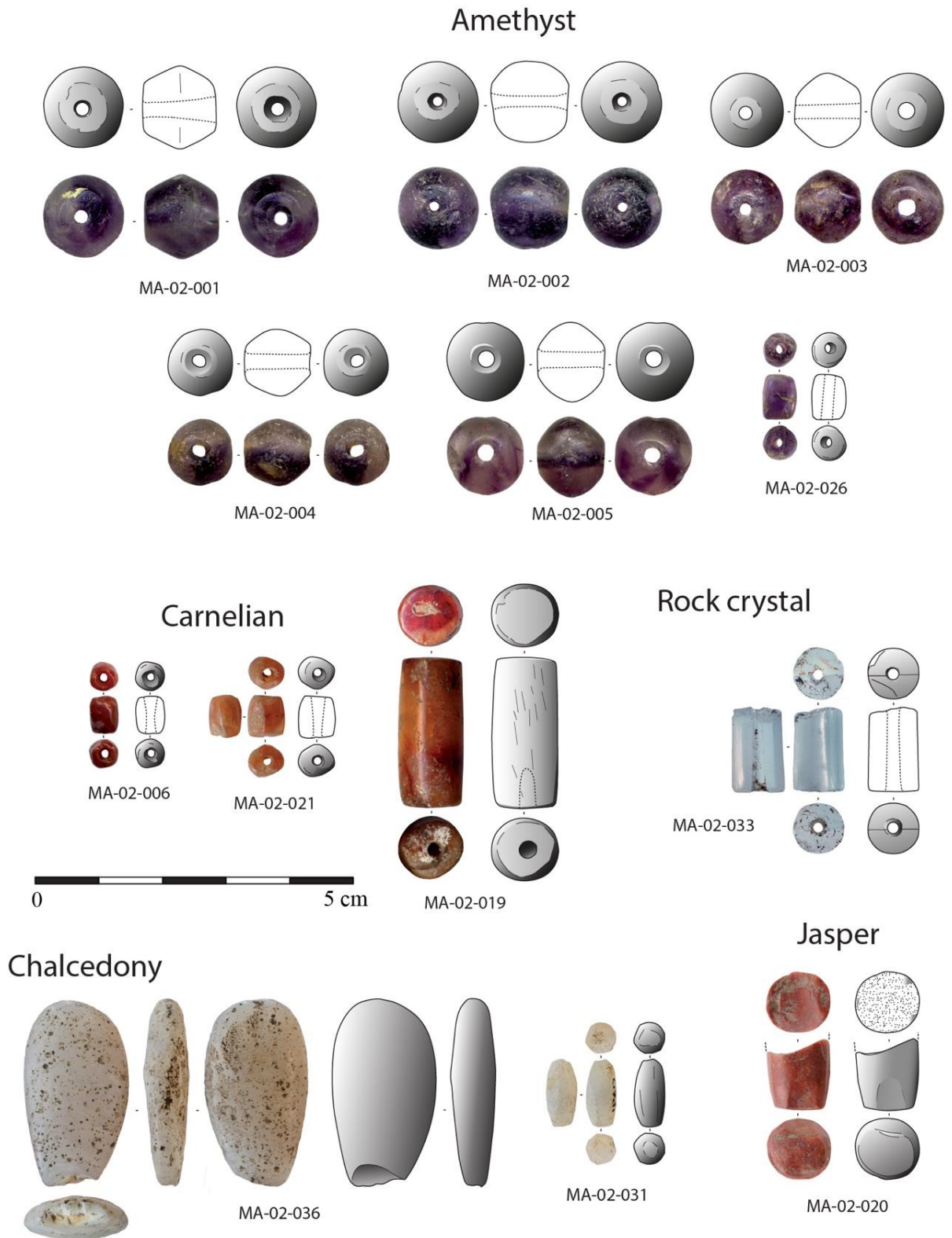


Figure 13. Photos and drawing of the different form of silica: amethyst, carnelian, rock crystal, chalcedony and jasper.

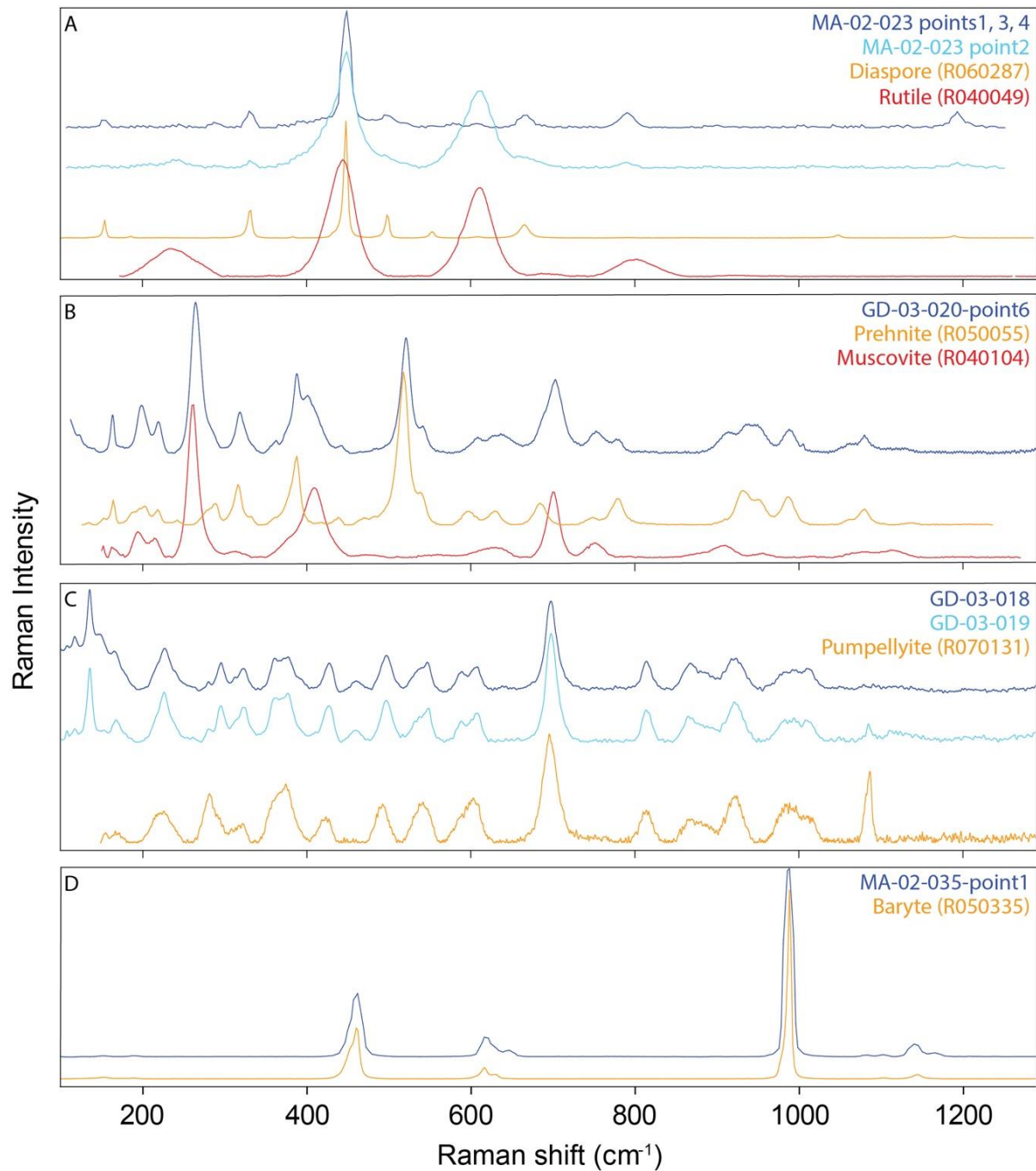


Figure 14. Representative Raman spectra of some minerals identified in the collections, pointing at rare material, hardly identifiable by naked eye, and not previously showed in other articles on this subject. Reference spectra from the RRUFF database are shown for each material. (A) Two titanium oxides composing the possible labret MA-02-023. (B) Prehnite and muscovite mixed in the small white bead GD-03-020. (C) Pumpellyite composing both tiny green chips GD-03-08 and -019. (D) Baryte identified as the raw material of the cylindrical blank MA-02-035.

Anse à la Gourde

The excavations of the more recent archaeological occupations in Anse à la Gourde (Late Ceramic period) have yielded 25 artifacts that can be connected to lapidary craftsmanship (Appendix 1). After careful examination of the field reports and the labeling of each bead, 24 are confidently attributed to the post-Saladoid period: 23 from the main sector of the excavation (Zone 64) and the trench from the 1995 fieldwork, and one (GD-03-003) from the upper part of a test pit attributed to the Troumassoid occupation. Only one bead (GD-03-007) is questionable since the reporting and the labeling of the sample give contradictory information. The description and analysis of this bead is included in this paper but excluded from statistical interpretations.

Discoid beads, mainly made of calcite, are dominant in the sample (Table 3; Figure 15). Calcite being the main raw material used for discoid beads, and also used for long beads, it is clearly the prevalent raw material of the lapidary production of the occupants of Anse à la Gourde (Table 2). Diorite is the second raw material in quantity, used to produce four artifacts: two large, poorly finished discoid beads (GD-03-013 and -014), one small and highly polished short bead (GD-03-023), and a big barrel-shaped blank showing the very beginning of a perforation (GD-03-

012) (Figure 16). So-called *greenstone* is rare in this site, and is represented by a single turquoise bead (GD-03-007; the one bead whose cultural attribution is not clear, therefore removed from further statistical treatments), and the unique pendant of the collection. This pendant (GD-03-008), which does not appear to represent any zoomorphic shape (Figure 16), is made of serpentine (Figure 14), and not “jadeitite” as reported in a previous publication (Rodríguez Ramos 2010:Figure 7; probably mistaken by visual inspection only). Two tiny chips of another greenstone (GD-03-018 and -019), are made of pumpellyite, a green sorosilicate mineral associated with low grade metamorphism (Figures 14 and 16); this material has not previously been identified in the Antilles. These chips are probably related to lapidary craft, since it is unlikely that they come from utilitarian lithic craftsmanship, and their saturated green color points towards the Amerindian attraction for greenstones in lapidary production. Nevertheless, no pumpellyite artifact has been identified to date in the lapidary production of Amerindians. As documented above for the Morel site, the presence of a naturally perforated stalactite at Anse à la Gourde is equally as interesting as it is rare in the Lesser Antilles (Figure 15, GD-03-002).

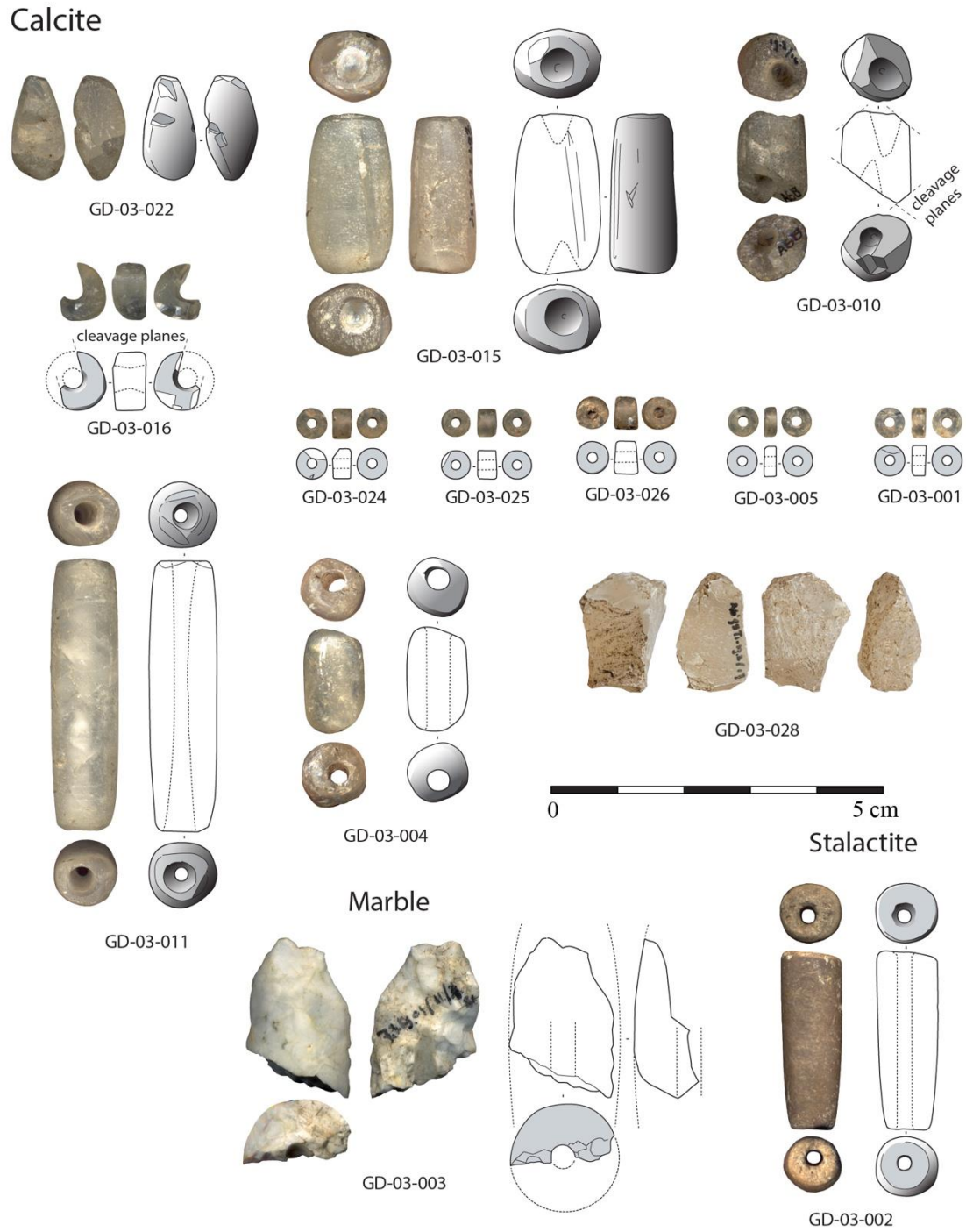


Figure 15. Photos and drawing of the calcite artifacts from Anse à la Gourde.

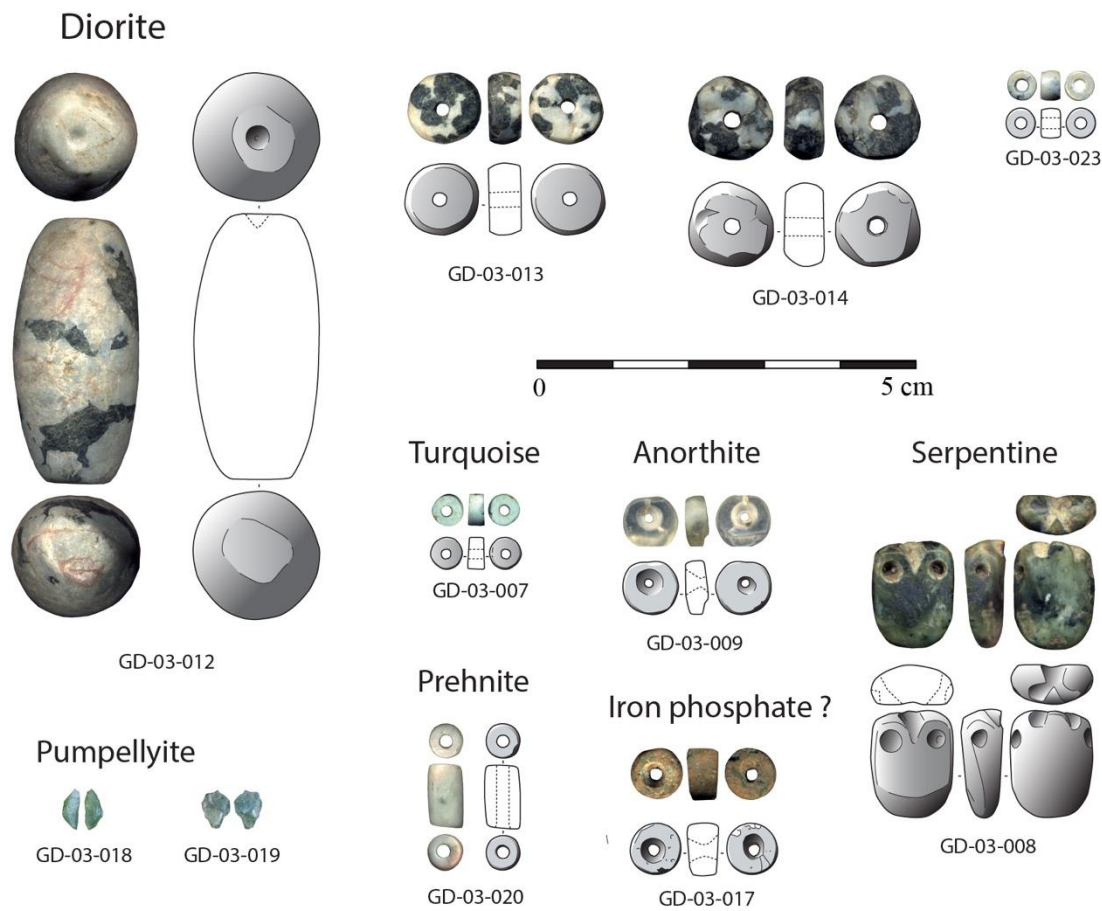


Figure 16. Photos and drawing of the artifacts from Anse à la Gourde made of diorite and other raw materials.

Discussion

Detailed mineralogical and typological analysis of the lapidary production assessed with the same methodology facilitated an inter-site comparison of Vivé, Morel, and Anse à la Gourde, together with the data from Gare Maritime. This discussion of diversity is based on both raw material distribution and the typology of lapidary production using simple histograms and diversity profiles to compare sites with graphical support. By addressing the raw materials, the typology, and the simplified *chaînes opératoires* (production sequence), this study then discusses the similarities and differences among sites and between periods in the

lapidary production of Ceramic Age Guadeloupe and Martinique.

Raw material diversity

Comparison of the distribution of the raw material among the three broadly contemporaneous Early Ceramic sites shows a certain homogeneity reflected in the relative proportion of amethyst and the low quantity of calcite artifacts (Table 2, Figure 17). One aspect of this distribution of raw material is the presence of high numbers of artifacts and diversity of raw materials for the so-called *greenstones* in each of these sites, and in particular the presence of rare gem materials: nephrite, sudoite and paragonite. Vivé and Morel

have some common parameters, such as the proportion of diorite, nephrite, amethyst, carnelian (especially if the carnelian chips are not counted in the lapidary artifacts). Morel is unique due to its high amount of rock crystal, but this is biased by the exceptional finding of the necklace, which contains 12 cylindrical beads made of this translucent gem. The other difference between the two sites is the proportion of turquoise in Vivé, which resembles much more Gare Maritime. Gare Maritime, on the other hand, remains quite unique because of its high proportion of serpentine and low quantity of diorite, which are not found in the other sites. In contrast, the Anse à la Gourde collection, which represents the Late Ceramic period, is strongly dominated by calcite. This collection, the smallest of the four sites, also contains specific minerals not present in the larger assemblages from the Early Ceramic sites such as prehnite, pumpellyite, and iron

phosphate. Finally, with regard to the diversity of raw materials found in each archaeological site, Vivé is much more diverse than the others given its moderate number of lapidary artifacts (Table 2). The diversity profile of Vivé, positioned above all the others for every value of the scale parameter, indicates that the diversity of this collection is much higher than for the other sites, whatever the importance the rare materials take in the calculation (Figure 18). The profiles of the four sites are quite well separated and allow the interpretation that Vivé is clearly more diverse than Morel, which is more diverse than Gare Maritime, which is much more diverse than Anse à la Gourde. It is not only the small amount of artifacts from Anse à la Gourde that produces the low diversity, it is also the specialization in the use of one raw material (here calcite), as evidenced by the low value of the Piélou evenness index (Figure 18b).

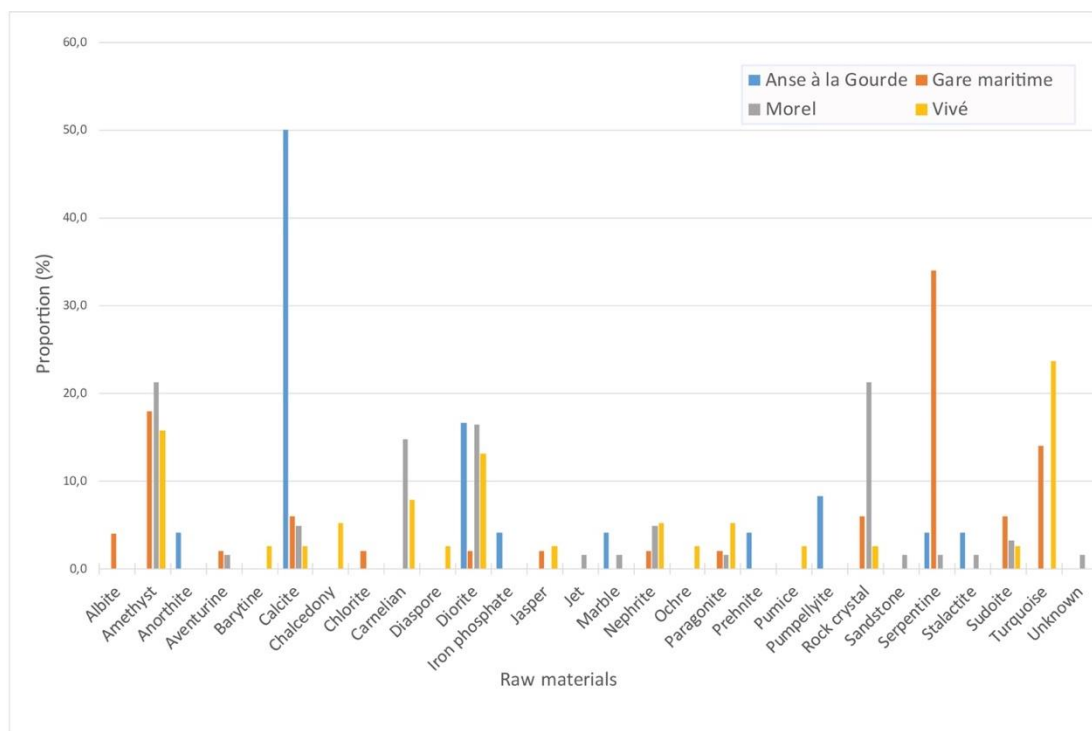


Figure 17. Bar chart representation of the distribution of the raw materials identified in the four sites (data from Table 2).

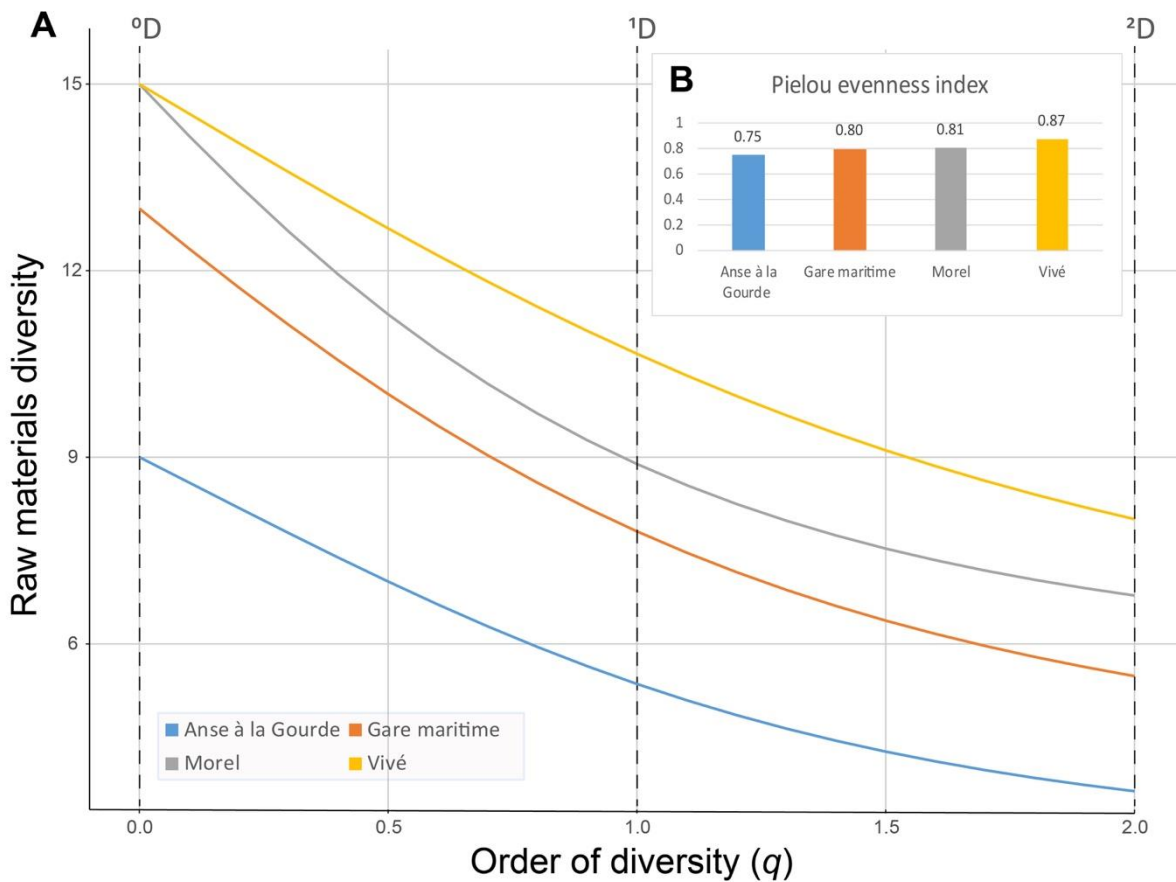


Figure 18. (A) Diversity profiles for the raw materials used in the four sites and (B) Pielou's evenness index to calculate the equitability of the distribution. Calculation made from data of Table 2.

The detailed discussion of the provenance of all the raw materials identified in this study, despite being beyond the scope of this article, can be nevertheless synthesized in three categories: local or potentially local, regional or potentially regional, and extra regional. The two later categories representing what is often named “exotic” (Cody 1991). The only local mineral well represented is calcite, which can be found in several islands of the Lesser Antilles, including Guadeloupe, even if we are currently unaware of such massive crystallizations allowing the production of long beads. Other volcanic gemstones, rarely used, can be found on the volcanic

parts of the French islands: albite, anorthite, and pumice. Jasper is also present on the island of Martinique (Westercamp et al. 1989). As for the other minerals, they can be considered as “exotic” raw materials, meaning there are not coming from the island on which the artifact is discovered. This category of gemstones include therefore almost all the raw materials identified in this study, as it was the case for Gare Maritime (Queffelec, Fouéré, Paris, et al. 2018). As for the regional scale, some gemstones are known to exist at the natural state in the Lesser Antilles, such as diorite in Tobago and Puerto Rico (Snoke 2001; Weaver 1958), stalactite on St. Bartholomew (Lenoble et al. 2012), rock

crystal, chalcedony and barite on Antigua (Murphy et al. 2000), serpentine in the southern Greater Antilles and Tobago (Auzende et al. 2002; Boomert 1987; Haviser 1993). Other are potentially present on islands of the Lesser Antilles given the regional geological background. Marble probably exists in some metamorphosed formations of limestone islands. Most of the green minerals and rocks forming the greenstone category also enter this regional classification, since chlorite, paragonite, pumpellyite and sudoite are minerals all belonging to the high pressure and low temperature (HP-LT) metamorphism facies widespread in the Caribbean (Auzende et al. 2002). Nephrite and turquoise, finally, could be counted as extra regional gemstones. The former is probably originating from ophiolites formation, a type of rocks only found in the peripheral areas of the Caribbean tectonic plate in Cuba, Hispaniola, Guatemala, Panama and Colombia (Acevedo Gómez et al. 2018; García-Casco et al. 2006). The later has never been identified in the Antilles but is known from several copper porphyry deposits, the closest being in Brazil and others in the Andean Cordillera and North of Mesoamerica.

None of these raw materials is directly suitable for provenance analysis by

“classically performed analysis” like basic geochemistry. Therefore, the exact sources remain unclear, and clarifying them will require detailed geological fieldwork to study mineralogical associations, petrology studies, and future analytical developments.

Typological diversity

Considering the morphology of the lithic beads, the sites of Vivé and Gare Maritime are comparable, with the sole exception of the total absence of biconical beads at Gare Maritime (Table 3; Figure 19). In both sites, cylindrical and discoid beads dominate, and the rare plano-convex beads, always made of turquoise, are present in both sites. As for Morel, the assemblage is characterized by dominance cylindrical and barrel-shaped beads, even setting aside the collar. The discoid shape is more or less absent. Pendants are always made of *greenstones*, while very hard materials such as rock crystal and amethyst are almost exclusively used for long beads. Discoid beads are mainly made of softer materials such as turquoise, serpentine, diorite, and feldspars for the more common raw materials. Anse à la Gourde, strongly dominated by calcite beads, has both cylindrical and discoid shapes, and is not that different from the studied Early Ceramic sites in this aspect.

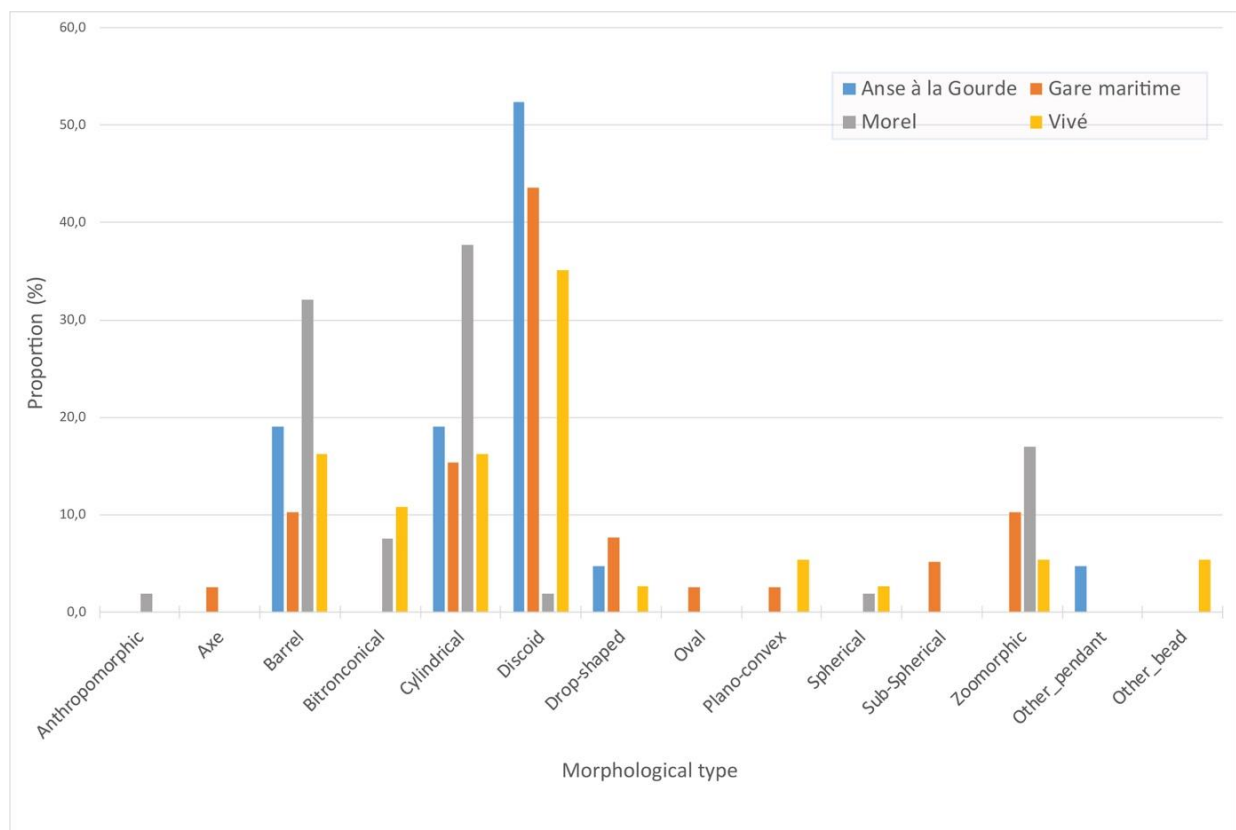


Figure 19. Bar chart representation of the distribution of the types of lapidary artifacts identified in the four sites (data from Table 3).

With regard to the diversity of the types of lapidary production analyzed (Figure 20), the temporal segregation remains clear, with Anse à la Gourde being much less diversified than the other sites, and Vivé being the most diverse. Nevertheless, from this point of view of the collections, Morel is less diverse than Gare

Maritime, the latter being quite similar to Vivé. The high specialization in the use of long beads (barrel-shaped and cylindrical) given the high number of lapidary artifacts at the site explains this result. This predominance of a type is also clearly recorded by the Piélou index, which is the lowest for Morel (Figure 20b).

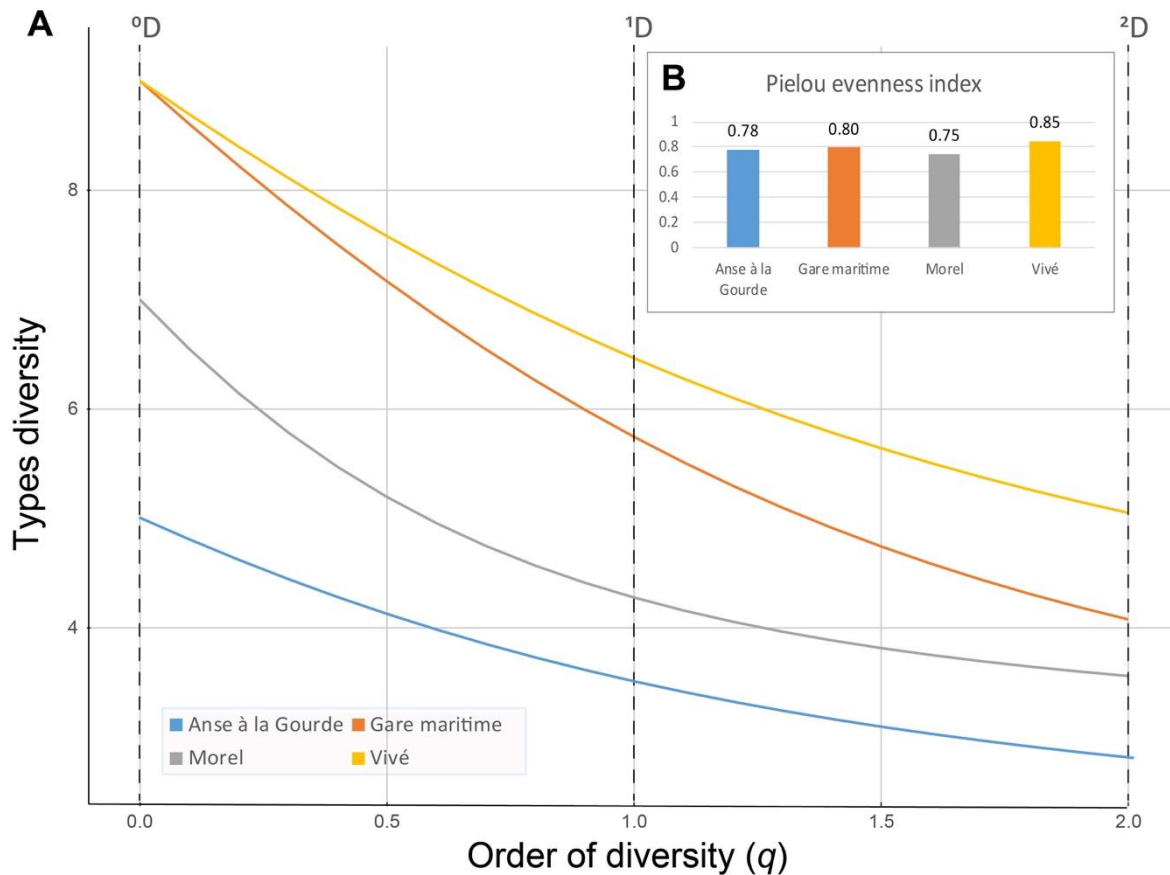


Figure 20. (A) Diversity profiles for types of artifacts (for finished and/or identifiable objects) in the four sites and (B) Pielou's evenness index to calculate the equitability of the distribution. Calculation made from data of Table 3.

The main production of the Amerindian lapidary craft in the Lesser Antilles is clearly the production of beads. Based on Beck's classification (1928), beads only belong to two categories: short beads and long beads (Figure 21). As already noted (Queffelec, Fouéré, Paris, et al. 2018), disc and standard beads are rare. The last category, surprisingly, is represented almost exclusively by the collar found in Vivé's burial, which is made of amethyst and diorite. The homogeneity of

the amethyst beads from this collar, similar to the homogeneity of the rock crystal beads from the collar of Morel, demonstrates the craftsmen's ability to produce the required shapes and sizes when desired (Figure 21). The diameter of the perforation tends to increase with the length of the bead, but the pattern is not very clear and does not seem to be related to the difference in raw material (color, hardness, mineralogy), site or period.

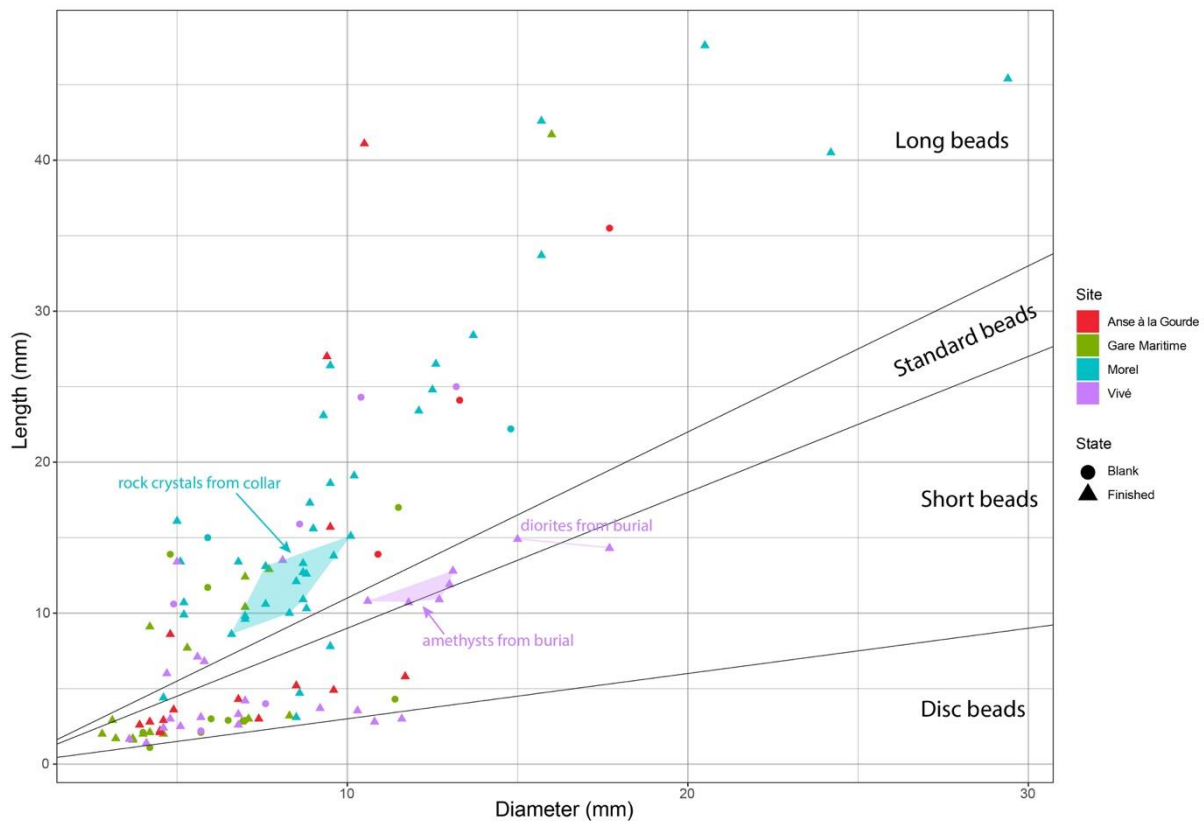


Figure 21. Plotting of the dimensions of the beads from the Anse à la Gourde, Gare Maritime, Morel and Vivé. Layout of the separation between the types defined by Beck (1926).

Finally, with regard to the distribution of zoomorphic pendants among the sites, the situation is quite confusing. Only one type of pendant is present in Vivé: typical early Cedrosan Saladoid frog-shaped pendants, massive, thick, with a prominent head and well engraved front and rear legs (Figure 11, MA-02-013, -014). This type is also well represented in Morel, especially in the collar (Figures 3 and 4), but other shapes are also present at this site (Figure 8). These more stylized shapes are the only one found in Gare Maritime (Queffelec, Fouéré, Paris, et al. 2018: Figure 3). All the pendants are made of different *greenstones*, even the one from Anse à la Gourde. This last pendant (GD-03-008), however, is not clearly zoomorphic, and differs greatly from those

of the Early Ceramic. This heterogeneity could be related to the small sample, and a study of the zoomorphic pendants at a regional scale is necessary.

Chaînes opératoires

Concerning the *chaîne opératoire* of the different sites and raw material, it is very difficult to identify general trends because of the great diversity of raw materials in the Early Ceramic period sites, and the diversity of the proportions that each raw material represents in each site. This also requires sieving of the sediments to search for small bits of stone debitage, not always carried out during the excavation. Getting into the details and trying to infer the specific *chaîne opératoire* for each type, material, and site, is beyond the scope of

this article. However, some general observations can be made. For the raw materials sufficiently represented, the presence of each main step of the *chaîne opératoire* is summarized in Table 4. Most gemstones are clearly absent in the raw state in all sites, as is the case for anorthite, diorite, turquoise, nephrite, rock crystal, paragonite, sudoite, and most other rare materials. This absence implies that the material was not transported raw to the site and, that, probably, the blanks were also quite advanced in the manufacturing stages while transported since the reduction chips are not present either. It can also be noted that rare and very hard materials are mainly present in the form of finished objects (with the exception of amethyst in Gare Maritime). Evidence of the reduction process on site is only visible for amethyst and serpentine (Gare Maritime), carnelian (Morel), and probably pumpellyite (Anse à la Gourde). Pendant blanks are rare, and only found as finished objects lacking only perforation. The absence of this last step, however, may also be related to the use of miniature objects of similar shapes in other ways than pendants (charms, valuable goods for exchange...).

Integrated comparison of the Early Ceramic period sites

With regard to the three sites from the Early Ceramic period, which are Gare Maritime, Vivé, and Morel, similarities and differences can be observed and tentatively interpreted. On the one hand, there are consistencies in the relatively high amount of lapidary artifacts, the great diversity especially for raw materials, the high proportion of exotic raw materials including many different *greenstones*, the quantity of pendants, all made of *greenstones*, and the use of very hard gemstones (rock crystal and amethyst) to produce beads. These characteristics could demonstrate the level of investment in these kinds of personal ornaments. Indeed, the importance of the production and diversity of lithic beads and pendants and the existence of significant long-distance exchange networks can be considered as shared characteristics by all the Early Ceramic groups. Vivé, Morel, and Gare Maritime confirm, with this detailed analysis, their participation in the pattern already described for the sites of this period (Cody 1993; Crock and Bartone 1998; Murphy et al. 2000; Narganes Storde 1995; Rodriguez 1993).

Table 4. For the different raw materials and for each site, each main step of the *chaîne opératoire* present in the site is indicated by a green box.

		Morel	Vivé	Gare Maritime	Anse à la Gourde
Amethyst	Raw material				
	Blank				
	Finished				
Anorthite	Raw material				
	Blank				
	Finished				
Calcite	Raw material				
	Blank				
	Finished				
Carnelian	Raw material				
	Blank				
	Finished				
Diorite	Raw material				
	Blank				
	Finished				
Serpentine	Raw material				
	Blank				
	Finished				
Turquoise	Raw material				
	Blank				
	Finished				
Nephrite	Raw material				
	Blank				
	Finished				
Rock crystal	Raw material				
	Blank				
	Finished				
Paragonite	Raw material				
	Blank				
	Finished				
Sudoite	Raw material				
	Blank				
	Finished				

Nevertheless, this thorough examination, rarely undertaken, leading to an exhaustive identification of raw material, a complete typological study, as well as a quantified comparison between sites, also reveals differences that would not be highlighted by a less complete approach.

Indeed, discrepancies are visible, such as differences in the dominant raw materials, in the dominant type and in the diversity of these two parameters. The generalization of the *chaîne opératoire* also proves difficult, as each site brings a contradiction to the other on the presence or absence of the

different steps of the process. This heterogeneity reflects the current views on Early Ceramic period, namely that “the general similarities in Saladoid material culture are now far outweighed by the differences between sites and islands” (Keegan and Hofman 2016, p. 82). These differences could indeed be the consequence of a palimpsest of causes such as difficulties/inconsistencies in the supply of raw materials, differences between groups, differences in the geographical location of sites, changes in trade routes, and, of course, among many others, the absence of a real contemporaneity of the three sites. Unfortunately, the excavations were not carried out the same way for all of them, which hampers the full potential of these observations: Morel’s collection is a mixture of early excavation (without sieving), surface collection, and an exceptional find in a burial; Gare Maritime, which delivered the largest quantity of raw material and blanks, was entirely sieved and excavated by hand. Vivé and Anse à la Gourde, two extensive sites, were also excavated recently and the sediment was sieved. Considering the relatively small surface excavated at Gare Maritime compared to the other sites, the great diversity and quantity of lapidary production on this site, the large quantity of raw materials and blanks, and the absence of well-endowed burial, it is likely that Gare Maritime was more related to lapidary craftsmanship than the other sites.

One point that seems clearer is the typological diversity of amulets, which may reflect the cultural diversity of the Early Ceramic period in the central Lesser Antilles. Indeed, the cultural affiliation of the Early Ceramic component in these three sites is not identical. The Morel site is characterized by the presence of both

Huecan and Early Cedrosan Saladoid components (Hofman et al. 2001; Keegan and Hofman 2016) while Vivé is only characterized by an Early Cedrosan component (Bérard 2000) and Gare Maritime by Huecan only (Romon et al. 2013). It could therefore be argued that the massive and more realistic representations are related to the Early Cedrosan Saladoid, while the flat, smaller and more stylized zoomorphic pendants are representative of the Huecan Saladoid sub-series (Chanlatte Baik and Narganes Storde 2005). Morel’s collection contains both styles, while Vivé’s collection contains only massive pendants and Gare Maritime only stylized ones. Finally, it should be noted that the Morel pendant GD-02-003, part of the collar found in the most ancient layers of the site’s stratigraphy, tentatively attributed to a bird shape (Durand and Petitjean Roget 1991), may indeed reflect a relation with the Huecan bird pendants from Puerto Rico (Chanlatte Baik 1983).

Chronological comparison

For decades, a significant distinction has been made between Early Ceramic period communities and later ones with regard to the use of lapidary artifacts (Bérard 2013; Hofman et al. 2007, 2014; Knippenberg 2007; Rodriguez 1993). The results of the detailed study presented in this article reinforce this distinction, once again, by comparing and finding many differences between three Early Ceramic period sites and a site with Late Cedrosan Saladoid and Troumassoid components. There are many qualitative differences, such as the low quantity of artifacts given the high volume of the excavation, the ultra-dominance of calcite beads, the low diversity of raw materials and types, the low number and non-zoomorphic shape of pendants, the

absence of rock crystal and amethyst long beads etc. The quantitative approach to diversity in lapidary craft, based on ecological methodology, also confirms this clear distinction. Anse à la Gourde is clearly the least diversified collection, both in terms of raw materials and the typology of finished objects. All these differences can lead to a single interpretation: the importance of lapidary artifacts in the cultures of Lesser Antilles inhabitants decreased after the first pioneering settlers, leading to a lower investment both in terms of quantity of objects produced and worn, and of diversity of shapes and exotic raw materials used. This observation seems to be confirmed by the fact that during other recent excavations on the same islands, including a systematic sieving procedure of sites dated from Middle to Final Ceramic period in Martinique (Anse Trabaud, Carbet [Pory-Papy & Perrinon-Doume], Dizac, and Macabou), in Guadeloupe (Stade José Bade in Marie-Galante) only a few or even no lithic bead and pendant was found in each site (Queffelec et al. 2018; Queffelec et al. 2019).

The reason for this significant change can be many and varied. It can simply be the result of a shift in the production of personal ornaments from lithic raw materials to other materials (e.g., shell, feather, cotton, seeds) or other forms of body ornamentation (body painting) that can, furthermore, be perishable. Although direct access to some of these elements is impossible due to their highly perishable nature, Late and Final Ceramic period sites are characterized by a large presence of spindle whorls, and ceramic bodypainting stamps (Allaire 1977; Torres and Carlson 2014). So, what could have been the reason(s) for this loss of importance of the production of lapidary personal ornament

after the Early Ceramic period? Hypotheses can be proposed. Perhaps exotic raw materials originating from the continent were missing in the Caribbean region due to the discontinuation or, perhaps even more so, due to the change of the Early Ceramic Pan-Caribbean exchange networks, either voluntarily or not. It is clear that the lithic personal ornaments of Anse à la Gourde consist of less exotic rocks. The comparison between Early Ceramic sites and later ones on this topic shows that the older ones are less rich and more diverse. This point can be considered as the reflection of the importance of the social investment (norm) associated with this production during the Early Ceramic period. This observation can also be linked to the changes observed in pottery production during the transition from the Early to the Middle Ceramic period which have been described in exactly the same terms (Bérard 2013). Broadening the comparison with other types of personal ornaments, especially the ubiquitous shell beads and pendants, would be of great interest in testing this observation.

Conclusions

Three major archaeological collections of lapidary artifacts from the Ceramic period of Guadeloupe and Martinique, collected over a long period of time, over different seasons of excavation, by different archaeologists, and curated in different institutions, are being studied thoroughly in this work. The total number of artifacts presented here reaches 124, representing numerous types of beads and pendants, as well as 25 different raw materials mainly properly identified thanks to Raman spectroscopy. These raw materials are mostly originating from outside the two islands, and are suggested to

come from the continent and the Greater Antilles.

Thanks to this detailed analysis, based on the same approach used to study the 50 artifacts of Gare Maritime, these collections can henceforth integrate comparison studies. Diversity of raw materials and types has been compared between sites and between chronological periods, demonstrating the greatest diversity for the lapidary production found in Vivé (Martinique). Morel and Gare Maritime (Guadeloupe) are slightly less diverse, the first being more diverse than the later in terms of raw materials, and the contrary for typology. Qualitatively, many differences between the three rich collections of the Early Ceramic period of Guadeloupe and Martinique are observable. A link between the typology of zoomorphic pendants and the cultural context remains the only character that has been found significant. At the inter-periodical scale, several distinctive features differentiate the Middle/Late Ceramic period site of Anse à

la Gourde from the others, both qualitatively and quantitatively. The use of greenstone and other exotic materials is rarer, the production of beads being mainly centered around calcite, while the production of zoomorphic pendants is absent. The low diversity of Anse à la Gourde's collection is also clearly attested, validating once again the distinction between Early Ceramic and Middle/Late Ceramic sites in the Lesser Antilles as for the investment in lapidary production.

Are these differences and similarities the result of cultural, chronological, or geographical factors? To address the questions associated with pre-Columbian stone ornaments in the Lesser Antilles, it is imperative to extend the study of lapidary production to a wider area and to share data by creating a regional database that includes high-quality data: complete collections analysis, advanced mineralogical identification, and detailed qualitative and quantitative studies.

Acknowledgments: This work has been funded by the Direction des Affaires Culturelles de Guadeloupe, the Direction des Affaires Culturelles de Martinique, and the Conseil Régional de Guadeloupe. We are also deeply thankful to the various institutions and their staff that allowed us to study the artifacts in the best conditions: Christian Stouvenot for the Direction des Affaires Culturelles de Guadeloupe, Lucie Chehmana and Thierry Dorival for the Direction des Affaires Culturelles de Martinique, Susana Guimaraes, Katarina Jacobson and Jean-Luc Bernos at the Musée Edgar Clerc, Peggy Deroze and Claudia Daribo at the Musée d'Archéologie et de Préhistoire de Martinique. We would also like to thank the three reviewers who greatly help us through their useful and precise comments.

References Cited

- Acevedo Gómez, Natalia, Marion Weber Scharff, Antonio García-Casco, and Juanita Sáenz-Samper (2018). Placas aladas de las sociedades Nahuange y Tairona (100–1600 DC), Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia: materia prima y áreas de procedencia. *Latin American Antiquity* 29(4): 774–92.
- Allaire, Louis (1977). Later Prehistory in Martinique and the Islands Caribs: problems in ethnic identification. Yale University.
- Auzende, Anne-Line, Bertrand Devouard, Stéphane Guillot, Isabelle Daniel, Alain Baronnet, and Jean-Marc Lardeaux (2002). Serpentinites from Central Cuba petrology and HRTEM study. *European Journal of Mineralogy* 14(5): 905–14.
- Beaver, Joseph E., and Rebecca M. Dean (2019). Using Euclidean distance in the comparative analysis of taxonomic abundance. *Journal of Archaeological Science: Reports* 25: 331–340.
- Beck, Horace C. (1928). Classification and Nomenclature of Beads and Pendants. *Archaeologia* 77: 1–76.
- Bérard, Benoît (2000). *Le site précolombien de Vivé*. Unpublished Rapport de fouille programmée. SRA Martinique, Fort-de-France.
- Bérard, Benoît (2013). The Saladoid. In *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology*, pp.184–97. Oxford University Press. W. Keegan, C. Hofman & R. Rodriguez Ramos.
- Bérard, Benoît (2018). Essai d'archéogéographie sociale des territoires amérindiens dans l'archipel antillais. 300 av. J.-C./400 apr. J.-C. Unpublished Habilitation à Diriger des Recherches. Université Paris 1 Panthéon-La Sorbonne.
- Bérard, Benoît, and Jean-Pierre Giraud (2006). Les Premières Occupations Agricoles de la Martinique. Vol. 1524, British Archaeological Reports. *International Serie. Archaeopress, Oxford*.
- Boomert, Arie (1987). Gifts of the Amazons: Green stone pendants and beads as items of ceremonial exchange in Amazonia and the Caribbean. *Antropologica*(67): 33–54.
- Carter, Benjamin, and Matthew Helmer. (2015). Elite Dress and Regional Identity: Chimú-Inka Perforated Ornaments from Samanco, Nepeña Valley, Coastal Peru. *BEADS: Journal of the Society of Bead Researchers* 27(1): 46–74.
- Chanlatte Baik, Luis A. (1983). *Arqueología de Vieques*. Centro de investigaciones arqueológicas. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- Chanlatte Baik, Luis A., and Yvonne M. Narganes Storde (2005). *Cultura La Hueca*. Universidad de Puerto Rico. Museo de Historia, Antropología y Arte. Rio Piedras.
- Clerc, Edgar (1968). Sites précolombiens de la côte nord-est de la Grande-Terre de Guadeloupe. In *Compte-rendu des communications du Second congrès international d'études des civilisations précolombiennes des Petites Antilles*, pp.47–60. Barbados: Barbados Museum.
- Cody, Annie (1991). From the site of Pearls, Grenada: exotic lithics and radiocarbon dates. In *Proceedings of the 13th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp.589–604. Curaçao: E.N. Ayubi and Jay B. Haviser.
- Cody, Annie (1993). Distribution of exotic stone artifacts through the Lesser Antilles: their implications for prehistoric interaction and exchange. In *Proceedings of the 14th International Congress for Caribbean*

- Archaeology*, pp.204–26. Barbados: A. Cummins and P. King.
- Crock, John G., and Robert N. Bartone (1998). Archaeology of Trants, Montserrat. Part 4. Flaked stone and stone bead industries. *Annals of Carnegie Museum PITTSBURGH* 67(3): 197–224.
- Delawarde, Jean-Baptiste (1946). Préhistoire martiniquaise: Les gisements du Paquemar et de Vivé. *Martinique*(6): 53–60.
- Delpuech, André (2005). Les «Anthropolithes» De La Guadeloupe. Aux Origines De L'archéologie Antillaise. In *Proceedings of the XX International Congress for Caribbean Archaeology, Santo Domingo, 2003*, 2:pp.443–48. Santo Domingo, Republica Dominicana.
- Delpuech, André, Corinne Hofman, and Menno Hoogland (1996). Archéologie amérindienne en Guadeloupe: recherches récentes et perspectives. *Bulletin de la Société d'Histoire de la Guadeloupe*(109): 21–38.
- Delpuech, André, Corinne Hofman, and Menno Hoogland (1997). Fouilles sur le site précolombien de l'Anse à la Gourde (Saint-François, Guadeloupe). *Journal de la Société des Américanistes* 83: 279–282.
- Durand, Jean-François, and Henry Petitjean Roget. (1991). A propos d'un collier funéraire à Morel, Guadeloupe: les Huecoïdes sont-ils un mythe? In *Proceedings of the 12th congress of the IACA*, pp.53–72. Martinique.
- Emond, Denis, and Serge Vallée (1975). *Sondage au site de Vivé est: Côte nord-est de la Martinique*. Unpublished Rapport de stage de formation. Université de Montréal.
- Falci, Catarina Guzzo, Alice C.S. Knaf, Annelou van Gijn, Gareth R. Davies, and Corinne L. Hofman (2020). Lapidary production in the eastern Caribbean: a typo-technological and microwear study of ornaments from the site of Pearls, Grenada. *Archaeological and Anthropological Sciences* 12(2): 53.
- Fewkes, Jesse Walter. (1907). *The aborigines of Porto Rico and neighboring islands*. Vol. 25.
- Fitzpatrick, Scott M., Michiel Kappers, and Christina M. Giovas (2010). The southward route hypothesis: examining Carriacou's chronological position in Antillean prehistory.
- García-Casco, Antonio, R.L. Torres-Roldán, Manuel A. Iturralde-Vinent, G. Millán, K. Núñez Cambra, Concepción Lázaro, and Antonio Rodríguez Vega (2006). High pressure metamorphism of ophiolites in Cuba. *Geologica Acta: an international earth science journal* 4(1): 63–88.
- Giraud, Jean-Pierre, Benoît Bérard, and Nathalie Vidal (1999). *Le site précolombien de Vivé* Unpublished Rapport de fouille programmée. SRA Martinique, Fort-de-France.
- Grayson, Donald K., and Françoise Delpuech (2002). Specialized early Upper Palaeolithic hunters in southwestern France? *Journal of archaeological science* 29(12): 1439–1449.
- Haviser, Jay B. (1993). *Lithic analyses, Hope Estate*.
- Hill, Mark O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54(2): 427–432.
- Hofman, Corinne L., Alistair J. Bright, Arie Boomert, and Sebastiaan Knippenberg (2007). Island Rhythms: The Web of Social Relationships and Interaction Networks in the Lesser Antillean Archipelago between

400 B.C. and A.D. 1492. *Latin American Antiquity* 18(3): 243.

Hofman, Corinne L., Menno LP Hoogland, and André Delpuech (2001). Guadeloupe, Saint-François, Anse à la Gourde-fouille programmée pluriannuelle 1995-2000-Rapport de synthèse 2000. *Unpublished typescript, Conseil Régional de la Guadeloupe, Direction Régionale des Affaires Culturelles de Guadeloupe, Municipalité de Saint-François.*

Hofman, Corinne L., Angus Mol, Reniel Rodríguez Ramos, and Sebastiaan Knippenberg (2014). Networks Set in Stone: Archaic-Ceramic interaction in the early pre-Colonial northeastern Caribbean. In *Archéologie caraïbe*, pp.119. Bérard B. & Losier C.

Keegan, William F. (2004). Islands of chaos. *BAR INTERNATIONAL SERIES*: 33–46.

Keegan, William F., Lisabeth A. Carlson, Kelly M. Delancy, and David Hayes (2018). A Crab-Shell dichotomy encore: Visualizing Saladoid shell tools. *Journal of Caribbean Archaeology* 18: 1–33.

Keegan, William F., and Corinne L. Hofman (2016). *The Caribbean before Columbus*. Oxford University Press.

Knippenberg, Sebastiaan (2007). *Stone artefact production and exchange among the Lesser Antilles*. Vol. 13. Amsterdam University Press.

Lafuente, Barbara, Robert T. Downs, Hexiong Yang, and Nate Stone (2015). The power of databases: the RRUFF project. In *Highlights in Mineralogical Crystallography*, pp.1–30. W. De Gruyter. Berlin: T. Armbruster & R. M. Danisi.

Lenoble, A., A. Queffelec, and C. Stouvenot (2012). Grottes et abris de l'île de Saint Barthélémy. *Spelunca*(126): 9 p.

López-García, Juan Manuel, Claudio Berto, Vittorio Colamussi, Chiara Dalla Valle, Domenico Lo Vetro, Elisa Luzi, Giulia Malavasi, Fabio Martini, and Benedetto Sala (2014). Palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction of the latest Pleistocene–Holocene sequence from Grotta del Romito (Calabria, southern Italy) using the small-mammal assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 409: 169–79.

Marcon, Eric (2018). Mesures de la Biodiversité.

Marcon, Eric, and Bruno Héroult (2015). entropart: An R package to measure and partition diversity. *Journal of Statistical Software* 67(1): 1–26.

Marcon, Eric, and Bruno Héroult (2019). entropart: Entropy Partitioning to Measure Diversity. R package.

Mattioni, Mario D. (1976). Discovery of three third century pre-columbian tombs in Martinique. In *Proceedings of the first Puerto Rican Symposium on Archaeology*, pp.79–84. San Juan.

Mattioni, Mario D. (1979). *Salvage Excavations at the Vivé Site, Martinique: Final Report*. Department of Anthropology, University of Manitoba.

Mestre, Mickael (2006). *Le Lorrain "Vivé", Martinique*. Unpublished Rapport de diagnostic. INRAP/SRA Martinique.

Mestre, Mickael (2014). *Martinique, Le Lorrain, Vivé, Aménagement d'un parking, Parcelle C165*. Unpublished Rapport de diagnostic. INRAP/SRA Martinique.

Murphy, A. Reg, David J. Hozjan, Christy N. de Mille, and Alfred A. Levinson (2000). Pre-Columbian gems and ornamental materials from Antigua, West Indies. *Gems and Gemology* 36(2): 234–245.

Narganes Storde, Yvonne M. (1995). La lapidaria de Sorce, Vieques y Tecla, Guayanilla, Puerto Rico. In *Proceedings of the 16th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp.17–26. Basse-Terre: Richard.

Nickel, Ernest H., and Monte C. Nichols (2009). *The New IMA List of Minerals – A Work in Progress – Updated: September 2015*. IMA.

Pielou, Evelyn C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology* 13: 131–144.

Pinchon, Robert (1952). Introduction à l'archéologie martiniquaise. *Journal de la Société des Américanistes* 41(2): 305–52.

Queffelec, Alain (under review). Provenancing turquoise - a difficult task. *ArcheoScience - Revue d'archéométrie*.

Queffelec, Alain, Ludovic Bellot-Gurlet, Eddy Foy, Emmanuel Fritsch, and Pierrick Fouéré (2019). Multi-characterization of a yet unknown gemological material used by Amerindians in the Antilles: the sudoite ($\text{Mg}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_8$), a mineral from the chlorite group. Unpublished Poster presented at the GMPCA, Montréal.

Queffelec, Alain, Pierrick Fouéré, Ludovic Bellot-Gurlet, Ronan Ledevin, Christian Stouvenot, Benoît Bérard, Lolita Rousseau, Lucie Guillien, and Céline Paris (2019). *Parures amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles Françaises : minéralogie, sources géologiques et fabrication*. Unpublished Rapport de PCR. Service Régional de l'Archéologie, Basse-Terre, Guadeloupe.

Queffelec, Alain, Pierrick Fouéré, Ludovic Bellot-Gurlet, Christian Stouvenot, and Céline Paris (2018). *Parures amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles*

Françaises : minéralogie, sources géologiques et fabrication. Unpublished Rapport de PCR. Service Régional de l'Archéologie, Basse-Terre, Guadeloupe.

Queffelec, Alain, Pierrick Fouéré, Céline Paris, Christian Stouvenot, and Ludovic Bellot-Gurlet (2018). Local production and long-distance procurement of beads and pendants with high mineralogical diversity in an early Saladoid settlement of Guadeloupe (French West Indies). *Journal of Archaeological Science: Reports* 21: 275–88.

Rodríguez, Miguel (1993). Early trade networks in the Caribbean. In *Proceedings of the 14th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp.306–14. Barbados: A. Cummins and P. King.

Rodríguez Ramos, Reniel (2010). What is the Caribbean? An archaeological perspective. *Journal of Caribbean Archaeology* Special Publication #3.

Romon, Thomas, Pascal Bertran, Pierrick Fouéré, Matthieu Hildebrand, and Nathalie Serrand (2013). Le site de la gare maritime de Basse-Terre (Guadeloupe). In *Martinique, terre amérindienne : Une approche pluridisciplinaire*, pp.223–34. Leiden: Sidestone Press.

Rouse, Irving (1986). *Migrations in prehistory: inferring population movement from cultural remains*. Yale University Press.

Siegel, Peter E. (1989). *Early ceramic population lifeways and adaptive strategies in the Caribbean*. Vol. 506. British Archaeological Association.

Snoke, Arthur W. (2001). *Petrologic and Structural History of Tobago, West Indies: A Fragment of the Accreted Mesozoic Oceanic Arc of the Southern Caribbean*. Geological Society of America.

Torres, Joshua M., and Lisbeth A. Carlson (2014). Spindle whorls and fiber production: evidence from two Late Ceramic Age sites in eastern Puerto Rico. In *Proceedings of the 24th International Congress for Caribbean Archaeology*. Fort-de-France, Martinique.

Tóthmérész, Béla (1995). Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science* 6(2): 283–90.

Tremain, Cara G. (2014). Pre-columbian “jade”: towards an improved identification of green-colored stone in Mesoamerica. *Lithic Technology* 39(3): 137–50.

Walker, Jeffery B. (1979). Analysis and replication of lithic artifacts from the Sugar

Factory pier site, St. Kitts. In *Proceedings of the 8th International Congress for Caribbean Archaeology*, pp.69–79. St. Kitts.

Watters, David R., and Richard Scaglione (1994). *Beads and pendants from Trants, Montserrat: Implications for the prehistoric lapidary industry of the Caribbean*. Carnegie Museum of Natural History.

Weaver, John D. (1958). Utuado pluton, Puerto Rico. *GSA Bulletin* 69(9): 1125–42.

Westercamp, Daniel, Patrick Andreieff, Philippe Bouysse, S. Cottez, and R. Battistini (1989). Martinique, carte géologique à 1/50 000. *BRGM (Ed.)*.

APPENDIX I

Description of the complete inventory of lapidary of Anse à la Gourde, Morel and Vivé. Data between brackets are for incomplete artifacts for which the data is a minimal value given only for information. * Measurements from published drawing. MEC stands for Musée Edgar Clerc, MAPM for Musée d'Archéologie et de Préhistoire de Martinique, SRA-G and SRA-M for Service Régional d'Archéologie of Guadeloupe and Martinique respectively.

N° artifact	Curating institution	Year of discovery	Structure	Stratigraphic unit	Square	Layer / Feature	Z	Object	Type	State	Weight (g)	Bead length / Pendant height (mm)	Bead diameter / Pendant width (mm)	Light diameter / Pendant/blank thickness (mm)	Gem
GD-03-001	SRA-G	1999	-	-	zone 64 sector 43 sq 74	1981	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.05	2.2	4.5	1.7	Calcite
GD-03-002	SRA-G	1998	-	1	zone 64 sector 56	-	0-10	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	3.4	27	9.4	2.7	Stalactite
GD-03-003	SRA-G	1998	Midden	11	zone 73 sector 19	-	100-110	Bead	Barrel	Finished, Fragment	(3.2)	(20.5)	(16.3)	3.8	Marble
GD-03-004	SRA-G	1998	-	1	zone 64 sector 63 sq 17	1156	0-10	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	1.9	15.7	9.5	3.4	Calcite
GD-03-005	SRA-G	1999	-	-	zone 64 sector 43 sq 74/84	1982	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.05	2.1	4.5	1.7	Calcite
GD-03-007	SRA-G	1999	Midden	6	zone 73 sector 03 test pit 3	-	50-60	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.05	2.16	4.2	1.3	Turquoise
GD-03-008	SRA-G	1999	-	13/23	zone 64 sector 45	2112	-	Pendant	Undet.	Finished, Complete	1.4	14.2	10.9	5.3	Serpentine
GD-03-009	SRA-G	1995	Burial	-	zone 64 sector 74 sq 38	139	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.3	3	7.4	1	Anorthite
GD-03-010	SRA-G	1995	Midden	-	trench	19-2	-	Bead	Cylindrical	Blank, Fragment ?	2.2	13.9	10.9	10.1	Calcite
GD-03-011	SRA-G	1996	Burial	-	zone 64 sector 74 sq 48	207	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	6.9	41.1	10.5	2.2	Calcite
GD-03-012	SRA-G	1996	Burial	-	zone 64 sector 74 sq 28	108	-	Bead	Barrel	Blank, Complete	17.4	35.5	17.7	17.3	Diorite
GD-03-013	SRA-G	1996	Pit	-	zone 64 sector 54	216	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.9	4.9	9.6	2	Diorite
GD-03-014	SRA-G	1997	Midden	8	zone 64 sector 93 sq 11	-	70-80	Bead	Discoid	Finished, Complete	1.3	5.8	11.7	2.2	Diorite
GD-03-015	SRA-G	1997	-	1	zone 64 sector 64	-	-	Bead	Barrel	Blank, Complete	5.6	24.1	13.3	10.4	Calcite
GD-03-016	SRA-G	1997	-	-	zone 64 sector 54 sq 01/02	263	40-50	Bead	Discoid	Finished, Fragment	(0.4)	5.2	8.5	3	Calcite
GD-03-017	SRA-G	1997	-	-	zone 64 sector 64	453	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.3	4.3	6.8	2.2	Iron phosphate ?
GD-03-018	SRA-G	1997	-	III	zone 64 sector 64 sq 32/42	634	-	Raw material	Chip	-	0.1	-	2.2	2.1	Pumpellyite
GD-03-019	SRA-G	1997	-	-	zone 64 sector 64	858	-	Raw material	Chip	-	0.1	5.1	3.5	1.5	Pumpellyite
GD-03-020	SRA-G	1997	Pit	-	zone 64 sector 54 sq 04/05	418	12-20	Bead	Barrel	Finished, Complete	0.4	8.6	4.8	1.7	Prehnite
GD-03-022	SRA-G	1999	Pit	3A	zone 64 sector 44 sq 50/51	1913	-	Labret ?	Drop-shaped	Blank ?, Complete	1.4	15.9	8.1	7.8	Calcite
GD-03-023	SRA-G	1996 ? 1997 ?	Burial	-	zone 64 sector 54 sq 62	206	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.05	2.6	3.9	1.6	Diorite

GD-03-024	SRA-G	1999	-	-	zone 64 sector 43 sq 74/75	1982	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.05	2.9	4.6	1.6	Calcite
GD-03-025	SRA-G	1999	-	-	zone 64 sector 43 sq 74/75	1982	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.05	2.8	4.2	1.7	Calcite
GD-03-026	SRA-G	1999	-	-	zone 64 sector 43 sq 74/75	1982	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.05	3.6	4.9	1.8	Calcite
GD-03-028	SRA-G	1995	Midden	-	zone 64 sector 43 sq 74/84 trench	19-2	-	Raw material	Block	-	3.82	20.9	14.4	11.9	Calcite
GD-02-001	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Pendant	Zoomorphic	Finished, Fragment	79.4	49.2	41.6	28.1	Paragonite
GD-02-002	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Pendant	Zoomorphic	Finished, Fragment	20.1	38.5	30.6	16.2	Aventurine
GD-02-003	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Pendant	Zoomorphic	Finished, Fragment	14.2	43.5	14.5	18.5	Sudowite
GD-02-004	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	4.7	23.4	12.1	1.5	Amethyst
GD-02-005	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Fragment	(2.5)	15.1	10.1	2.3	Rock crystal
GD-02-006	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	1.5	12.1	8.5	1.4	Rock crystal
GD-02-007	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	0.8	9.6	7	2.3	Rock crystal
GD-02-008	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	1.4	10.9	8.7	2.1	Rock crystal
GD-02-009	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Fragment	(1.0)	13.1	7.6	2.5	Rock crystal
GD-02-010	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	-	10.6	7.6	2	Rock crystal
GD-02-011	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	2.4	18.6	9.5	1.7	Amethyst
GD-02-012	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Bitronconical	Finished, Complete	1.3	13.3	8.7	1.6	Amethyst
GD-02-013	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	0.6	8.6	6.6	1.6	Rock crystal
GD-02-014	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	0.8	9.8	7	1.7	Rock crystal
GD-02-015	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	1.7	12.6	8.8	1.6	Rock crystal
GD-02-016	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	1.5	12.7	8.7	1.9	Rock crystal
GD-02-017	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	1.2	10	8.3	1.5	Rock crystal
GD-02-018	MEC	1987	Burial	Collar	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	2.2	13.8	9.6	2.7	Rock crystal
GD-02-019	Unknown	-	Burial (child)	-	-	-	-	Pendant	Zoomorphic	Finished, Complete	-	20*	17*	9*	Not analyzed
GD-02-020	SRA-G	1993	-	-	under a pot	-	2-B/E-7	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	0.67	16.1	5	2.2	Diorite

GD-02-021	SRA-G	1993	-	under a pot	-	2-B/E-7	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	0.64	13.4	5.1	2.3	Diorite
GD-02-022	SRA-G	1993	-	under a pot	-	2-B/E-7	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	0.56	10.7	5.2	2	Diorite
GD-02-023	SRA-G	1993	-	under a pot	-	2-B/E-7	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	0.5	9.9	5.2	2.5	Diorite
GD-02-024	SRA-G	1999	-	III	zone 70 sector 90	-	-	Bead	Cylindrical	Blank, Complete	0.84	15	5.9	5.6	Carnelian
GD-02-025	SRA-G	1995	-	32	D1	32	0-10	Bead	Barrel	Finished, Complete	4.91	24.8	12.5	3.5	Amethyst
GD-02-026	SRA-G	1995	-	fond	-	201	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	0.16	4.4	4.6	1.8	Amethyst
GD-02-027	SRA-G	1995	-	32	D9	32	80-90	Bead	Barrel	Finished, Complete	2.1	17.3	8.9	1.5	Amethyst
GD-02-028	SRA-G	1995	-	32	D9	32	80-90	Bead	Bitronconical	Finished, Complete	0.47	4.7	8.6	1.9	Sudoite
GD-02-029	SRA-G	-	-	-	-	-	-	Pendant	Anthropomorphic	Finished, Fragment	(0.26)	(10.6)	(9.0)	(7.3)	Jet
GD-02-030	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	1.8	15.6	9	1.6	Amethyst
GD-02-031	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	1.0	13.4	6.8	2.2	Carnelian
GD-02-032	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	33.0	47.6	20.5	3.1	Diorite
GD-02-033	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Fragment	(11.6)	(32.4)	15.3	3.0	Calcite
GD-02-034	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	16.6	42.6	15.7	2.6	Amethyst
GD-02-035	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Bitronconical	Finished, Complete	10.4	33.7	15.7	2.8	Amethyst
GD-02-036	MEC	1978	-	-	-	-	-	Pendant	Zoomorphic	Finished, Complete	15.7	22.1	28.2	15	Serpentine Stalactite
GD-02-037	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	8.0	28.4	13.7	4.2	Amethyst
GD-02-038	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Bitronconical	Finished, Complete	6.1	26.5	12.6	2.0	Amethyst
GD-02-039	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	3.6	19.1	10.2	2.2	Diorite
GD-02-040	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	3.1	23.1	9.3	2.2	Diorite
GD-02-041	MEC	-	-	-	-	-	-	Pendant	Cylindrical	Finished, Complete	3.8	26.4	9.5	2.2	Diorite
GD-02-042	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Fragment	(7.4)	(20.7)	(17.3)	2.6	Amethyst
GD-02-043	MEC	-	-	-	-	-	-	Raw material	Chip	-	24.2	33.7	25.9	23.4	Calcite
GD-02-044	SRA-G	1999	-	III	zone 70 sector 90	-	-	Bead	Barrel	Finished, Fragment	0.86	10.3	8.8	2.7	Rock crystal
GD-02-045	SRA-G	1999	-	II?	79_99_79_II	-	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.27	3.1	8.5	1.3	Calcite

GD-02-046	MEC	-	-	Morel n°6	-	scree 5.2.62	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	57.5	45.4	29.4	5.2	Sandstone
GD-02-047	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	40.1	40.5	24.2	4.3	Marble
GD-02-048	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Barrel	Blank, Complete	8.8	22.2	14.8	14.6	Diorite
GD-02-049	MEC	1978	-	-	beach section 6	-	-	Pendant	Zoomorphic	Finished, Complete	7.1	36.2	19.5	6.2	Nephrite
GD-02-050	MEC	1978	-	Surface collection	-	-	-	Pendant	Zoomorphic	Blank, Complete	4.7	22.9	17.2	8.8	Nephrite
GD-02-051	MEC	-	-	Surface collection	-	-	-	Pendant	Zoomorphic	Finished, Complete	4.1	24.1	10.7	9.5	Diorite
GD-02-052	MEC	-	-	-	-	-	-	Pendant	Zoomorphic	Finished, Complete	7.6	25.9	17.1	11.1	Nephrite
GD-02-053	MEC	1995	Burial	-	-	-	-	Bead	Barrel	Finished, Fragment	(1.4)	(12.2)	(9.8)	2.3	Amethyst
GD-02-054	MEC	-	-	-	-	-	-	Bead	Spherical	Finished, Complete	1	7.8	9.5	2.3	Amethyst
GD-02-056	MEC	-	-	-	-	-	-	Raw material	Chip	-	1.2	14.2	8.9	8.3	Carnelian
GD-02-057	MEC	-	-	-	-	-	-	Raw material	Chip	-	6.1	19.2	17.1	13.6	Carnelian
GD-02-058	MEC	-	-	-	-	-	-	Raw material	Chip	-	8.4	28.8	20.7	15.5	Carnelian
GD-02-059	MEC	-	-	-	-	-	-	Raw material	Chip	-	2.4	20.6	11.9	8.9	Carnelian
GD-02-060	MEC	-	-	-	-	-	-	Raw material	Chip	-	1.9	15.1	13.3	10.9	Carnelian
GD-02-061	MEC	-	-	-	-	-	-	Raw material	Chip	-	4.1	21.4	18.3	12.2	Carnelian
GD-02-062	MEC	-	-	-	-	-	-	Raw material	Chip	-	0.4	16	6.2	4.5	Carnelian
MA-02-001	MAPM	1979	Burial	-	-	Burial D	-	Bead	Bitronconical	Finished, Complete	2.6	11.9	13	2.1	Amethyst
MA-02-002	MAPM	1979	Burial	-	-	Burial D	-	Bead	Spherical	Finished, Complete	3.1	12.8	13.1	1.6	Amethyst
MA-02-003	MAPM	1979	Burial	-	-	Burial D	-	Bead	Bitronconical	Finished, Complete	1.9	10.7	11.8	2.1	Amethyst
MA-02-004	MAPM	1979	Burial	-	-	Burial D	-	Bead	Bitronconical	Finished, Complete	1.6	10.8	10.6	2.7	Amethyst
MA-02-005	MAPM	1979	Burial	-	-	Burial D	-	Bead	Bitronconical	Finished, Complete	2.2	10.9	12.7	2.6	Amethyst
MA-02-006	MAPM	1979	Burial	-	-	Burial D	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	0.1	6	4.7	1.7	Carnelian
MA-02-007	MAPM	1979	Burial	-	-	Burial D	-	Bead	Plano-convex	Finished, Complete	0.5	3.54	10.3	1.4	Turquoise
MA-02-008	MAPM	1979	Burial	-	-	Burial D	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.1	2.6	6.8	0.9	Turquoise

MA-02-009	MAPM	1979	Burial	-	-	Burial D	-	Bead	Other	Finished ?, Complete	0.2	3.1	8.9	1.1	Turquoise
MA-02-010	MAPM	1979	Burial	-	-	Burial D	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	4.1	14.9	15	3.9	Diorite
MA-02-011	MAPM	1979	Burial	-	-	Burial D	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	4.6	14.3	17.7	3.5	Diorite
MA-02-012	SRA-M	2000	Occupati on layer	3	E10	5	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.1	1.66	3.6	0.9	Turquoise
MA-02-013	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	D11	3	-	Pendant	Zoomorphic	Finished, Complete	10.5	25.3	23.8	10.6	Nephrite
MA-02-014	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	C6	top	-	Pendant	Zoomorphic	Finished, Complete	5.3	24.5	20.3	7.7	Nephrite
MA-02-015	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	C12	5	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.1	2.5	5.1	1.8	Turquoise
MA-02-016	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	C7	2	-	Bead	Plano-convex	Finished, Complete	0.4	2.8	10.8	1.6	Turquoise
MA-02-017	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	D11	2	-	Bead	Discoid	Blank, Complete	0.3	4	7.6	2.4	Ochre
MA-02-018	SRA-M	2000	Occupati on layer	1b	Sond23	5	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.2	3.1	5.7	1.4	Anorthite
MA-02-019	SRA-M	2000	Occupati on layer	3	C7	3	-	Bead	Cylindrical	Blank, Complete	4.4	24.3	10.4	2.5	Carnelian
MA-02-020	SRA-M	1998 ? 2000 ?	Occupati on layer	3	D9 ? D11? E6?	17 47 3?	-	Bead	Barrel	Blank, Fragment	(1.6)	(10.9)	(10.3)	(9.6)	Jasper
MA-02-021	SRA-M	2000	Occupati on layer	3	E7	5	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	0.3	6.8	5.8	1.3	Carnelian
MA-02-022	SRA-M	2000	Occupati on layer	3	B10	6	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.5	3.7	9.2	1.3	Paragonite
MA-02-023	SRA-M	2000	Occupati on layer	3	F8	3	-	Labret ?	Drop-shaped	Finished, Complete	0.1	11.4	2.9	2.7	Diaspore
MA-02-024	SRA-M	1998	Occupati on layer	3	D10	2	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.3	4.2	7	1.9	Diorite
MA-02-025	SRA-M	2000	-	3	Sond 23	-	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.1	3	4.8	1.4	Diorite

MA-02-026	SRA-M	2000	Occupati on layer	3	Sond 22	5	-	Bead	Barrel	Finished, Complete	0.3	7.1	5.6	1.5	Amethyst
MA-02-027	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	B14	4	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.3	3.3	6.8	1.9	Sudoite
MA-02-028	SRA-M	2000	-	3	Sond 22	4	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.1	1.4	4.1	1.4	Turquoise
MA-02-029	SRA-M	1998	Occupati on layer	3	E12	2	-	Bead	Discoid	Blank, Complete	0.1	2.2	5.7	6.2	Turquoise
MA-02-030	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	Sond 20	-	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.1	2.4	4.6	1.7	Diorite
MA-02-031	SRA-M	1998	Occupati on layer	3	C17	1	-	Bead / Labret ?	Barrel	Blank ?, Complete	0.4	10.6	4.9	4.6	Chalcedony
MA-02-032	SRA-M	1996	-	3	Sond 9	-	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	0.5	13.4	5	1.8	Calcite
MA-02-033	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	F12	4	-	Bead	Cylindrical	Finished, Complete	1.7	13.5	8.1	1.8	Rock crystal
MA-02-035	SRA-M	2000	Occupati on layer	3	E9	3	-	Bead	Cylindrical	Blank, Complete	3.1	15.9	8.6	7.7	Barytine
MA-02-036	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	F12	3	-	Raw material	Pebble	-	4.7	29.3	16.5	7.1	Chalcedony
MA-02-037	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	C12	5	-	Bead	Discoid	Finished, Complete	0.6	3	11.6	1.3	Turquoise
MA-02-038	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	C6	top	-	Bead	Other	Finished, Complete	4.1	23.9	14.9	2.5	Paragonite
MA-02-039	SRA-M	1999	Occupati on layer	3	F13	3	-	Bead	Cylindrical	Blank, Complete	2.6	25	13.2	14	Pumice

2.4 Étude de la production lapidaire de la période Céramique sur l'île de Saint-Martin

2.4.1 Introduction

L'île de Saint-Martin, divisée actuellement en deux parties (française au nord, hollandaise au sud), a fait l'objet d'une attention particulièrement importante des archéologues durant les dernières décennies, en particulier côté français, grâce à d'importants programmes de fouilles tant programmés que préventifs (BONNISSENT, 2008 ; BONNISSENT et al., 2013). Pour ce qui concerne la production lapidaire, 5 sites sont concernés : Hope Estate, Baie Orientale 1 et 2, Grand Case BK77 et BK78 (Figure 2.1), représentant des occupations archéologiques depuis le Céramique ancien jusqu'au Céramique récent (BAILLIF-DUCROS et al., 2019 ; BONNISSENT, 2008 ; BONNISSENT et al., 2013 ; SELLIER-SEGARD, 2020).

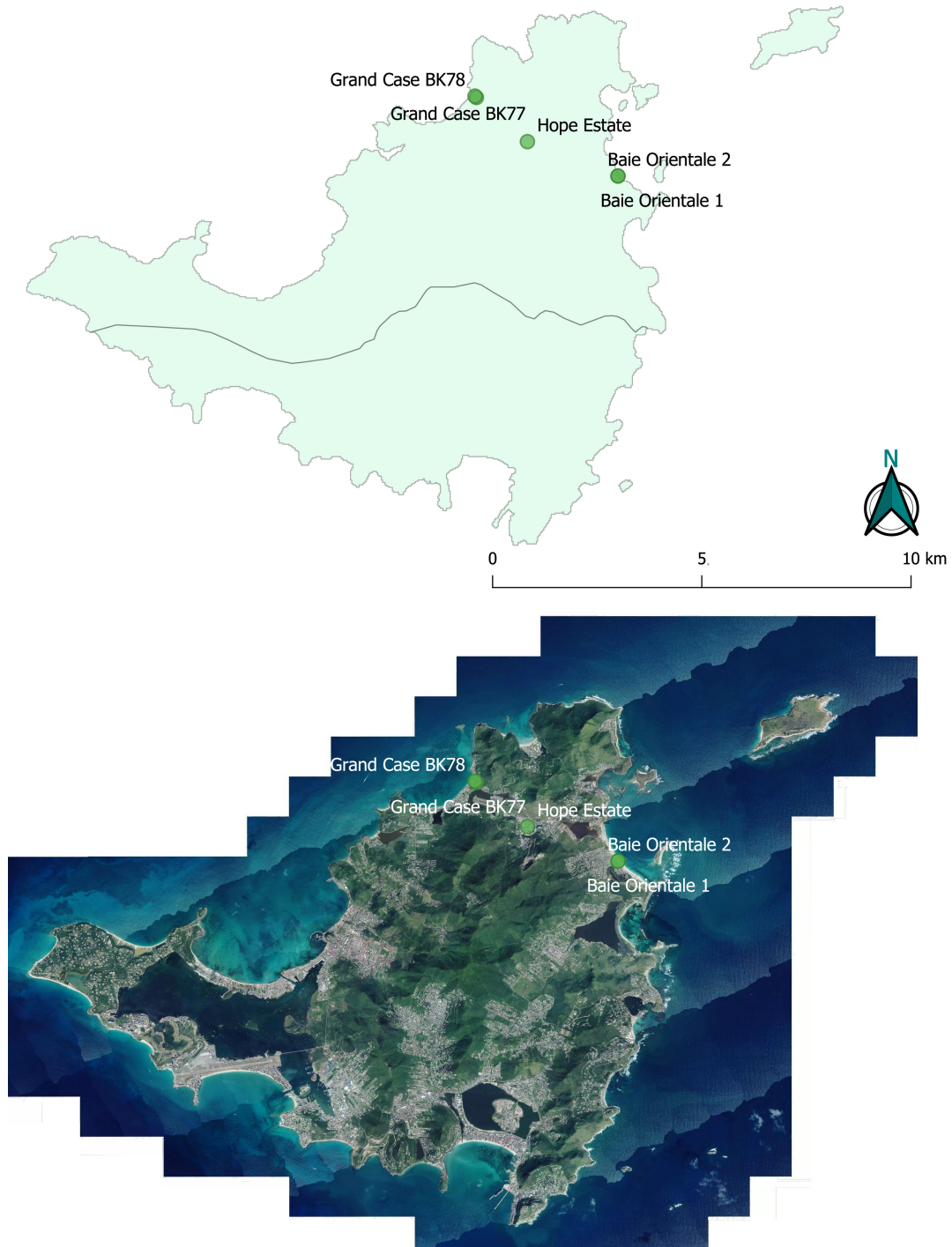


FIGURE 2.1 – Carte de localisation des sites archéologiques présentant des produits de l’artisanat lapidaire à Saint-Martin.

2.4.2 Contexte archéologique

2.4.2.1 Hope Estate

Le site de Hope Estate est un village précolombien localisé au nord de l'île de Saint-Martin. Il présente la particularité assez rare aux Antilles d'être localisé très à l'intérieur des terres à deux kilomètres du littoral. Il occupe sur 6000 m² un éperon à 83 m d'altitude, à proximité d'un cours d'eau intermittent. Les interventions archéologiques successives ont montré qu'il est constitué d'une partie centrale plane, où l'on retrouve les structures d'habitat, et de ceintures de dépotoirs périphériques qui se développent dans les pentes entourant le plateau central.

Des travaux de terrassement d'un chemin d'accès, réalisés en 1987 par les propriétaires des terrains, mettent au jour des couches archéologiques très riches en poteries, coquillages, restes de crabe, ainsi que des ossements humains. L'année suivante, J. B. Haviser, archéologue des territoires néerlandais, y conduit une expertise et un sondage de 1 m². Il identifie la présence de poteries de type Saladoïde huecan (HAVISER, 1991). La même année une autre campagne de sondages est mise en œuvre par des archéologues martiniquais avec la participation de J. B. Haviser, H. Petitjean-Roget et une équipe saint-martinoise. Cette intervention met en évidence un vaste ensemble archéologique dont la céramique est attribuée aux sous-séries saladoïde huecan et saladoïde cedrosan, cette dernière paraissant comprendre deux phases, une ancienne et une récente (BARRET & LETON, 1989 ; HAVISER, 1991).

Cette découverte bénéficie alors d'un certain retentissement dans le milieu de la recherche archéologique caribéenne en raison de la présence de céramique de style « huecoïde » qui n'était alors connue que sur le site de la Hueca à Porto-Rico et de Morel en Guadeloupe. Cette question du « huecoïde » cristallisait depuis quelque temps des relations polémiques entre diverses écoles d'archéologues au sujet de l'identification des premiers agriculteurs potiers des Antilles. D'un côté Luis Chanlatte Baik (Porto-Rico) et Edgar Clerc (Guadeloupe) voyaient dans le style « huecoïde » la production d'une culture à part entière directement originaire du continent sud-américain en se basant sur les affinités avec le site de Rio Guapo au Venezuela et la présence d'amulettes en « jade » supposées être des représentations de condors des Andes (CHANLATTE BAIK, 1981), et de l'autre, l'archéologue américain Irving Rouse, auteur des premières chronologies antillaises, intégra ce style céramique à une sous-série de la série Saladoïde insulaire,

comme une variante du Saladoïde cedrosan ancien qu'il nomma Saladoïde huecan.

C'est dans ce contexte que plusieurs équipes sont ensuite intervenues successivement sur le site de Hope Estate en collaboration avec l'Association Archéologique Hope Estate : en 1993 par Corinne Hofman de l'Université de Leiden (HOFMAN & HOOGLAND, 1999), en 1994 par Christophe Hénocq, puis de 1995 à 2000 par Dominique Bonnissent (données compilées et synthétisées dans BONNISSENT (2008)). Ces dernières interventions permettront de préciser l'organisation spatiale du site, et surtout sa chronologie, avec une occupation comprise entre 500 avant J.-C. et 700 après J.-C., et démontrant notamment pour le site de Hope Estate l'antériorité de la phase huecan, mais aussi l'unicité de la phase cédro-san-saladoïde où les critères typologiques de la céramique n'ont pas permis de différencier un Saladoïde cedrosan ancien d'un Saladoïde cedrosan récent comme perçu lors des premières investigations sur le site et comme c'est généralement le cas sur d'autres sites antillais (BONNISSENT, 2008).

Hormis quelques rares éléments associés à des fosses, la plupart des très nombreuses parures étudiées ici proviennent des zones dépotoirs périphériques du site, et majoritairement des niveaux inférieurs de la stratigraphie.

2.4.2.2 Baie Orientale

Les sites de Baie Orientale sont voisins, tous deux côtiers et situés sur un cordon littoral, à l'est de l'île de Saint-Martin (Figure 2.1). Baie Orientale 1 (SM-05 dans notre base de données) est un site de l'Âge Archaique attribué à la série Ortoiroïde qui a pu être fouillé sur une surface de plus de 500 m², tandis que la fouille de Baie Orientale 2 (SM-01 dans notre base de données) a mis au jour 140 m² d'un dépotoir associé à une occupation du Céramique récent, attribué à la culture Troumassoïde mamoran (BONNISSENT et al., 2013). Ces deux gisements ont été fouillés par D. Bonnissent pour le compte de l'INRAP, en l'an 2000.

L'occupation archaïque, une succession de campements assez similaires, formant une longue bande située sur le haut de plage de l'époque, au début de la formation du cordon littoral, a été occupé entre 800 B.C. et 100 A.D. environ. Malgré une occupation du site sur presque un millénaire, le faible taux de sédimentation n'a pas permis de différencier de stratigraphie interne (Bertran dans BONNISSENT et al., 2013, p. 29). Il a livré de nombreux vestiges dont, principalement, une production de lames sur labres de lambi qui pourraient avoir pour finalité principale la fabrication de canoës, outillage complété

par une grande diversité de productions lithiques et l'utilisation de coraux. Les études menées sur ce site ont largement renouvelé nos connaissances sur cette période, tout en confirmant l'orientation marine très forte des activités de production et de consommation des Amérindiens de l'Âge Archaique (BONNISSENT et al., 2013).

L'occupation plus récente de ce même cordon littoral, au Céramique récent, et datée d'environ 700 - 1000 A.D., a livré quant à elle quantité de vestiges céramiques, lithiques et malacologiques. De par l'absence de village accolé au dépotoir, ce site est interprété comme un satellite, spécialisé dans l'exploitation du milieu marin (BONNISSENT et al., 2013).

2.4.2.3 Grand Case BK77 et BK78

Ces deux sites archéologiques sont regroupés ici car il s'agit probablement d'un unique village amérindien d'assez grande taille, désormais identifié sous trois appellations car retrouvé lors de la fouille par l'INRAP de trois parcelles voisines sur la commune de Grand-Case : BK76, BK77 et BK78 (BAILLIF-DUCROS et al., 2019 ; SELIER-SEGARD, 2020). La fouille de la parcelle BK76 n'a pas livré d'éléments de parure en pierre. L'emprise approximative du site a été relevée par prospection pédestre, et pourrait couvrir environ 1 ha (STOUVENOT & HENOCQ, 1999). Il aurait été occupé au Céramique récent, d'après les datations radiocarbone et la présence de céramiques de style Troumassoïde marmoran (BAILLIF-DUCROS et al., 2019 ; SELIER-SEGARD, 2020). Les éléments de parure ont été retrouvés dans le dépotoir, et non dans les sépultures découvertes lors des fouilles. Ils n'ont pas été étudiés dans le cadre de ce travail, mais, afin de s'approcher de l'exhaustivité concernant les sites de St. Martin, je regrouperai ici les informations les concernant.

2.4.3 Résultats

2.4.3.1 Hope Estate

La collection d'objets lapidaires du site d'Hope Estate est toujours séparée en deux lots, l'un se situant dans les réserves du SRA, dans le dépôt archéologique de Saint Martin, l'autre se situant dans la collection privée de M. François Petit, propriétaire de la parcelle.

Ces objets ont été inventoriés, mesurés, photographiés, dessinés, avec l'aide de Pierrick Fouéré et, lorsque nécessaire, analysés par spectroscopie Raman grâce à un appareil transportable du laboratoire Monaris déplacé sur site pendant la mission grâce à la participation de Ludovic Bellot-Gurlet. Les spectres Raman caractéristiques des différents minéraux identifiés lors de cette mission d'étude sont regroupés dans l'annexe B.

En l'état actuel de l'étude, les pièces n'ont pas encore été replacées dans leur contexte chronoculturel et les remarques suivantes concerneront par conséquent l'ensemble de l'assemblage, dont les évolutions dans le temps seront à préciser dans le futur, si possible, avec l'aide de Dominique Bonnissent.

La série étudiée totalise quatre-vingt-dix-neuf pièces en relation avec les parures, matières premières brutes comprises. Cet inventaire, déjà riche, est sans doute bien en deçà de la quantité de parures découvertes à Hope Estate, plusieurs perles ou pendeloques mentionnées dans les publications ou rapport de fouille n'ont pas été retrouvées. C'est le cas pour certaines pièces signalées dans l'ouvrage concernant les fouilles de 1993 mais non illustrées (HOFMAN & HOOGLAND, 1999), pour au moins trois pièces de la fouille 1997 (SM-02-102 à 104) et autant de la fouille 1998 dont la pendeloque de la sépulture 12 (SM-02-105). Cinq pièces inventoriées par moi-même alors que le mobilier d'Hope Estate se trouvait encore dans l'ancien musée de la prison à Marigot n'ont pas non plus été retrouvées (SM-02-001, 002, 111 à 113). Cependant, l'ensemble du matériel lithique conservé au dépôt SRA de Marigot issu des différentes campagnes de fouille n'a pas été réexaminé dans le cadre de cette étude, du fait de l'état encore non fonctionnel du dépôt depuis le cyclone Irma en 2017. Nous nous sommes contenté des pièces déjà isolées dans les différentes collections (Dépôt SRA et collection Petit).

Le détail des descriptions des objets, réalisées par Pierrick Fouéré, sont accessibles dans le rapport 2019 du PCR PAAF (QUEFFELEC et al., 2019). Nous nous contenterons

ici de présenter les objets plus succinctement, en insistant sur la caractérisation de la matière première, travail réalisé en collaboration avec Ludovic Bellot-Gurlet.

Diorite Les éléments de parure lithique en diorite sont représentés, dans les vestiges issus des fouilles réalisées à Hope Estate, par dix perles en tonneau et quatre perles cylindriques (figure 2.2) dont certaines n'ont pas pu être étudiées durant notre mission à Saint-Martin en 2019, mais sont représentées par des dessins dans un rapport de F.-X. Chauvière (dans BONNISSENT et al., 1998).

Feldspaths Les feldspaths ne sont représentés que par petites perles discoïdes de moins de cinq millimètres de diamètre (figure 2.2). Leur petite taille peut laisser envisager la possibilité qu'il s'agisse de phénocristaux extraits de fragments de diorite.

Prehnite Une perle cylindrique, aux extrémités obliques par rapport à l'allongement de l'objet, est façonnée dans de la prehnite, un minéral retrouvé à plusieurs reprises dans d'autres sites archéologiques, en Guadeloupe.

Saint-Martin
Hope Estate

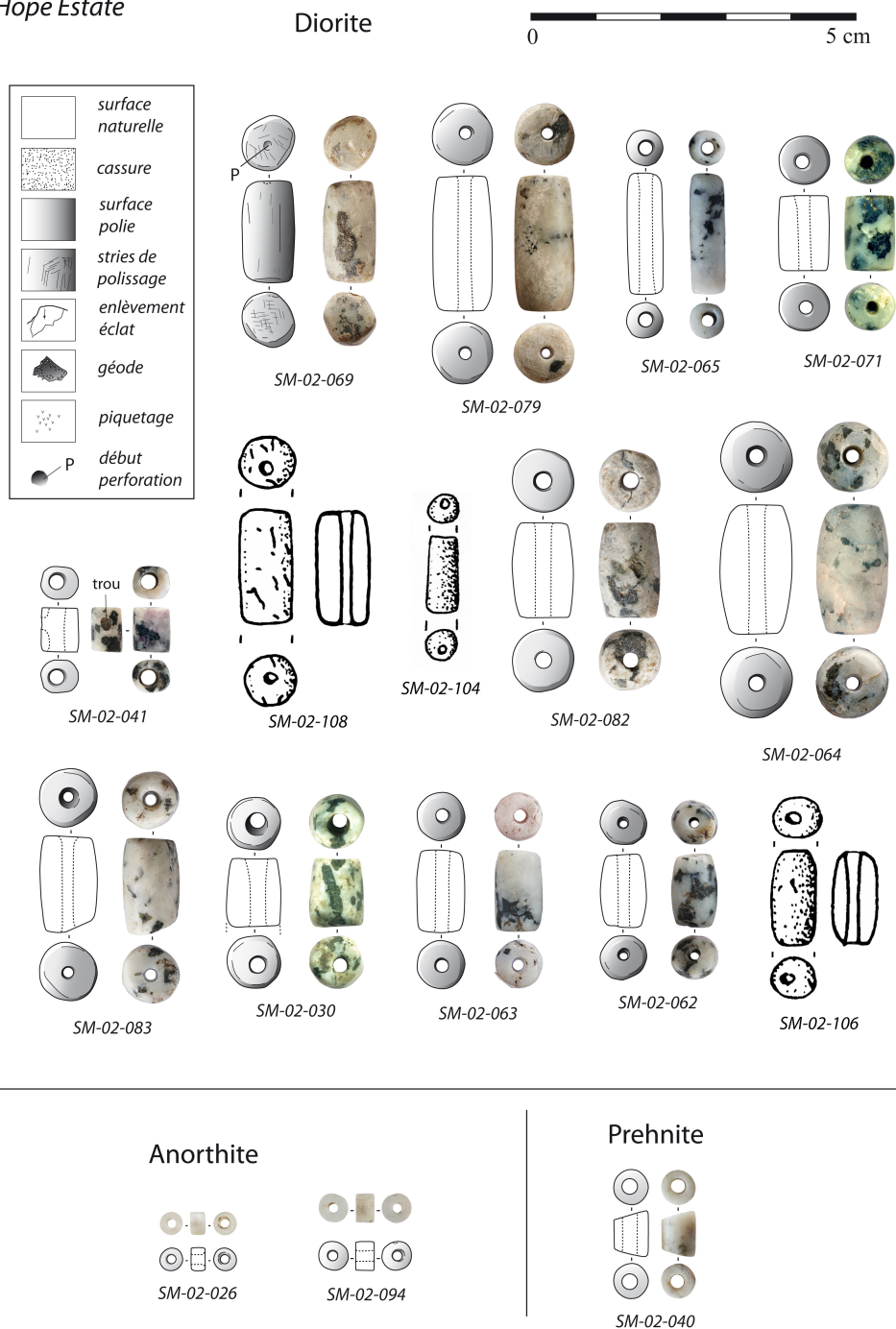


FIGURE 2.2 – Objets de parure du site d’Hope Estate : diorite, feldspaths (anorthite) et prehnite. Dessins et réalisation de planche : P. Fouéré, sauf SM-02-104, SM-02-106 et SM-02-108 par F.-X. Chauvière.

Paragonite La paragonite est employée pour la production de onze éléments de parure, dont six perles discoïdes et cinq pendentifs zoomorphes (figure 2.3). Il s'agit d'une des roches vertes non identifiées dans les travaux des chercheurs n'ayant pas employé de façon systématique des méthodes de caractérisation minéralogique et qui n'est pourtant pas rare, comme on peut le constater ici. On peut noter la ressemblance flagrante entre les pendentifs zoomorphes SM-02-003, SM-02-004, SM-02-101 et SM-02-099 et des éléments retrouvés dans les sites portoricains de Sorcé et Sorcé La Hueca (CHANLATTE BAIK, 1983, p. 16).

Turquoise Trois petites perles discoïdes et une ébauche de perle en turquoise ont été identifiées dans les collections d'Hope Estate.

Malachite Un seul objet réalisé en malachite a pu être reconnu. Il s'agit d'une plaquette perforée d'un peu plus d'un centimètre de haut. Cette matière première, reconnue dans plusieurs sites archéologiques principalement à l'œil nu par les archéologues dans des sites portoricains (NARGANES STORDE, 1995, 1999 ; RODRIGUEZ, 1993), si ce n'est une ébauche identifiée minéralogiquement sur le site d'Elliot's (MURPHY et al., 2000), faisait entièrement défaut à notre inventaire sur les îles françaises jusqu'alors. Il est toujours actuellement l'unique spécimen de cette catégorie.

Titanite Une ébauche de pendentif zoomorphe en titanite a pu être identifié. Ce minéral, aussi appelé sphène, n'a pas été reconnu ailleurs dans notre étude.

Sudoïte Deux perles discoïdes du site d'Hope Estate ont été attribuées à la sudoïte, ce minéral de la famille des chlorites (cf. Section 3.3).

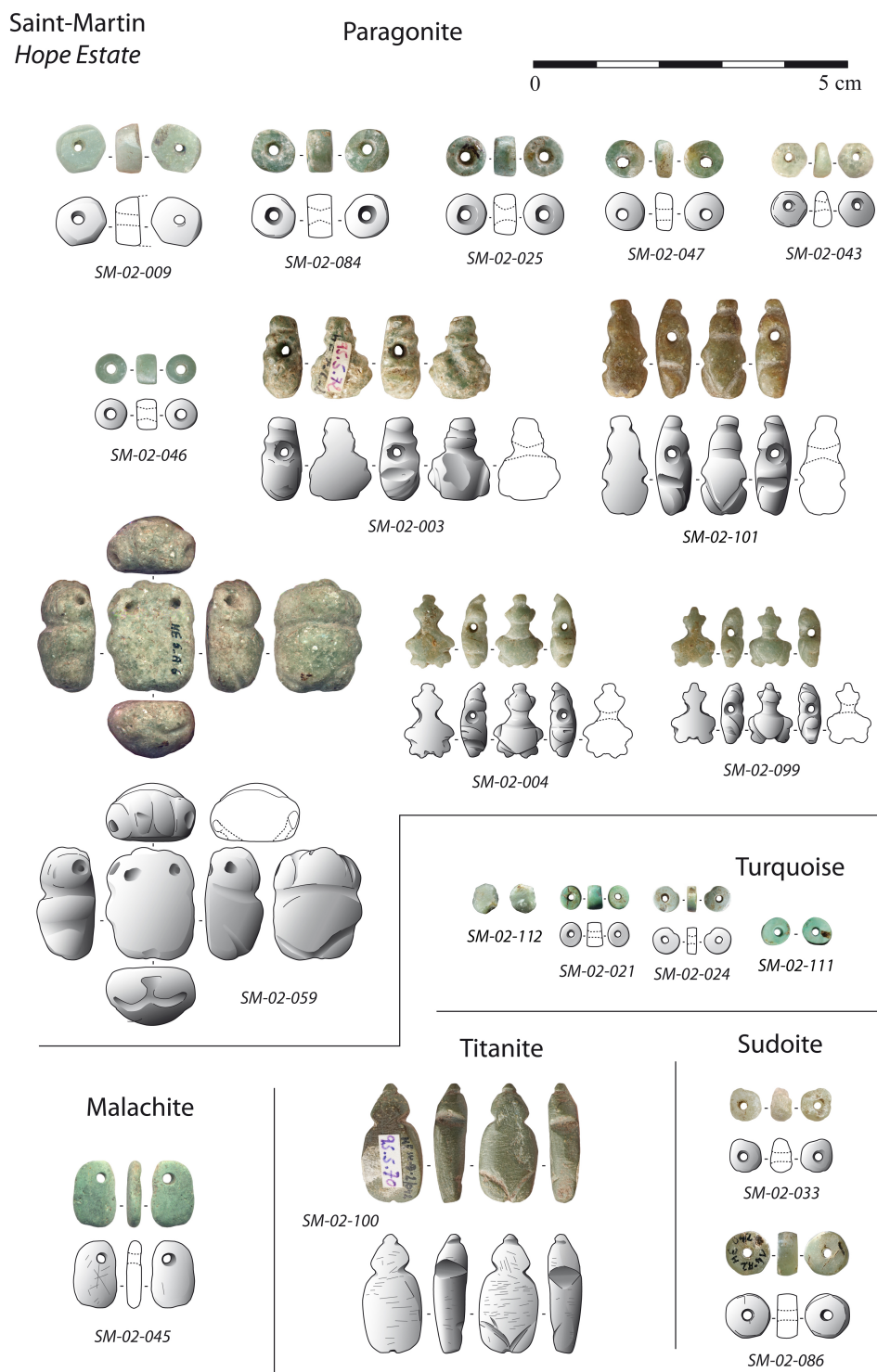


FIGURE 2.3 – Objets de parure du site d’Hope Estate : paragonite, turquoise, malachite et sudoïte. Dessins et réalisation de planche : P. Fouéré.

Serpentine Trois perles discoïdes, une perle plano-convexe et un pendentif zoomorphe ont été réalisés à partir de serpentine (figure 2.4).

Néphrite Deux objets en néphrite ont été reconnus (figure 2.4), il s'agit d'un petit pendentif zoomorphe très probablement réaménagé à partir d'un fragment de pendentif plus grand, et d'un éclat dont une face est polie, photographié lors d'une mission précédente en 2016 mais non retrouvé en 2019.



FIGURE 2.4 – Objets de parure du site d’Hope Estate : serpentine et néphrite. Dessins et réalisation de planche : P. Fouéré.

Calcite Concernant la calcite (figure 2.5 et 2.6), il est intéressant de noter la présence relativement importante de matériau en cours d'utilisation, au contraire des autres matières premières. Il y a en effet douze objets dont la forme n'est pas encore complètement établie, ou dont la perforation n'est pas terminée (perles discoïdes, cylindriques et pendentifs). Les objets finis sont représentés par cinq perles discoïdes de dimensions variables, deux fragments de perles, trois perles cylindriques et une en tonneau. Les pendentifs sont pour la majorité non perforés, et sont en forme de goutte ou de grenouille, en plus d'un pendentif que nous avons appelé trilobé (SM-02-015) et d'une plaquette ovalaire. Il s'agit clairement d'une particularité que de retrouver autant de produits non finalisés dans un site Céramique ancien. Il est intéressant de noter, pour ce cas précis, que, justement, l'île de Saint Martin peut fournir la matière première en question (Stouvenot dans BONNISSENT et al., 2013, p. 194).

Calcaire/Marbre Deux perles en calcaire ou marbre ont pu être identifiées (SM-02-085 et SM-02-089) (figure 2.5 et 2.6)

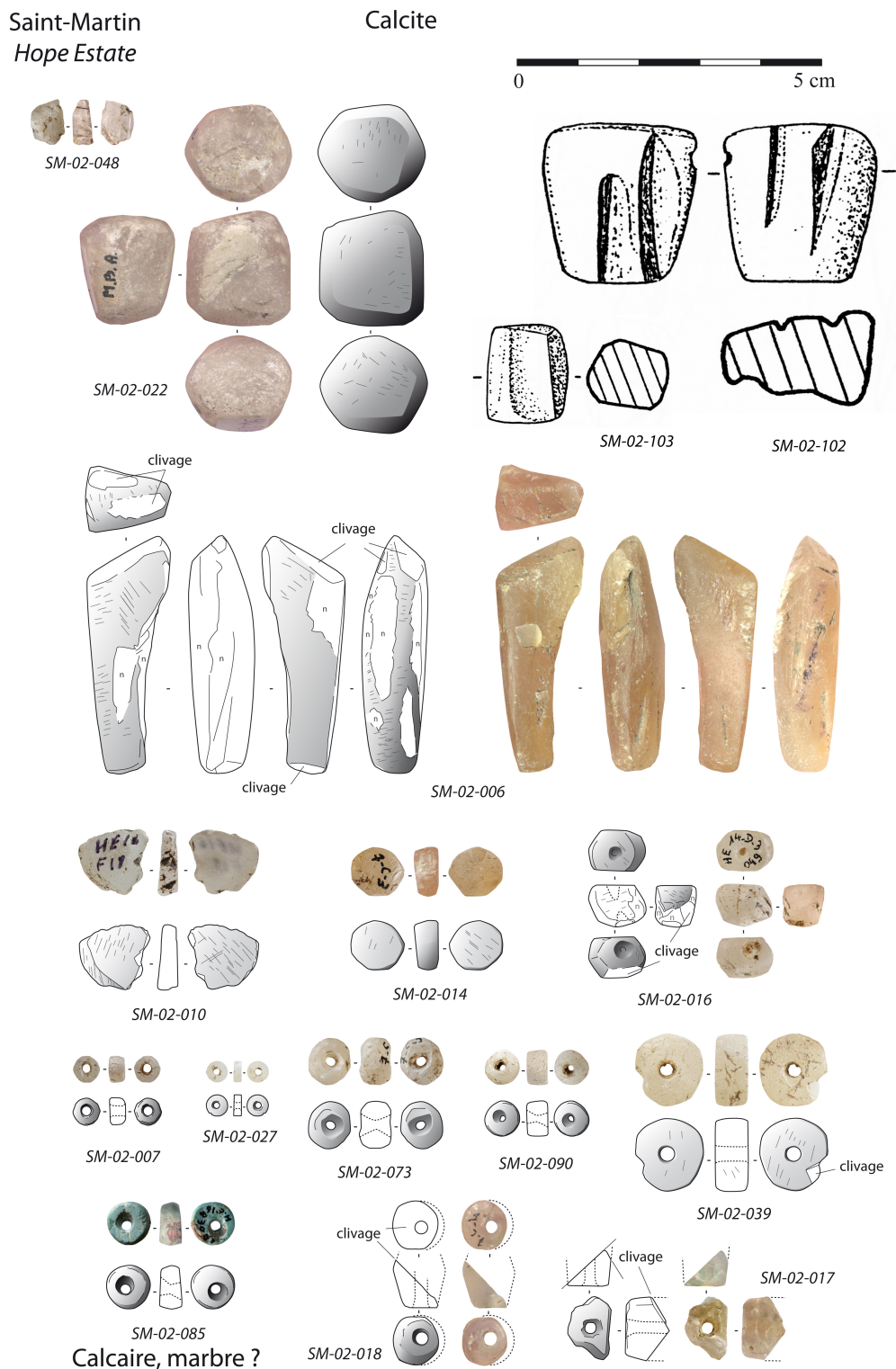


FIGURE 2.5 – Objets de parure du site d’Hope Estate : calcite et calcaire/marbre 1/2.
Dessins et réalisation de planche : P. Fouéré.

Saint-Martin
Hope Estate

Calcite

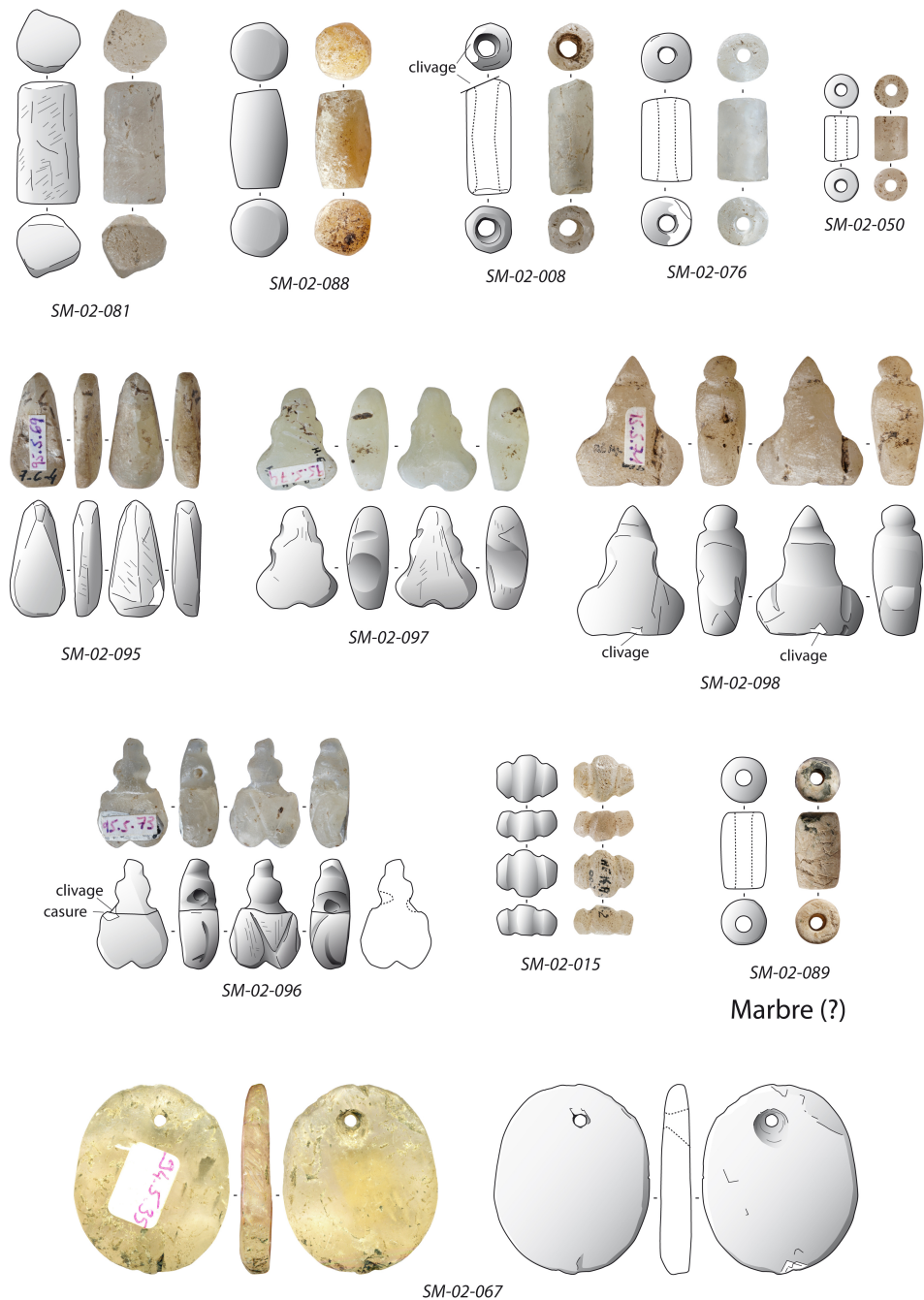


FIGURE 2.6 – Objets de parure du site d’Hope Estate : calcite et calcaire/marbre 2/2.
Dessins et réalisation de planche : P. Fouéré.

Cristal de roche Le cristal de roche est largement représenté dans cet assemblage. C'est également un matériau assez facilement trouvable sur l'île de Saint-Martin (Stouvenot dans BONNISSENT et al., 2013, p. 194), par exemple sous la forme des cristaux non modifiés retrouvés dans le site comme SM-02-036, -049, -052 ou même comme éclat moins translucide comme SM-02-051 (figure 2.7). Sept perles cylindriques en cristal de roche ont été mises en évidence dont deux de petite taille, ainsi qu'une perle bitronconique cassée et un perle discoïde. Un pendentif, non retrouvé lors de l'étude de 2019, mais photographié en 2016, encore non perforé, pourrait également être principalement composé de cette gemme, mais cela reste encore à démontrer.

Améthyste Un cristal d'améthyste peu coloré a été retrouvé à Hope Estate (SM-02-035) ainsi qu'un éclat ovalaire montrant encore des marques de percussion (SM-02-093) et un fragment montrant aussi quelques stigmates de façonnage (SM-02-005) (figure 2.7). Outre ces témoins de la chaîne opératoire de production de parure en améthyste, et un fragment de perle dont la forme d'origine n'est pas identifiable, le site d'Hope Estate a livré une perle discoïde et quatre perles en tonneau (figure 2.7).

Calcédoine et cornaline Trois artefacts en cornaline et une esquille de calcédoine ont été retrouvés à Hope Estate (figure 2.8). Il s'agit plus précisément de deux fragments de perles en tonneau, d'une ébauche de perle en tonneau ou cylindrique, et d'une petite esquille de calcédoine qui pourrait également ne pas participer de la chaîne opératoire de production lapidaire mais peut-être des éclats couramment utilisés pour fabriquer les grages à manioc. Le polissage sur les perles cassées est très prononcé, jusqu'à obtenir un effet miroir.

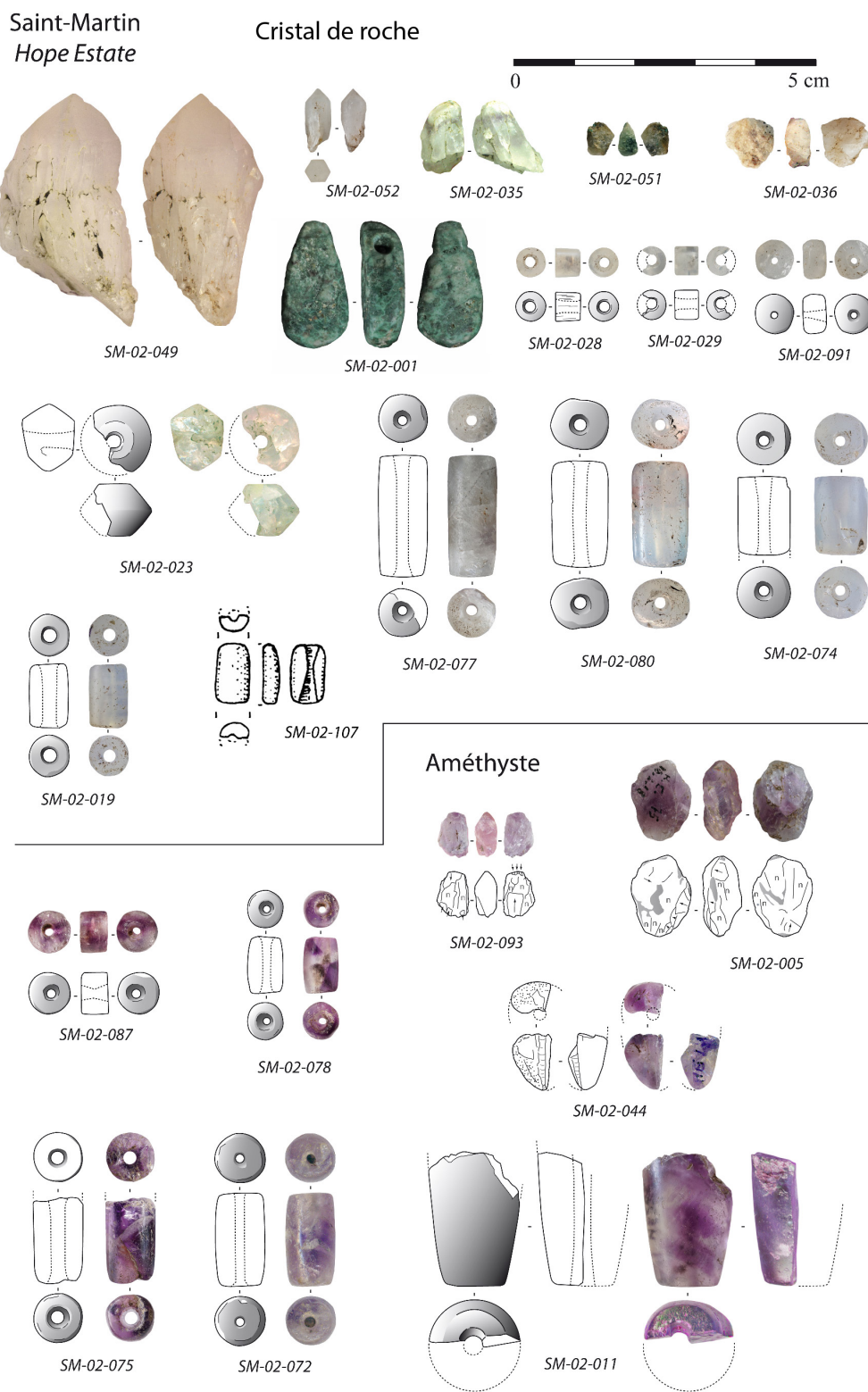


FIGURE 2.7 – Objets de parure du site d’Hope Estate : quartz et améthyste. Dessins et réalisation de planche : P. Fouéré.

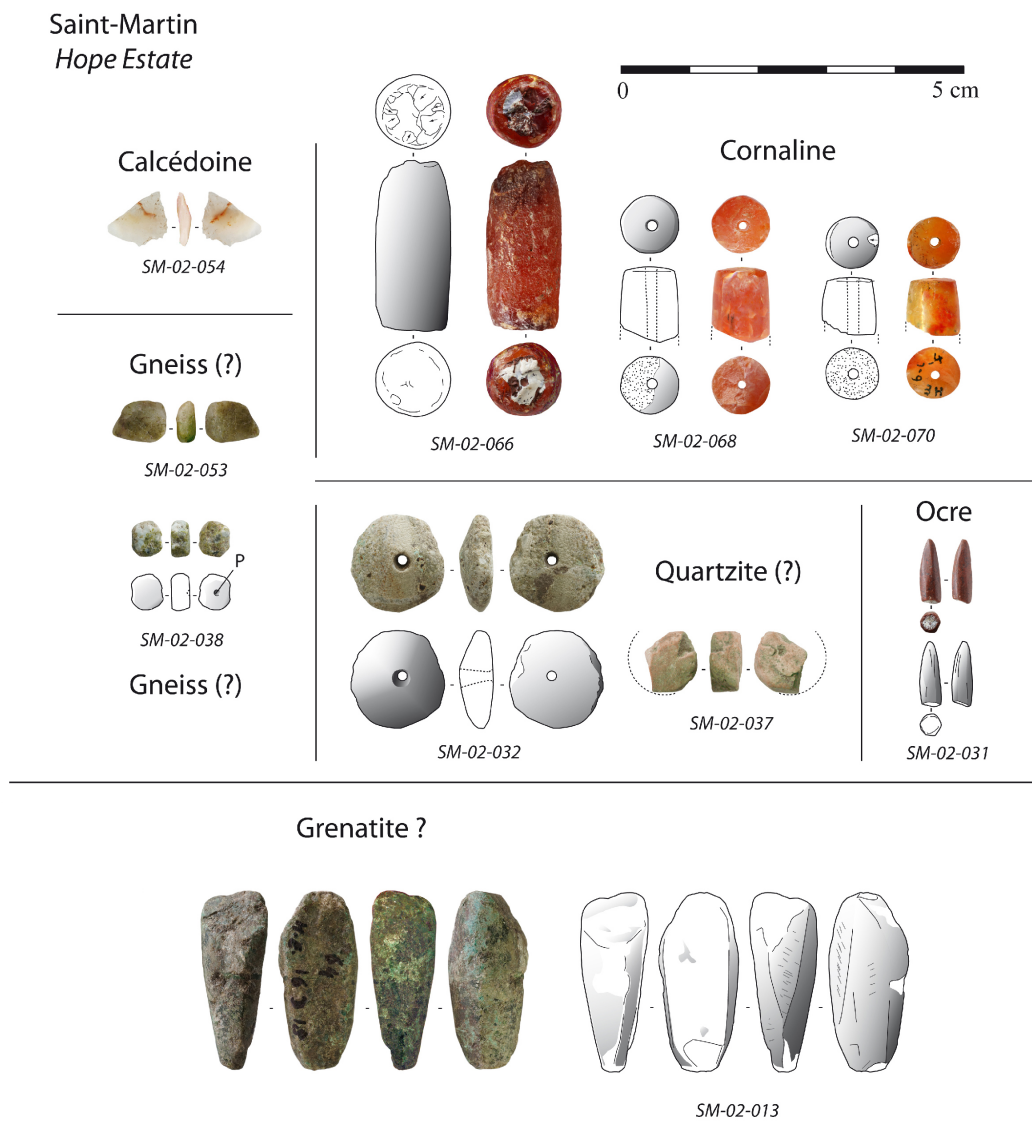


FIGURE 2.8 – Objets de parure du site d’Hope Estate : calcédoine, cornaline et autres roches diverses. Dessins et réalisation de planche : P. Fouéré.

La comparaison des spectres Raman de ces 4 vestiges faits de calcédoine et de cornaline, nom donné à la version rouge-orange de la calcédoine, montre un phénomène intéressant (figure 2.9). En effet, on peut noter sur cette figure que la bande située à 503 cm^{-1} est absente des deux fragments de perles terminées. Or, cette bande, souvent associée à la moganite présente dans la calcédoine, est en fait majoritairement une bande liée à la présence d'hydroxyles dans la structure du matériau et disparaît lors de la chauffe (SCHMIDT et al., 2013; SCHMIDT et al., 2012). Il est bien connu dans la littérature que la cornaline peut être chauffée pour en améliorer la couleur et les propriétés mécaniques afin d'en faciliter la taille. Ces deux objets à la belle couleur orange, homogène, pourraient donc avoir été chauffés, au-delà de 300 °C (SCHMIDT et al., 2012). Toutefois, sans être certain de posséder la matière première non chauffée à l'origine de ces deux objets, il est impossible de conclure de façon certaine que ce procédé a été utilisé par les Amérindiens pour la production des perles retrouvées dans les sédiments d'Hope Estate. En effet, il existe des cornalines intégrant très peu de ces hydroxyles et donc, même sans être chauffées, ne montrant pas cette bande à 503 cm^{-1} . De plus, s'il existe une méthode non publiée pour identifier la chauffe de la cornaline par spectroscopie Raman (GROBON, 2003), elle est largement remise en cause par la publication de travaux ultérieurs expliquant d'une autre façon, plus convaincante, les variations de bandes dans le quartz (HE et al., 2019). Les variations indiquées dans le mémoire de C. Grobon (2003), correspondant à des bandes du quartz, semblaient en effet difficiles à imaginer pour une chauffe à relativement basse température de ce minéral si stable. Les travaux de M. He et collaborateurs (2019) ont depuis montré que ces bandes varient en fonction de l'orientation cristallographique du matériau sous le faisceau laser. Les fibres de calcédoine étant composées de cristallites de quartz superposées les unes sur les autres mais tournant progressivement perpendiculairement à l'allongement de la fibre (SCHMIDT et al., 2011), il est donc extrêmement difficile de mesurer très exactement la même cristallite de 50 à 100 nm microns (RIOS et al., 2001) avant et après la chauffe du matériau, comme cela avait été tentativement effectué par C. Grobon (2003), sans un système complexe de repositionnement de l'échantillon au dixième de micron près. Et même avec cela, le faisceau laser focalisé via un objectif de microscope 50x ou même 100x, analyse un volume de matière de plusieurs microns-cube, empêchant donc d'analyser une unique cristallite.

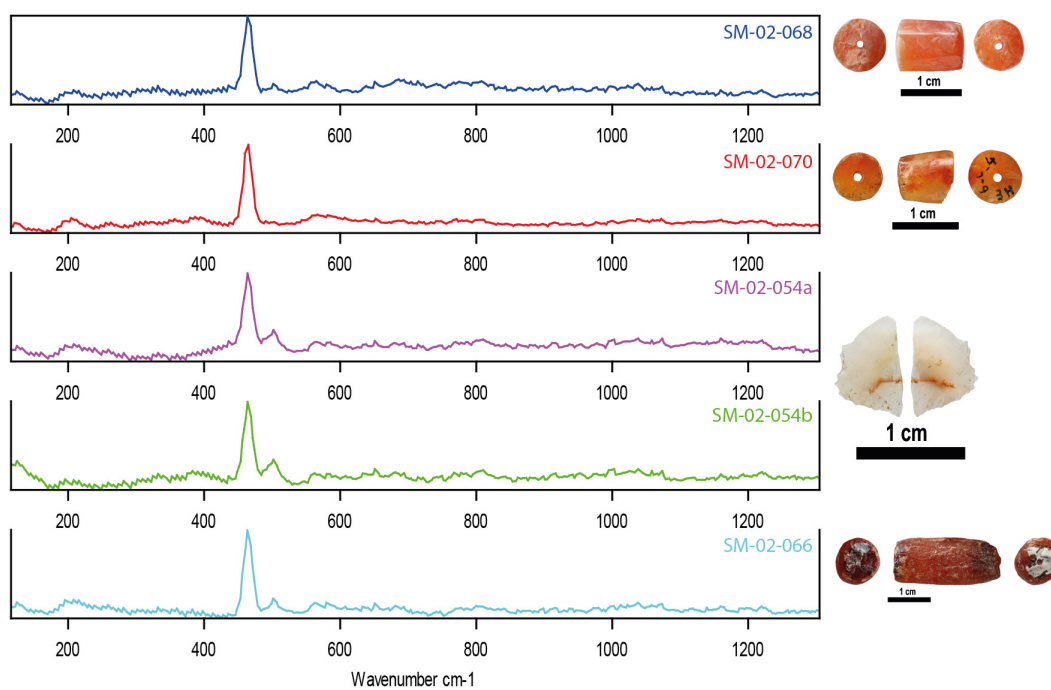


FIGURE 2.9 – Comparaison des spectres Raman obtenus sur les objets en calcédoine et cornaline du site d’Hope Estate. On note l’absence de la bande hydroxyle à 503 cm^{-1} pour les deux fragments de perles terminées.

Diverses roches Quelques autres objets, façonnés dans des matières premières diverses et difficiles à identifier par simple spectroscopie Raman, ont également été mis au jour (figure 2.8). Un petit gravier, possiblement naturel, et une ébauche de perle discoïde, peuvent être interprétés comme étant du gneiss. Ont également été retrouvés une perle plano-convexe, probablement réalisée en tuffite, une ébauche de perle discoïde en quartzite, un labret façonné dans une roche riche en quartz et hématite, que l'on pourrait donc interpréter comme de l'ocre, et une pièce oblongue, probable ébauche de parure, réalisée dans une roche riche en grenats et quartz (grenatite ?). D'autres objets ont été façonnés dans des matériaux non déterminés par l'approche de terrain, restreinte à l'utilisation d'un spectromètre Raman, ou parce qu'ils n'ont pas été retrouvés lors de cette mission, du fait de l'accès difficile aux collections conservées dans le dépôt du Service Régional de l'Archéologie encore très endommagé par le cyclone ((figure 2.10).

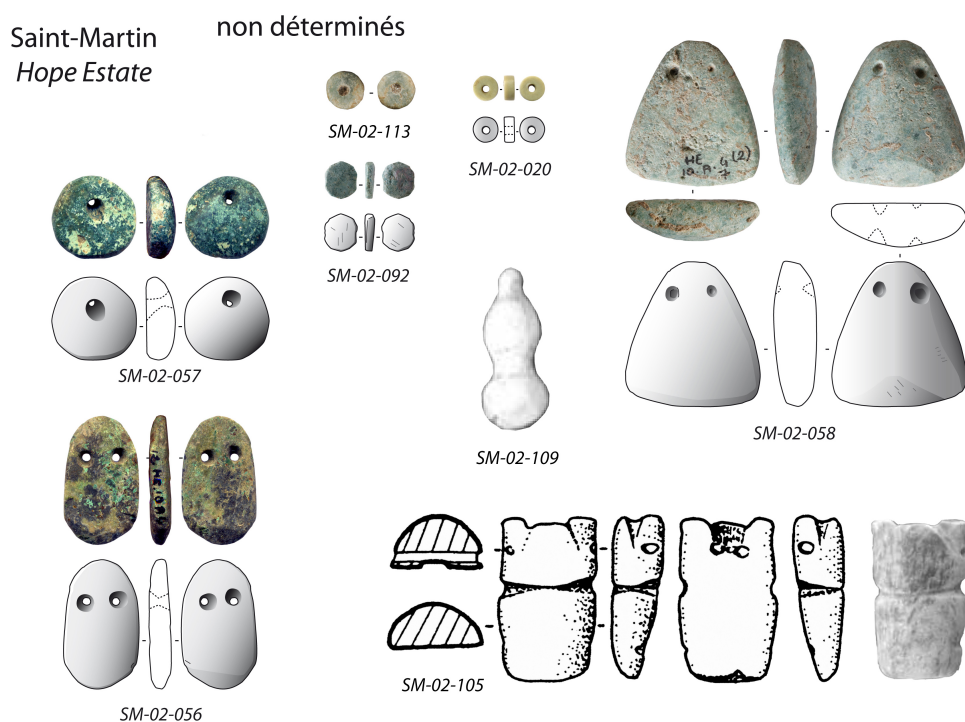


FIGURE 2.10 – Objets de parure du site d'Hope Estate : matières indéterminées. Dessins et réalisation de planche : P. Fouéré, sauf SM-02-105 par F.-X. Chauvière et SM-02-109 dans (BONNISSENT, 2008).

2.4.3.2 Baie Orientale

Les résultats concernant les sites de Baie Orientale 1 et 2 sont issus du travail de P. Fouéré (BONNISSENT et al., 2013) et présentés ici afin de présenter une vue complète des parures lapidaires de Saint Martin. Le site de Baie Orientale 1, attribué à une occupation de l'Archaique, a livré un pendentif pas inachevé en roche volcanique (Figure 2.11). Le site de Baie Orientale 2, attribué au Céramique récent (Troumassoïde), est quant à lui interprété, d'un point de vue de la production lapidaire, comme un site de production de perles en calcite : aucun objet fini n'y a été retrouvé, tandis que l'inventaire recense 100 objets en calcite liés à la production de perles : 15 ébauches en combinant diagnostic et fouille, 2 fragments probablement issus d'accidents de taille, et de nombreux cristaux (Figures 2.11 et 2.12). Le site a également livré 15 cristaux de quartz bruts dont un légèrement coloré en rose (non comptabilisé dans la parure lapidaire car aucune trace de façonnage n'est visible), et une perle cylindrique en roche volcanique.

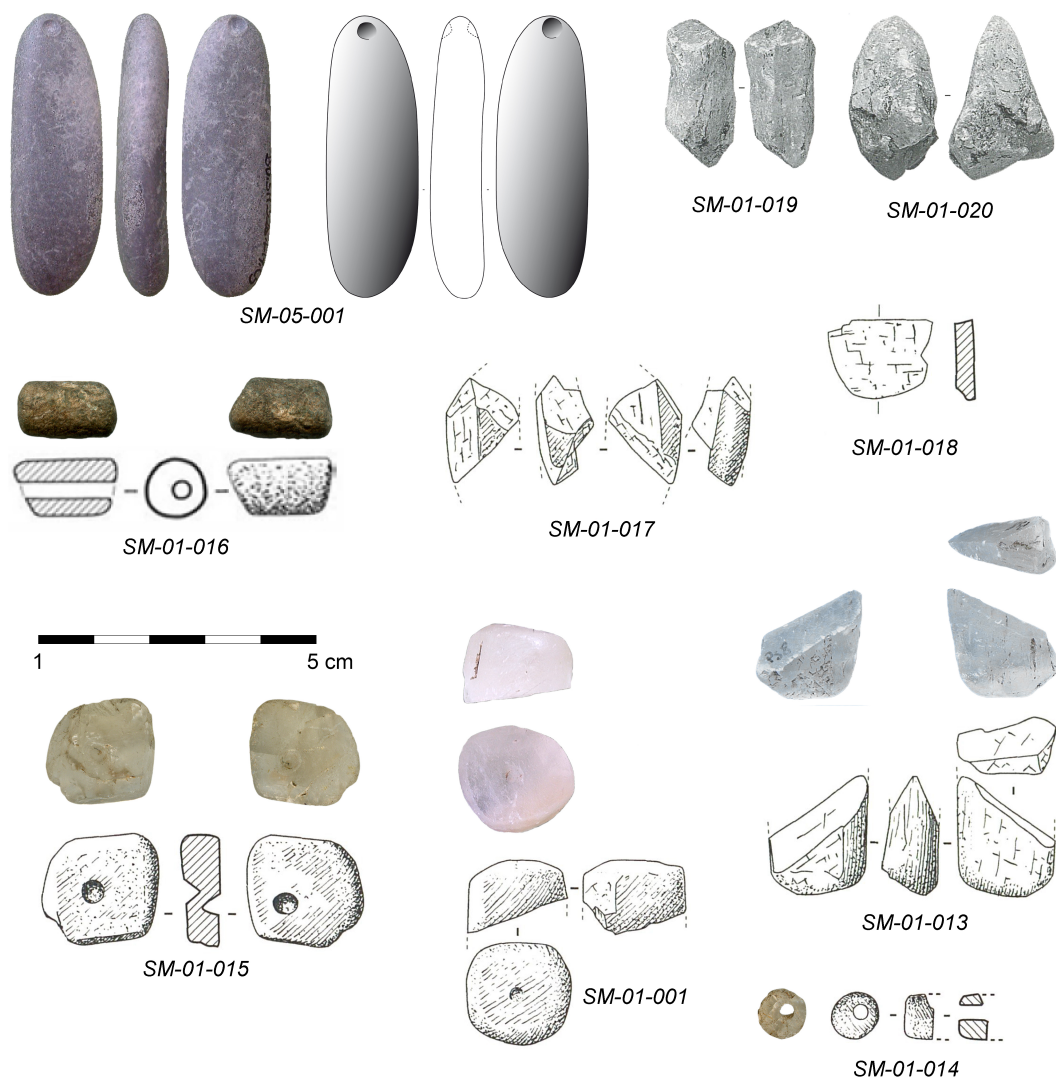


FIGURE 2.11 – Objets de parure du site de Baie Orientale. SM-05-001 est le seul objet issu de l'occupation archaïque, il est réalisé en roche volcanique. Les autres objets sont issus des niveaux troumassoïdes et sont en calcite, sauf SM-01-016 en roche volcanique. Photos et dessins par P. Fouéré.



FIGURE 2.12 – Ébauches de perles en calcite du site de Baie Orientale 2, occupation du Céramique récent. Photos et dessins par P. Fouéré.

2.4.3.3 Grand Case BK77 et BK78

Les éléments de parure du site Céramique récent de Grand-Case, retrouvés lors de la fouille des deux parcelles voisines BK77 et BK78, sont très majoritairement réalisés en calcite, du moins pour ceux dont il est possible de connaître la matière première. En effet à ma connaissance, seuls les objets issus de BK77 (SM-03 dans notre base de données) ont fait l'objet d'une étude (SELLIER-SEGARD, 2020), ceux de BK78 (SM-04) étant simplement photographiés et présentés très succinctement (BAILLIF-DUCROS et al., 2019). La figure 2.13 regroupe l'ensemble de ces objets, et montre clairement l'intérêt de la collection de BK77 qui présente plusieurs étapes de la chaîne opératoire, déjà étudiée lors l'étude de la série (SELLIER-SEGARD, 2020, p. 230-233).



FIGURE 2.13 – Perles et autres éléments de la chaîne opératoire, majoritairement en calcite, issus des fouilles des deux parcelles BK77 (SM-03) et BK78 (SM-04) représentant très probablement le même site archéologique (Modifié d’après BAILLIF-DUCROS et al., 2019 ; SELIER-SEGARD, 2020).

2.4.4 Discussion

L'étude complète¹ des objets issus de l'artisanat lapidaire retrouvés durant la fouille du site d'Hope Estate, réalisée selon le même protocole que les autres sites déjà publiés, permet de poursuivre la comparaison entre sites archéologiques, comme cela avait été réalisé pour les sites d'Anse à la Gourde, Morel, Gare Maritime et Vivé (cf. section 2.3). Les histogrammes de distribution des fréquences des matières premières utilisées (Figure 2.14) et des types d'objets retrouvés (Figure 2.15), malgré les faibles effectifs de ces sites, permettent quelques observations intéressantes. Tout d'abord on remarque quelques différences entre Hope Estate et les autres sites du Céramique ancien, telles qu'une plus faible présence d'améthyste et une plus grande proportion de calcite. Ceci pourrait s'expliquer, pour le premier, par la position très septentrionale du site qui l'éloignerait des sources d'améthyste réputées être sud-américaines et du site de Pearls, réputé être un site de production d'améthyste (CODY, 1993). Pour le second, la présence de calcite en quantité assez importante dans ce site, pourtant un matériau assez rare dans les autres sites de cette période, peut s'expliquer par la présence de matière première facilement accessible sur l'île de Saint Martin. On retrouve d'ailleurs une quantité assez grande d'objets en calcite et des cristaux naturels d'assez grande taille dans le site de Baie Orientale 2, également situé sur Saint Martin (Fouéré dans BONNISSENT et al., 2013). On peut également noter la diversité des matières avec plusieurs matériaux observés seulement une fois et un nombre assez important de matériaux indéterminés, d'une part pour certains objets vus seulement en dessins dans des rapports, mais aussi au sein des objets analysés, avec des roches polyminérales difficiles à identifier en spectroscopie Raman. On peut enfin noter la présence du seul et unique objet identifié comme étant de la malachite, dans le cadre du projet PAAF, tandis que ce matériau semble assez courant dans d'autres sites archéologiques, en particulier à Punta Candelero sur l'île de Porto Rico (RODRIGUEZ, 1993).

Les fréquences de types de productions lapidaires retrouvées à Hope Estate sont très similaires de celles de Vivé pour ce qui concerne les perles sauf les perles bitronconiques (Figure 2.15), tandis qu'elles sont plus proches des sites guadeloupéens de Gare Maritime et Morel en ce qui concerne la présence de pendentifs zoomorphes. Cependant, les

1. lors de la mission à Saint Martin, malheureusement, au vu des conditions post-cyclone Irma, quelques objets n'ont pas pu être étudiés

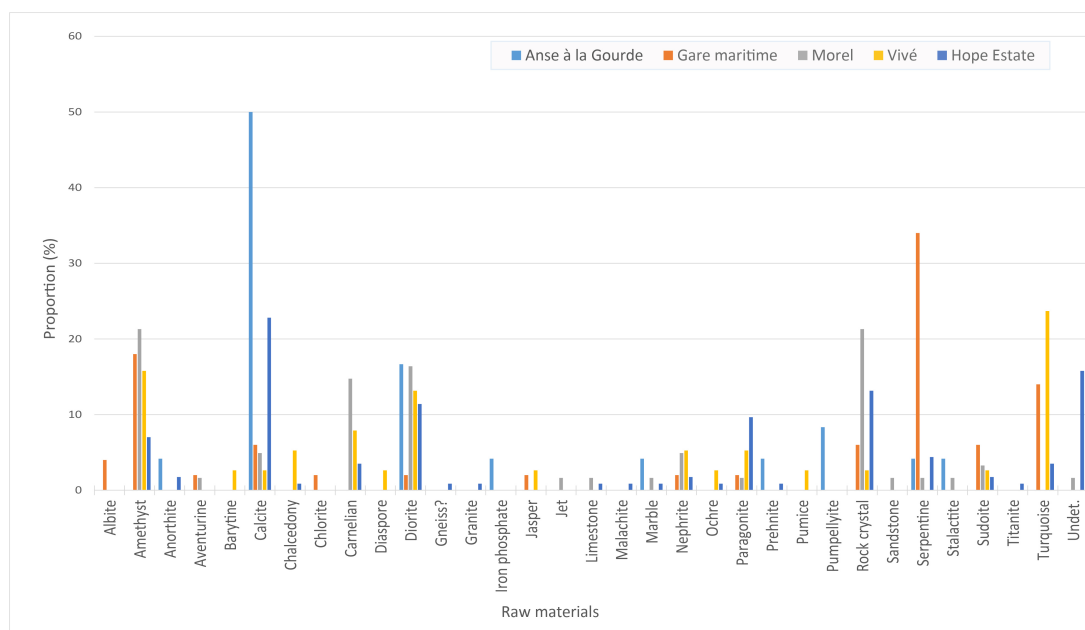


FIGURE 2.14 – Histogramme de distribution des fréquences des matières premières pour les 5 sites archéologiques des Antilles françaises ayant livré plusieurs dizaines d'objets.

formes de ces pendentifs zoomorphes retrouvés à Hope Estate sont assez éloignées des formes présentes à Morel ou Vivé mais se rapprochent très fortement de celles observées à La Hueca (CHANLATTE BAIK, 1983 ; NARGANES STORDE, 1995) notamment pour les petites grenouilles avec un museau bien proéminent comme SM-02-004, SM-02-099 et SM-02-101 par exemple (Figure 2.3).

L'île de Saint Martin a livré en termes de production lapidaire des objets de différentes périodes, depuis l'Archaique (Baie Orientale 1) jusqu'au Céramique récent (Baie Orientale 2, BK77 et 78) en passant par un site particulièrement riche du Céramique ancien (Hope Estate). Si la parure lapidaire de Baie Orientale 1 est représentée par un seul objet, celle du Céramique ancien est riche de plus de 100 objets d'une diversité importante, tandis que Baie Orientale 2 montre un investissement unique dans la production de parure en calcite. Cela permet de préfigurer déjà, à l'échelle d'une même île, ce que la comparaison entre les périodes peut apporter pour l'archipel (Section 4). La position de cette île dans l'archipel, relativement septentrionale, en fait un point intéressant pour la comparaison régionale, de par sa position intermédiaire entre les sites très riches de Porto Rico, et les sites relativement nombreux des Petites Antilles plus méridionales,

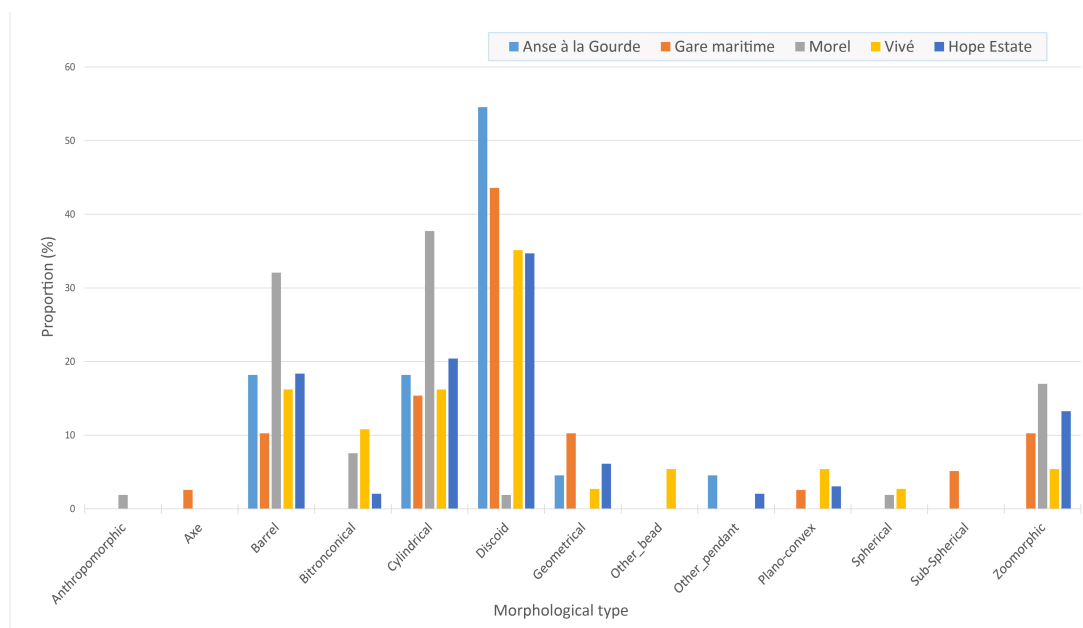


FIGURE 2.15 – Histogramme de distribution des fréquences des type d’objets pour les 5 sites archéologiques des Antilles françaises ayant livré plusieurs dizaines d’objets.

d’autant plus que Saint-Martin a déjà démontré une position importante dans le réseau des sites archéologiques des îles Caraïbes avec d’autres matériaux lithiques tels que la calci-rudite (pierre à zémis) ou la cherto-tuffite (KNIPPENBERG, 2007).

Chapitre 3

De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

3.1 Introduction

L'étude exhaustive des matériaux lithiques utilisés par les Amérindiens à l'âge Céramique a permis d'identifier de façon fiable une grande diversité de gemmes. Chacune d'entre elles possède un potentiel informatif en terme d'analyse de provenance, qu'il est important d'établir afin de retracer les réseaux de distribution de ces matières premières. Nous résumerons ici l'état des connaissances sur chacun de ces matériaux dans la Section 3.2, et nous nous concentrerons sur deux matériaux en particulier que sont la sudoïte (Section 3.3) et la turquoise (Section 3.4) qui ont fait l'objet de travaux plus aboutis. Pour une vision générale de la géologie des îles caraïbes, le lecteur est renvoyé à la section 1.1.1.

3.2 Les matériaux identifiés et leur potentiel en termes d'études de provenance

3.2.1 Roches vertes

Concernant les roches vertes en général, on peut noter que les auteurs anciens, qui ne distinguaient pas ces différents minéraux, ont tous relaté un même phénomène à l'origine de ces roches si précieuses pour les Amérindiens qu'ils ont rencontrés. Plusieurs d'entre eux expliquent en effet l'origine de ces roches comme étant initialement à l'état boueux, puis durcis par séchage après avoir été transformées pour leur donner leur forme. Ceci a bien aidé du Tertre à accepter que les Amérindiens puissent façonner des roches aussi dures. La même histoire se retrouve dans BARRÈRE (1743) et GOUPY DES MARETS (1690), cité dans ROSTAIN (2006) :

Barrère 1743 Nouvelle relation de la France équinoxiale p. 175

Cette Pierre est de couleur d'Olive, d'un verd un peu plus pâle, & presque d'un gris de perles. J'en ai apporté de la Guiane de toutes ces couleurs. La figure la plus ordinaire qu'on donne à cette Pierre, est cylindrique, de la longueur de deux, trois, jusques à quatre pouces sur six ou sept lignes de diamètre, & percées dans toute leur longueur. J'en ai vû qui étoient quarrées, ovales, à qui on avoit donné la forme d'un croissant, & empreint la figure d'un crapeau, ou de quelques autres animaux. Cette Pierre est connue par les Lapidaires sous le nom de Jade. Elle est fort polie, & si dure, qu'on ne fçauroit la travailler qu'avec la poudre de Diamant. On m'a assuré qu'elle étoit factice ; qu'une Nation appelée Tapouyes, qui habitent à cent cinquante lieux, ou environ, de Para, s'occupent à les façonner ; qu'ils en font même des mortiers, de petits fiéges, & autres ustensiles de ménage. On ajoute, que la matière de ces Pierre est une vase molle, blanchâtre, qu'ils pétrifient, & à laquelle ils donnent la figure & les empreintes qu'ils veulent. Ils mettent tremper, pendant un certain tems, tous les morceaux préparés dans une rivière, au bout duquel ils les retirent. C'est cette eau, difent-ils, qui donne la couleur, la dureté, & le poli qu'on remarque à toutes ces Pierres.

Goupy des Marets 1690

Les pierres vertes se prennent fort haut dans la rivières des Amazonnes ; que c'est des doucins qu'y se prennent dans le fon de cette rivière ; que ces doucins

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

sont de certaines venne de limon ; que lorsqu'on a tiré ce doussin hor de l'eau la première chose qu'on fait c'est de percer le morceau que on tient par ou l'on veut après quoy l'on la travaille de la figure qu'on luy veut donner, maniant ce doussin comme de la terre à potier et lorsque l'ouvrier a finy son travail suivant sa fantaisye, on le retrampe dans lad rivierre un peu de temps. Après quoy on le retire et que cette figure retirée de l'eau de cette rivierre apres avoir pry l'air devenoit aussi dure que le diamant et que même il estoit impossible de couper cette figure mais que prenant un fil de cotton et le passer sur cette pierre ou pierri comme on passe une cie sur un morceau de bois pour le cier ce cotton coupoit cette pierre comme l'on vouloit.

Ces différentes mentions méritent d'être analysées : il est en effet difficile de considérer que cette explication ait pu être inventée de toute pièce par les chroniqueurs. Il en ressort que quel que soit le mode de fabrication des objets, celui décrit ici est pour le moins invraisemblable et il se pourrait aussi que tous les objets mentionnés à l'époque des chroniqueurs soient en fait des objets archéologiques dont la date de fabrication pourrait être assez ancienne. Ainsi les Amérindiens rencontrés par les chroniqueurs auraient eux-même relaté des fables et des légendes à leurs visiteurs. De tels cas de récupération d'objets archéologiques sont signalés dans l'aire amazonienne (CREVAUX, 1989). D'une façon générale cette dénomination de "roche verte" est attribuée par rapport à un aspect des artefacts et regroupe encore actuellement une large variété de roches ou minéraux. Cette appellation est généralement donnée sans une méthodologie de détermination permettant une attribution fiable à une catégorie minéralogique, ce qui rend souvent délicate l'utilisation de nombreuses données de la littérature. Nous listons ci-après les différentes familles minéralogiques que nous avons déterminées analytiquement sur les collections étudiées en présentant les données bibliographiques retrouvées sur la distribution ou les sources de ces matériaux.

La serpentine La serpentine et en particulier ici le minéral identifié par spectroscopie Raman comme antigorite $((Mg,Fe^{2+})_3Si_2O_5(OH)_4)$ est un minéral bien représenté dans les sites archéologiques et certainement largement sous représenté car non déterminé en tant que tel mais entrant dans la catégorie *greenstones* des auteurs. Les sites présentant le plus d'objets en serpentine sont situés à Porto Rico (Punta Candelero) et Vieques (La Hueca), bien que la détermination de cette matière première n'ait été réalisée qu'à l'œil

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

nu (NARGANES STORDE, 1995, 1999). Le seul site en dehors de nos travaux pour lequel on a identifié formellement de la serpentine est Elliot's (Antigua) (MURPHY et al., 2000). Ce matériau, finalement le plus courant dans la catégorie *greenstones*, a été utilisé pour la production de tous types d'éléments de parure : pendentifs zoomorphes, géométriques, perles discoïdes de dimensions très variées. Dans les Antilles françaises il est identifié dans la majorité des sites ayant livré une série d'objets lapidaires (Gare Maritime, Morel, Anse à la Gourde, Anse Trabaud, Hope Estate), à l'exception de Vivé.

Les sources potentielles sont multiples, aussi bien au nord qu'au sud de l'archipel. En effet des serpentinites existent dans les Grandes Antilles à Cuba (AUZENDE et al., 2002), sur Hispaniola, Porto Rico et en Jamaïque (HAVISER, 1993). Il en existe aussi sur le continent sud-américain au nord-ouest du Vénézuéla (BOOMERT, 1987) ainsi qu'à Tobago (HAVISER, 1993).

La néphrite La néphrite est une roche formée à plus de 90% du minéral actinolite, une amphibole de formule générale $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$. C'est la seconde forme de jade, l'autre étant la jadéite, une roche formée à plus de 90% de jadéite, un pyroxène. Les recherches sur ce sujet nous ont permis de modifier la version française de la page Wikipédia de la néphrite qui était jusqu'alors considérée comme un minéral. La néphrite est rare et souvent utilisée pour des objets plus travaillés que de simples perles (figure 3.1). C'est le cas à Gare Maritime où elle a uniquement été utilisée sous la forme d'une mini hache retrouvée lors du diagnostic (GD-01-050) qui ressemble fortement à celle retrouvée à Pearls (GR-01-003). Elle est également régulièrement utilisée pour la réalisation de grenouilles, ou *muiraquitas*, comme à Antigua dans les sites d'Elliot's et Royall's (MURPHY et al., 2000) (détermination par spectroscopie Raman), à Grenade dans le site de Pearls (CODY, 1991) (détermination par méthodes gemmologiques classiques) ainsi que dans l'étude plus récente de Falci et collaborateurs (2020) dont les photos permettent d'attribuer avec une grande probabilité certains objets à ce matériau. D'autres *muiraquitas* réalisées en néphrite ont été reconnues durant nos travaux dans les Antilles françaises comme en Martinique (MA-02-013 et 014), à Marie-Galante (MG-01-001), en Guadeloupe (GD-02-049 et 050) mais également plus au nord, à Saint Martin (SM-02-055). Sur de rares photos en couleur, il est également possible de confirmer l'attribution minéralogique de néphrite à certains objets de Vieques (VI-01-0005 et 0006) et Porto Rico (PR-03-005).

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

Aucune source n'est connue dans les Antilles, et même sur le continent il s'agirait plus de trouvailles que de réelles sources, du moins telles qu'on l'entend de nos jours (O'DONOGHUE, 2006). Toutefois, très récemment, une source potentielle de néphrite a été reconnue et étudiée sur la côté caribéenne de Colombie (ACEVEDO GÓMEZ et al., 2018). Cette source, ou un filon similaire, aurait pu fournir la matière première pour la réalisation d'une partie des *placas aladas* des sociétés Nahuange (100 - 1000 A.D.) et Tairona (1000 - 1600 A.D.) et, pourquoi pas, celle des objets antillais également.

O'Donoghue 2006 p.340

Sources of nephrite have been reported from the Amargosa district of Bahia state but these have not been confirmed. and Beck suggests these are probably artefact finds rather than geological sources. There is no confirmed source for nephrite in Mesoamerica or South America.

La jadéitite L'autre forme de jade, la jadéite-jade, ou jadéitite, est composée à plus de 90% d'un clinopyroxène sodique, la jadéite. Ce matériau a été étudié en profondeur dans les années passées dans les Antilles, aussi bien d'un point de vue archéologique que géologique. En effet, des sources potentielles ont été décrites relativement récemment dans les Grandes Antilles (CÁRDENAS-PÁRRAGA et al., 2010; GARCÍA-CASCO et al., 2009; SCHERTL et al., 2012), remettant en cause la provenance uniquement continentale, et en particulier guatémaltèque, de ce matériau utilisé pour la production de haches dans les îles caraïbes. De nombreuses études d'objets archéologiques, en particulier des haches polies, ont suivi ces découvertes de nouveaux gisements de matière première (GARCIA-CASCO et al., 2013; HARLOW et al., 2019; HARLOW et al., 2006; KNAF et al., 2021; SCHERTL et al., 2018). Quelques études mentionnent également la jadéitite comme matière première ayant servi à la production d'éléments de parure (FALCI, KNAF et al., 2020; NARGANES STORDE, 1995, 1999; RODRIGUEZ, 1993). Malheureusement, aucune identification formelle reposant sur des analyses minéralogiques ne vient confirmer la moindre de ces attributions pétrographiques, il s'agit la grande majorité du temps d'observations à l'œil nu et d'attributions non argumentées, que l'on pourrait en fait plutôt appeler "roches vertes". Par exemple, un pendentif du site d'Anse à la Gourde est décrit comme étant façonné dans de la jadéitite dans la littérature (RODRÍGUEZ RAMOS, 2010), tandis qu'il s'agit en fait, après analyse, de serpentine (QUEFFELEC, FOUÉRE,

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance



FIGURE 3.1 – Montage à l'échelle de la quasi intégralité des objets des îles Caraïbes pour lesquels une attribution à la néphrite est avérée (par analyse minéralogique) ou presque certaine (aspect visuel). Échelle inconnue pour les trois objets en bas à droite. Photographies par A. Queffelec et issues de CODY (1991), MURPHY et al. (2000), RODRÍGUEZ RAMOS (2010) et FALCI, KNAF et al. (2020)

BELLOT-GURLET & BÉRARD, 2020). Ainsi, jusqu'à présent, aucun élément de parure amérindien n'est attribuable de façon non équivoque à de la jadéite.

Le clinochlore Ce minéral de la famille des chlorites n'est identifié que rarement dans les études de sites que nous avons pu examiner (un exemplaire à Gare Maritime, GD-01-012). Toutefois sa détermination à l'œil nu, sans analyse précise, est très difficile voire impossible. Il est donc tout à fait possible que la relecture de collections anciennes ou non étudiées d'un point de vue minéralogique permette d'identifier du clinochlore dans la catégorie *greenstone* des auteurs.

La sudoïte Cet autre minéral du groupe des chlorites, a été identifié à plusieurs reprises dans les sites des îles françaises. Il est suffisamment difficile d'identifier ce matériau et surprenant de le retrouver sous forme d'objets façonnés qu'il a fait l'objet d'une contribution spécifiques (cf. Section 3.3). Ce matériau probablement assez facile à façonner, est retrouvé dans nos études détaillées dans tous les sites des Antilles françaises ayant livré au moins quelques dizaines d'objets. Il est donc fort probable qu'il soit également reconnu dans le futur dans d'autres sites, au milieu des différentes roches vertes, si des analyses par spectroscopie Raman sont appliquées de façon systématique.

La paragonite La paragonite est un minéral de la famille des micas, il s'agit du pendant sodique du minéral plus connu qu'est la muscovite, qui, elle, est potassique. Ce minéral est retrouvé principalement dans des zones métamorphiques de faciès schistes bleus à schistes verts, et existe par exemple au Guatemala dans les jadéites, régulièrement sous forme de petits cristaux dans la roche. Rarement, "*[i]n coarse jadeitite veins paragonite forms books < 1 cm thick and 54cm in diameter.*" (HARLOW, 1994) mais de plus gros agglomérats ne sont pas connus (HARLOW, comm. pers., 2022). Il a été identifié à plusieurs reprises et a nécessité la confirmation par diffraction X, tout comme la sudoïte (Figure 3.2). Les objets pour lesquels ce minéral a été identifié présentent une variété de couleurs, mais ils ont presque tous l'aspect feuilleté, caractéristique des phyllosilicates (Figure 3.3). Aussi, pour nombre d'entre eux, il serait possible désormais d'identifier ce matériau à l'œil nu. On notera d'ailleurs qu'il est fort probable qu'une proportion non négligeable des éléments de parure identifiés comme jadéite dans les travaux de C. Falci soient en fait façonnés en paragonite, au vu de leur aspect très feuilleté sur les

photographies (FALCI, KNAF et al., 2020 ; KNAF et al., 2022, figure 5). Il est intéressant de noter que ce matériau, identifié uniquement par les techniques de spectroscopie et de diffraction, a également été identifié à plusieurs reprises au Costa Rica comme matière première de pendentifs *Axe-God* (HERNÁNDEZ-MURILLO et al., 2021), il l'a été également dans les productions néolithiques européennes d'objets de prestige, aux côtés des haches en jadéite ou des anneaux en néphrite, dans le nord de l'Italie, où des veines de paragonite épaisses de plusieurs centimètres peuvent exister (PÉTREQUIN et al., 2019).

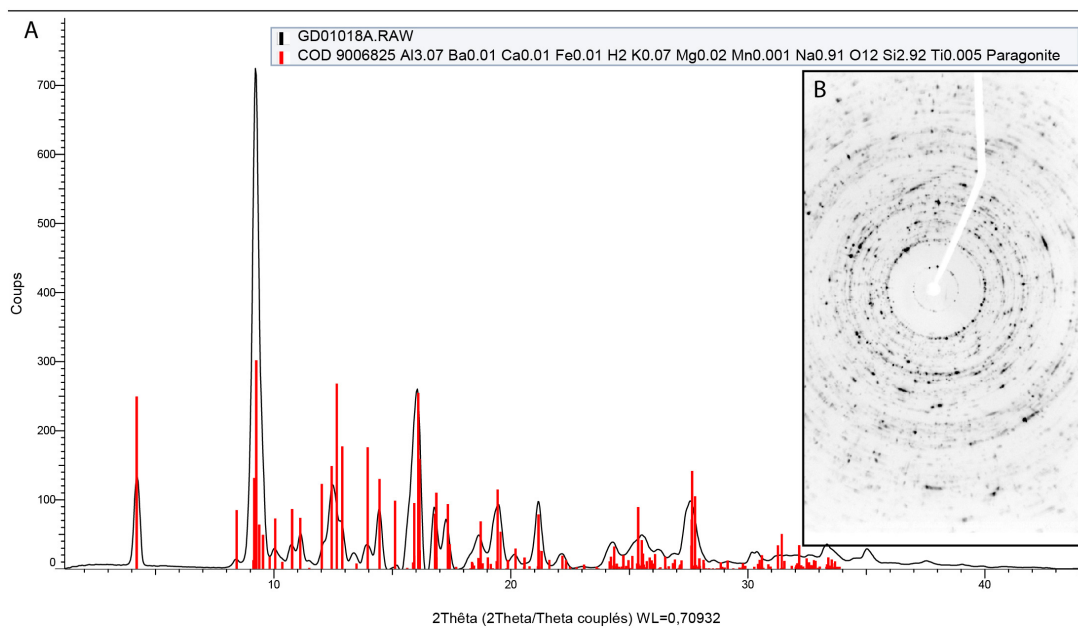


FIGURE 3.2 – Diffraction des rayons X en transmission de l'échantillon GD-01-018. A. Diffractogramme mesuré et comparaison avec la fiche de référence de la paragonite. B. Figure de diffraction enregistrée par l'appareil, montrant les anneaux de Debye-Scherrer très incomplets indiquant une orientation préférentielle très marquée des minéraux, liés à la texture feuilletée du matériau.

La malachite La malachite est un carbonate de cuivre, identifié dans certaines séries archéologiques dont principalement, en termes de quantité, à Punta Candelerero. Toutefois, ces déterminations sont toutes réalisées à l'œil nu (Punta Candelerero, Sorcé, La Hueca, Spratt Hall, Main Street), si ce n'est l'unique préforme de perle en *malachite-rich tuff* identifiée à Antigua par diffraction X (MURPHY et al., 2000). Un seul objet en malachite

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance



FIGURE 3.3 – Montage à l'échelle des objets des îles Caraïbes identifiés comme paragonite grâce aux analyses par spectroscopie Raman.

a réellement été mis en évidence : un pendentif géométrique retrouvé dans le site d'Hope Estate, identifié par spectroscopie Raman (Section 2.4). Ce matériau ne dispose pas de

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

source reconnue dans les Antilles, bien que Murphy (2000) l'intègre dans *inferred to be from Antigua* d'après la légende du tableau 1 de son article, sans plus d'argument. Aucune étude de provenance de malachite n'existe à ma connaissance et, sans sources potentielles et très peu d'objets archéologiques, ce matériau ne semble pas très prometteur comme traceur des réseaux d'échange à la période Céramique.

La turquoise Ce phosphate hydraté de cuivre est identifié dans plusieurs sites des Antilles et, bien que les analyses soient ici encore très peu courantes, il est fort probable que l'attribution minéralogique soit correcte pour ce matériau facile à identifier à l'œil nu. Il est présent dans des sites archéologiques du nord au sud de l'archipel mais souvent en quantité réduite. On le retrouve ainsi dans des quantités inconnues mais probablement importantes vues les collections issues des sites de Vieques (NARGANES STORDE, 1995, 1999), une grosse vingtaine à Porto Rico (RODRIGUEZ, 1993), quelques éléments à Sainte Croix (HARDY, 2008) et Saint-Martin (Section 2.4), de rares objets à Montserrat (CROCK & BARTONE, 1998) et Antigua (MURPHY et al., 2000), et des quantités non négligeables au vu des collections plus restreintes pour la Guadeloupe (Gare Maritime) et la Martinique (Vivé).

Le site de Gare Maritime en particulier présente une fréquence exceptionnelle d'objets finis et d'ébauches en turquoise. Ce sont des arguments qui, dans plusieurs travaux, sont utilisés pour caractériser un site comme spécialisé dans la fabrication d'objets de cette matière première. C'est une proposition que nous pourrions faire pour Gare Maritime. Concernant l'origine du minéral, le continent sud-américain est proposé dans la littérature, bien que les sources les mieux connues se situent en Mésoamérique et en Amérique du Nord. Cody (1993), citée également par Murphy (2000), place une source potentielle au Chili et une autre au Brésil sur la foi d'un article que nous ne sommes pas parvenus à nous procurer :

Sauer 1982 p.188

in a place called Serrote da Lagoa Seca, near the tiny village of Casa Nova, state of Bahia, a turquoise vein cut the local Pre-Cambrian gneiss. This deposit, the first to be discovered in Brazil, was flooded by the waters of the Sobradinho dam.

Le lecteur est renvoyé vers la Section 3.4 pour un travail plus approfondi sur ce minéral.

3.2.2 L'améthyste

L'améthyste est utilisée de façon ubiquiste dans les sites archéologiques caribéens, en majorité pour la production de perles cylindriques et en tonneau mais aussi pour des perles discoïdes. Ce matériau est aisé à reconnaître sans analyse minéralogique et l'on peut être confiant concernant son identification dans les divers sites archéologiques.

L'améthyste est souvent considérée comme pouvant provenir de Martinique (CODY, 1993 ; HOFMAN et al., 2007) sur la base de citation de travaux français. Toutefois la relecture critique de ces textes, cités par des anglophones, montre qu'il semble y avoir eu une incompréhension. En effet l'attribution par ces auteurs d'une origine martiniquaise pour l'améthyste s'appuie sur le guide géologique régional incluant la Martinique (WESTERCAMP & TAZIEFF, 1980) ainsi que sur le livre du Père Pinchon (1967). On notera que malgré un alinéa concernant en effet l'améthyste dans chacun des textes cités, le contenu précis devrait plutôt être considéré comme écartant la Martinique des sources possibles plutôt que l'inverse. De plus, aucune mention d'améthyste n'est retrouvée dans la notice de la carte géologique de Martinique (WESTERCAMP et al., 1989) malgré la présence d'une liste des minéraux observables/collectionnables de l'île.

Pinchon 1967 Quelques aspects de la nature aux Antilles pages 131-132
Mais les plus beaux quartz utilisés dans l'industrie (optique ou orfèvrerie) proviennent de Madagascar.[...] c'est de Madagascar ainsi que d'Amérique du Sud, que proviennent la plupart des quartz teintés en rose, jaune ou vert. Nos quartz martiniquais, bien plus modestes, se réduisent à de petits cristaux, généralement blancs opaques ou laiteux, parfois légèrement nuancés d'orangé. Dans la Carrière du François, à côté des quartz blanc pur, il se trouve cependant quelques rares filons d'Améthyste d'un violet plus ou moins accentué. Toutes les transitions existent, mais beaucoup de cristaux sont simplement légèrement teintés de mauve.[...] L'Améthyste, quand elle est constituée par de gros cristaux fortement colorés, est appréciée des lapidaires [...] malheureusement, ce n'est pas le cas de notre gisement martiniquais qui constitue une simple curiosité géologique. [...] Où les indiens d'alors se procurèrent-ils les Améthystes ? Nous ne pouvons répondre à cette question car elles paraissent très rares dans les Antilles et nous ne connaissons en fait que celles de la Carrière de Bois Soldat ? Peut-être les apportèrent-ils du Continent où elles sont plus fréquentes.

De l'améthyste polycristalline de couleur très pâle est signalée à Saint-Martin dans les filons de quartz des collines surplombant la Baie Orientale. Cependant ces teintes très estompées ne se retrouvent pas dans les échantillons archéologiques généralement de teinte vive. Une autre origine est proposée par Righter (2003) pour les améthystes du site de Tutu, sur l'île de St Thomas dans Îles Vierges US. Cette source serait située d'après elle (basé sur une communication personnelle de "Alan O'Hara, gemologist") à l'ouest de Tortola, une des Îles Vierges Britanniques. L'origine la plus probable pour l'améthyste ayant permis la réalisation de perles de taille importante et parfois dans des matériaux violet foncé est clairement le continent sud-américain, très connu pour ses améthystes exceptionnelles (EPSTEIN, 1988) et en particulier le Brésil déjà référencé comme source potentielle (CODY, 1991). La présence de perles du même type dans le registre ethnographique (WALLACE, 1889, p. 191) et de même matière première dans le registre archéologique (ROTH, 1944) de la région d'origine des populations saladoïdes est également un argument, bien que malheureusement il nous ait été impossible jusqu'à présent d'observer la moindre perle de ce type dans la littérature scientifique. RODRIGUEZ (1991) écrivait également, comme je le pense, que le "*quartz et ses variantes (translucide, améthyste et citrine), dans l'état actuel des connaissances, n'existe pas avec une telle pureté et qualité à Porto Rico ni dans les Petits Antilles, et il faut donc chercher son origine sur le continent*" (traduction depuis l'espagnol). L'identification précise de la source de l'améthyste reste extrêmement difficile. Nous n'avons trouvé que de rares études géochimiques sur des quartz, basées sur des analyses isotopiques par sonde ionique, ayant démontré la faisabilité d'une telle approche (TEN BRUGGENCATE et al., 2014; TEN BRUGGENCATE et al., 2013) et de rares études sur les inclusions solides et fluides dans les cristaux semblent pertinentes (COUSSERAN, 2002; SACHANBIŃSKI et al., 2008). Ces études impliquent une caractérisation extensive des sources potentielles, ce qui est très difficile à faire. Une étude poussée des collections archéologiques estimant l'homogénéité ou l'hétérogénéité des sources d'améthyste pourrait cependant théoriquement être menée.

3.2.3 La cornaline

La cornaline est un matériau couramment utilisé par les Amérindiens pour réaliser des objets de parure. Il en a été retrouvé à Antigua (Elliot's, Royall's), à Grenade (Pearls), à Montserrat (Trants), en Martinique (Vivé), à Porto Rico (Tecla) et à Vieques (Sorcé) (CODY, 1991; CROCK & BARTONE, 1998; MATTIONI, 1979; MURPHY et al., 2000;

NARGANES STORDE, 1995, 1999). Pour ce qui concerne notre zone d'étude, des perles ont été reconnues comme étant en cornaline à Saint Martin (Hope Estate) et, pour la Guadeloupe, nous avons pu analyser l'unique perle en cornaline de Gare Maritime, une ébauche de perle provenant de Grand Carbet (TOLEDO I MUR et al., 2003) ainsi qu'une ébauche de perle et un fragment de matière première provenant du site Les Mineurs (ramassage de surface). Au vu de la répartition et de la quantité de cornaline retrouvée dans d'autres sites, on peut considérer la Guadeloupe comme pauvre en objets de cette matière. En effet, le site de Royall's présente pas moins de 45 fragments de cornaline non travaillée, 7 ébauches de perles et 4 perles achevées (MURPHY et al., 2000) ! Le site de Pearls a lui mis au jour 4 perles, le site de Trants 12 fragments bruts, 31 ébauches et 23 perles ! Minéralogiquement, la gemme cornaline est constituée de calcédoine, qui est un arrangement spécifique de cristallites de quartz. Lorsque cette calcédoine est orange ou rouge, elle est appelée cornaline. La ou les source(s) de cornaline ne sont pas clairement identifiée(s) dans les articles décrivant les sites précédemment cités. Pour Trants, où de grandes quantités de cornaline ont été utilisées, Crock et Bartone (1998) indiquent "*the source of this material remains unknown, although it likely originated outside of the Lesser Antilles, perhaps in South America or in the large islands of the Greater Antilles (Cody 1990)*". Pour Antigua, Murphy (2000) propose une provenance locale en se basant sur de vieilles références du XIX^e siècle que nous n'avons pas pu nous procurer. Cody (1993) indique que la seule source connue dans la littérature est en République Dominicaine. De rares études semblent indiquer un potentiel dans les études de provenance pour la cornaline (CARTER & DUSSUBIEUX, 2016 ; INSOLL et al., 2004 ; THEUNISSEN et al., 2000), ce qui pourrait être envisagé dans les Antilles, si les sources étaient mieux connues.

3.2.4 La calcite

Ce minéral courant est de peu d'aide pour étudier la provenance des matières premières utilisées pour l'art lapidaire. Sa distribution est large sur les îles des Petites Antilles comme dans les Grandes Antilles ou le continent. Son existence sous forme de matériau gemme est évidemment plus rare mais toutefois, de nombreuses îles peuvent la fournir comme revêtements ou remplissages secondaires de fractures et fissures dans les roches. La calcite est représentée largement dans le registre archéologique, d'après nos propres résultats ainsi que ceux issus de la littérature (tableau 3.1) (CODY, 1991 ; CROCK & BARTONE, 1998 ; CROCK et al., 1995 ; GENT & DE MILLE, 2003 ; MURPHY et al.,

Minéral	Sites recensant ce minéral dans la production de parure lapidaire
Calcite	Elliot's, Royall's, Pearls, PA-15, Tutu, Sorcé, Tecla, Hope Estate, Gare Maritime
Quartz	Elliot's, Royall's, Pearls, Trants, Hacienda Grande, PA-15, Tutu, Runaway Bay, Sorcé, Tecla, Hope Estate, Gare Maritime, Morel

TABLEAU 3.1 – Liste des sites ayant fourni des vestiges de production lapidaire en calcite ou en quartz.

2000 ; NARGANES STORDE, 1999 ; ROOBOL & LEE, 1976). Ce minéral est utilisé pour la production de toutes formes de perles (discoïdes, tubulaires) et de pendentifs (zoo-morphes, géométriques), et on le retrouve aussi sous la forme de fragments de stalactites directement utilisés comme perle grâce à leur perforation naturelle.

3.2.5 Le cristal de roche

Le quartz sous sa forme gemme et incolore, aussi appelé cristal de roche, est courant dans les sites archéologiques (tableau 3.1) où il est utilisé pour la production de perles discoïdes et cylindriques principalement, comme par exemple dans le collier de Morel (DURAND & PETITJEAN ROGET, 1991 ; QUEFFELEC, FOUÉRE, BELLOT-GURLET & BÉRARD, 2020). Les méthodes d'étude de provenance sont les mêmes que pour l'améthyste, et sont donc tout aussi rares : une méthode isotopique a été publiée (TEN BRUGGENCATE et al., 2014 ; TEN BRUGGENCATE et al., 2013) mais n'a jamais été reproduite ou ré-utilisée depuis à ma connaissance, tandis que les inclusions fluides ont été, elles aussi, utilisées très rarement (COUSSERAN, 2002 ; SACHANBIŃSKI et al., 2008). Toutefois, au vu du nombre de gîtes potentiels, dispersés, de très petite taille, de remplissage secondaire de cavités ou de fractures (etc.), il n'est pas envisageable d'en faire un référentiel exhaustif.

3.2.6 Les feldspaths

Ce groupe de minéraux est identifié dans la bibliographie uniquement à Trants (CROCK & BARTONE, 1998) mais il faut noter que sa détermination à l'œil nu sur d'aussi petits objets polis est difficile. La détermination minéralogique par des analyses non destructives de plus nombreuses séries pourrait modifier cette apparente rareté. Toutefois, ce groupe de minéraux ubiquistes dans les îles volcaniques de l'arc interne des Petites Antilles ne devrait sans doute pas permettre une attribution gîtologique précise. Il est

également possible que ces objets, de petite taille, aient été façonnés dans des cristaux issus de diorite porphyrique.

3.2.7 Roches type "diorite"

Ces roches noires et blanches sont courantes dans les sites sous forme de perles, aussi bien cylindriques, qu'en forme de tonneau, ou discoïdes. Ce matériau est largement répandu dans les sites archéologiques et parfois en grande quantité. Un de ses intérêts réside dans l'existence de deux gisements dont il pourrait être issu. L'un des gisements se situe à Porto Rico (TURNER et al., 2003), l'autre à Tobago (MONES, 2007), ils encadrent donc au nord et au sud les Petites Antilles. Il s'agit de diorites porphyriques (voire pegmatitiques) avec de gros cristaux de feldspaths blancs et d'amphiboles noires, facilement reconnaissables à l'œil nu. Au vu de cette apparente facilité, la caractérisation plus précise de ces roches n'a semble-t-il pas paru primordiale aux auteurs. Pourtant, la grande distance entre ces deux sources peut laisser imaginer des différences géochimiques marquées permettant sans doute de les distinguer, comme cela a déjà été fait sur des matériaux similaires dans d'autres contextes (ANTONELLI et al., 2010).

3.3 La sudoïte, première identification comme matériau gemme

L'analyse exhaustive de perles et pendentifs archéologiques provenant des îles françaises des Petites Antilles a révélé un nouveau matériau vert utilisé pour la production de 9 artefacts provenant de 5 sites archéologiques : la sudoïte. Ce minéral, une chlorite di-trioctaédrique, avec une formule chimique relativement simple - $Mg_2Al_3Si_3AlO_{10}(OH)_8$ - n'avait jamais été identifié dans aucune production lapidaire jusqu'à présent et a donc fait l'objet d'une approche non-destructive, multi-analytique, afin de confirmer cette identification.

Dans un premier temps, ce matériau a été mis en évidence par spectroscopie Raman dès l'étude de la production lapidaire du site de Gare Maritime et a d'abord été identifié comme une possible muscovite verte. Cette détermination n'était toutefois pas satisfaisante, une des bandes principales de diffusion Raman, invariablement présente en tous points analysés des objets, ne collant pas au spectre de référence de ce minéral. Grâce à la microdiffraction X, nous avons pu établir qu'il s'agissait bien d'une chlorite et, le plus probablement, de sudoïte. La structure di-trioctaédrique a été confirmée par spectroscopie infrarouge (ATR-FTIR), la texture de phyllosilicate en microscopie optique et électronique ainsi que la quantification de la composition chimique par spectroscopie de dispersion d'énergie au sein du microscope électronique (MEB-EDS). L'origine de la couleur de ces éléments a également été recherchée grâce à la fluorescence X en dispersion d'énergie (ED-XRF), à la spectroscopie UV-Vis-NIR ainsi que la fluorimétrie. Une approche géologique/gîtologique indique qu'il est possible de retrouver ce minéral dans le cadre de métamorphisme de faciès Schistes bleus (Hautes Pressions / Basses Température). Des roches ayant subi ce type de métamorphisme se retrouvent habituellement dans les zones ophiolitiques, courantes sur le pourtour de la mer Caraïbe, mais des gîtes susceptibles d'avoir fourni des blocs de dimensions suffisantes pour permettre la production de telles parures sont inconnus. Retrouvées dans plusieurs sites archéologiques amérindiens des Petites Antilles, elles participent sans nul doute à un réseau pan-caribéen d'échange de matériaux et d'objets dès les premiers siècles de notre ère.

Ce travail a été publié dans la revue *Gems & Gemology*, une revue *Diamond Open Access*, en 2021 (QUEFFELEC, BELLOT-GURLET et al., 2021).

FIRST IDENTIFICATION OF SUDOITE IN CARIBBEAN CERAMIC-AGE LAPIDARY CRAFTSMANSHIP

Alain Queffelec, Ludovic Bellot-Gurlet, Eddy Foy, Yannick Lefrais, and Emmanuel Fritsch

Lapidary craftsmanship was an important part of the material culture of Amerindians in the Antilles during the Early Ceramic period (400 BCE to 400 CE). Exhaustive analysis of archaeological beads and pendants from the French islands of the Lesser Antilles has revealed a green lapidary material used for the production of nine artifacts from five archaeological sites: sudoite. This di-trioctahedral member of the chlorite group has the relatively simple chemical formula of $Mg_2Al_3Si_3AlO_{10}(OH)_8$. Previously unknown in sizes suitable for carving, it has never before been identified in any lapidary production and therefore warranted a multi-analytical nondestructive approach to confirm this identification. The analysis was conducted through Raman spectroscopy, FTIR spectroscopy, and X-ray diffraction. The texture and the chemical composition were assessed through SEM-EDS. Color, UV luminescence, and other gemological parameters were studied through standard gemological methods, UV-Vis-NIR spectroscopy, and fluorimetry. Finally, the provenance of the material is considered following a geological approach. The recovery of sudoite artifacts in several archaeological Amerindian sites of the Lesser Antilles supports the already established theory of a pan-Caribbean trade network as old as the first several centuries Before the Common Era.

During the Early Ceramic age, between 400 BCE and 400 CE (Bérard, 2019), a people from northeastern South America appropriated the entire Lesser Antilles, replacing or assimilating the inhabitants of these Caribbean islands (Hofman et al., 2007; Wilson, 2007; Nägele et al., 2020). Indeed, these fishermen-cultivators arrived on the islands with a great innovation: ceramic technology. Several cultural components existed within this period, with a common background called Saladoid, named after the site of Saladero (Rouse, 1992; Bérard, 2019). The inhabitants of the West Indies at this time possessed a complex culture, some characteristics of which are common to the different islands and sub-periods. These include certain ceramic decorations, simple lithic tools, the important use of shells for tools and adornment, and distinctive funerary practices (Bérard, 2013). The lapidary craft, which will be of particular interest to us in this work, is very diversified in terms of both forms and raw materials (Cody, 1993; Murphy

et al., 2000; Queffelec et al., 2018; Falci et al., 2020; Queffelec et al., 2020). These materials and artifacts are the subject of various studies examining the supply, distribution, and trade networks of the fishermen-cultivators who inhabited the entire archipelago but whose origins can be traced back to the northeastern part of South America.

In Brief

- Analysis of beads and pendants from several archaeological sites in the Lesser Antilles has revealed the first documented use of sudoite in lapidary craftsmanship.
- A multi-analytical process was applied to confirm and describe this material in detail through non-invasive means.
- The provenance of this material is hypothesized to come from ophiolite suture zones located in the Greater Antilles or Mesoamerica.

An exhaustive study of the ornamental objects of this period recovered from archaeological sites in the French West Indies has revealed a material not mentioned in the classic list of “green rocks” used for

See end of article for About the Authors and Acknowledgments.

GEMS & GEMOLOGY, Vol. 57, No. 3, pp. 206–226,
<http://dx.doi.org/10.5741/GEMS.57.3.206>

© 2021 Gemological Institute of America



Figure 1. The nine Amerindian archaeological objects identified as sudoite. The beads on the left are, from top to bottom: SM-02-033, GD-02-028, and SM-02-086. The pendants in the center are, from left to right: GD-09-001, GD-02-003, and GD-01-017. The beads on the right are, from top to bottom: GD-01-020, GD-01-019, and MA-02-027. The central artifact is 43.5 mm high. Photos by Alain Queffelec.

the craft: sudoite. This mineral belonging to the chlorite group was named by G. Müller (Müller, 1961; v. Engelhardt et al., 1962) in honor of Toshio Sudo (1911–2000), professor of mineralogy at the University of Tokyo and a pioneer of clay science (Kohyama, 2000). It is a sheet silicate (and thus easy to carve), more precisely a magnesium-rich di-trioctahedral chlorite found mainly in hydrothermal or high-pressure/low-temperature (HP/LT) metamorphism contexts. Its relatively simple chemical makeup, $Mg_2Al_3Si_3AlO_{10}(OH)_s$, does not contain any rare or unusual elements.

Few other chlorite-group minerals have been reported as gems (Bukanov, 2006), and sudoite is not listed in any gemological compilation (e.g., Desautels, 1973; Arem, 1987; Duda and Relj, 1999; Manutchehr-Danai, 2005; O'Donoghue, 2006). It is thus necessary to confirm the mineralogical composition of these nine ornamental objects, initially carried out by Raman spectroscopy and for five artifacts by X-ray diffraction, using a multi-analytical approach that entails nondestructive methodologies applicable to archaeological objects. This mineralogical study will be sup-

plemented by a geological analysis in order to provide a better understanding of the distribution and potential provenance of this rare lithic material.

MATERIALS

Archaeological Artifacts. The nine archaeological objects studied in this work were discovered in five archaeological excavations carried out in Guadeloupe, Martinique, and Saint Martin (figure 1 and table 1). A thorough description and the archaeological context surrounding the artifacts can be found in previous publications (Bonnissent, 2008; Queffelec et al., 2018, 2020, 2021). The inventory numbers are taken from the database that records all the lapidary objects from the Lesser Antilles (Queffelec et al., 2021). The inventory codes consist of two letters identifying the island on which the object was found, two digits indicating the archaeological site on this island, and three digits indicating the number of the object in the site. Of these nine artifacts, five were the subject of extensive study in Bordeaux and Paris, while four have only been analyzed on-site using mobile instru-

TABLE 1. Description of the nine sudoite artifacts examined in this study.

Inventory no.	Island	Archaeological site	Weight (g)	Dimension (mm)	Type	Excavator (year)
GD-01-017*	Guadeloupe	Gare Maritime	0.48	13.9 × 7.2 × 4.2	Zoomorphic pendant	Romon (2006)
GD-01-019*	Guadeloupe	Gare Maritime	0.51	7.9 × 7.9 × 6.1	Subspherical bead	Romon (2006)
GD-01-020*	Guadeloupe	Gare Maritime	0.06	4.2 × 4.2 × 2.1	Discoid bead	Romon (2006)
GD-02-003	Guadeloupe	Morel	14.2	43.5 × 18.5 × 14.5	Zoomorphic pendant	Durand (1987)
GD-02-028*	Guadeloupe	Morel	0.47	8.6 × 8.6 × 4.7	Bitronconic bead	Delpuech (1995)
GD-09-001*	Guadeloupe	Cathédrale Basse-Terre	1.78	19.7 × 13.2 × 6.4	Zoomorphic pendant	Bonnissent (2004)
MA-02-027	Martinique	Vivé	0.3	6.4 × 6.8 × 3.3	Discoid bead	Giraud (1999)
SM-02-033	Saint Martin	Hope Estate	0.1	5.6 × 5.2 × 3.1	Discoid bead	Henocq (1994)
SM-02-086	Saint Martin	Hope Estate	0.3	7.2 × 7.0 × 3.2	Discoid bead	Henocq (1994)

*Artifacts studied in detail in Bordeaux and Paris.

ments during two study missions to the Antilles (table 1).

Mineralogy. Sudoite is a phyllosilicate of the chlorite group, with a stacking of sheets (figure 2) formed of T-O'-T layers (T: layer composed of tetrahedra; O': layer composed of octahedra) separated by O layers (Brigatti et al., 2011). In the T-O'-T layers, the T layers are formed of (Si,Al)O₄ aluminosilicate tetrahe-

dra. They enclose a layer of octahedra whose vertices are O²⁻ anions or (OH)⁻ hydroxyl groups, while the octahedral center is occupied by a cation.

Sudoite, within the chlorite group, is one of the minerals of the di-trioctahedral subgroup (table 2). This implies that the octahedral cationic sites of the T-O'-T sheets are two-thirds (di-) occupied by trivalent cations, here Al³⁺, creating O' sites of the formula AlO₄(OH)₂. The octahedral cationic sites of the

Figure 2. Representation of the sudoite mineralogical structure, projected down the b-axis. Modified after the cookeite structure (Wikimedia Commons).

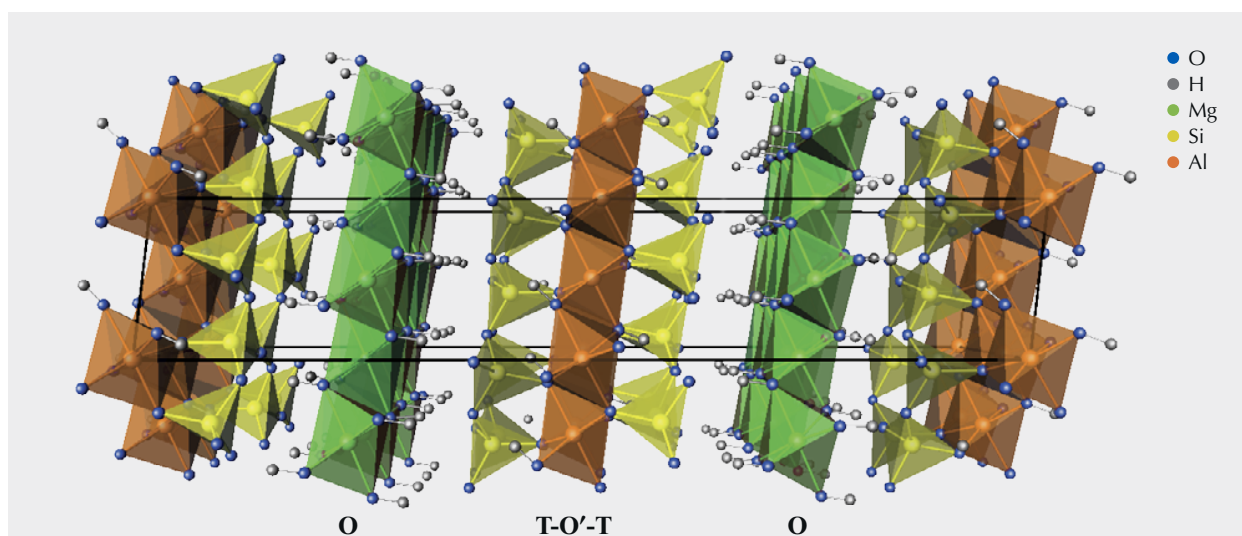


TABLE 2. Classification of the minerals from the chlorite group as a function of octahedral site composition (modified after Bailey, 1980).

Layer T-O'-T	Interlayer space O	Mineral name
Diocahedral	Diocahedral	Donbassite
Diocahedral	Triocahedral	Cookeite, sudoite
Triocahedral	Diocahedral	Unknown
Triocahedral	Triocahedral	Brunsvigite, chamosite, clinocllore, diabantite, penninite, ripidolite, sheridanite, thuringite

O sheets are occupied entirely (tri-) by bivalent cations Mg^{2+} , creating O sites of the formula $Mg_3(OH)_6$.

This structure and the cationic composition of the octahedral sites lead to a sudoite formula of $Mg_2Al_3Si_3AlO_{10}(OH)_8$. This ideal formula is somewhat different from the formulas derived experimentally, which always contain a variable but not negligible proportion of iron in substitution for aluminum at O' sites (e.g., Billault et al., 2002; Ruiz Cruz and de Galdeano, 2005).

METHODS

With the dual objective of confirming the characterization as sudoite and presenting a first series of gemological parameters for this material, several methods of gemological and mineralogical characterization were deployed on five archaeological objects (table 1), which were temporarily removed to Bordeaux, France. As for the objects that remained in their Caribbean curation site, mineralogical identification relied on portable Raman spectroscopy and basic observation.

The objects were observed with the unaided eye, using a 10× triplet loupe and a Leica Z16APO microscope, and photographed. Their dimensions were measured with an electronic caliper, and their mass and density were recorded using a hydrostatic balance (Mettler-Toledo XS104) or a conventional balance (Kern TAB 20-3) for objects that remained in the Caribbean. Whenever possible, the refractive index of the objects taken to France was measured using a spot reading method, despite the inherent difficulty of doing so on poorly polished objects. Ultraviolet (UV) luminescence was observed and photographed under short-wave (254 nm) and long-wave (365 nm) UV light (Vilber Lourmat VL-6LC, 6W per tube). We

examined the optic character of the more translucent artifacts using a GIA Gem Instruments polariscope.

Various complementary methods were applied to the objects when possible in order to confirm and refine our knowledge of this material. Raman microspectroscopy was the first method applied, being used routinely on all the archaeological objects studied in the project to characterize the lithic materials used by the Amerindians to produce ornamental objects in the Saladoid period. The five objects that could be taken to France were analyzed by a Bruker Senterra Raman microspectrometer equipped with a 532 nm laser, and a 1200-line diffraction grating resulting in a resolution of 3 to 5 cm^{-1} . The objects were analyzed repeatedly and at several locations on each sample with a 50× objective and a nominal laser power of 20 mW in order to confirm the representativeness of the measured signal. Four objects were analyzed at their place of storage in Martinique, Guadeloupe, and Saint Martin during a second phase of the project (table 1) using a portable Raman spectrometer. This Horiba Jobin-Yvon HE532 Raman microspectrometer was equipped with a fixed 920 lines/mm parabolic grating to record the signal in a fixed spectral window from 80 to 3300 cm^{-1} with a spectral resolution of about 5 cm^{-1} . The analyses were conducted using a long working distance 50× objective with a 532 nm laser whose power was modulated to about 10 mW on the sample.

Infrared spectroscopy was carried out in attenuated total reflection (ATR) mode using a Bruker Alpha spectrometer, measuring absorbance between 400 and 4000 cm^{-1} with a resolution of 4 cm^{-1} . In all, 48 scans were carried out to obtain a spectrum of sufficient quality, despite the difficulties encountered in positioning the objects and creating sufficient optical contact between the diamond crystal of the ATR and the archaeological artifact without damaging it.

The objects' mineralogical composition was confirmed by X-ray diffraction. The analyses were carried out using a Rigaku RU200BH X-ray generator, with the $K\alpha$ line of molybdenum ($\lambda = 0.709 \text{ \AA}$). Measurements were performed either in macrobeam (100 μm) in transmission (if the artifact was sufficiently thin) or in microbeam (30 μm) in low-angle ($\sim 5^\circ$) reflection configuration (figure 3). The diffraction image was recorded and stored on a photostimulated image detector. After scanning, the image was converted to a 2 θ diagram using Fit2D software (Hammersley, 2016). Using Bruker's Diffrac-EVA software, the diagram was then compared to reference databases from the International Centre for Diffraction Data (ICDD) (Gates-Rector and Blanton, 2019).

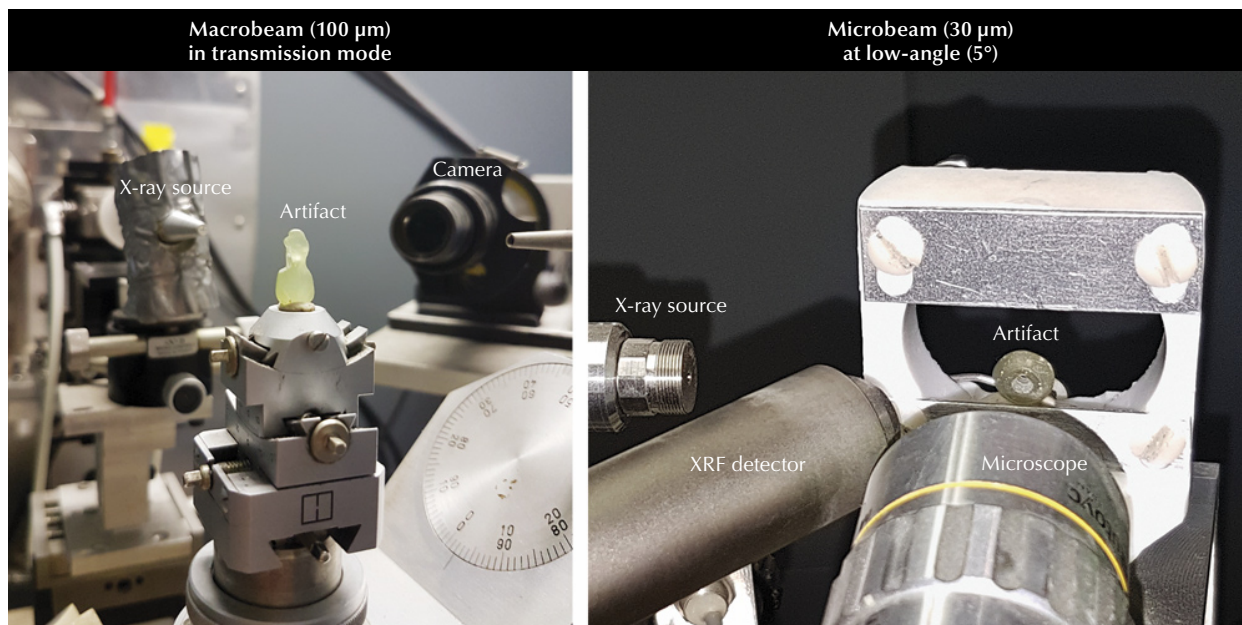


Figure 3. Photographs of macrobeam (left) and microbeam (right) X-ray diffraction setups. The X-ray photo-stimulated detector is not visible in these images. Photos by Eddy Foy.

A portable energy-dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) spectrometer allowed qualitative and semi-quantitative characterization. These analyses were carried out using a Bruker Tracer 5i spectrometer, set at 15 kV, 100 μ A, 300 s, with a 28 micron aluminum filter to remove the L-lines from the rhodium X-ray tube. Since the artifacts did not systematically cover the whole measurement window, and their thickness was variable, the measured signal of all samples was normalized at 11 keV. Finally, to ensure that certain lines did not come from the measuring device itself, a Teflon pellet was analyzed with the same device, since this material is supposed to contain only elements that cannot be measured by X-ray fluorescence. This Teflon measurement was carried out without a filter so that the L lines of rhodium could be clearly distinguished.

For quantitative analysis, the objects were analyzed by scanning electron microscope coupled with energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDS) in a JEOL IT500HR microscope (FEG source). The SEM images and EDS spectra were acquired without carbon coating in a low-vacuum mode (here 40 Pa). The images were acquired with a backscattered electron detector, while the EDS analysis was performed with two Oxford Ultimex 100 detectors at 20 kV for 30 s, producing spectra with 4.0–4.5 million counts. The chemical quantifications by SEM-EDS in atomic % were converted into atoms per formula unit, normalized to an anionic composition of $O_{10}(OH)_8$ so that they could easily be compared with the chemical for-

mulae known in the literature, both the theoretical formula of the mineral and those measured on natural samples (Bailey and Lister, 1989; Ruiz Cruz and de Galdeano, 2005). The results were also normalized to an anionic composition of $O_{10}(OH)_2$ for comparison with illite. To estimate the volume analyzed, Monte Carlo simulations were conducted in the Casino V2 program (Drouin et al., 2007) using the current (20 kV), matrix composition (Mg, Al, Si, O), and specific gravity (2.65) as parameters.

Two spectrometers were used to obtain the UV-Vis-NIR absorbance spectra of the archaeological objects: a Magilabs GemmoSphere and a PerkinElmer Lambda 1050 equipped with a 3D accessory and an integrating sphere. Measurements with the first instrument provided limited resolution and spectral range (approximately 1.3 nm from 365 to 1000 nm), while the second instrument allowed a resolution of 1 nm in the spectral range from 2300 to 300 nm but required a specific assembly with an accurate placement of the sample upstream of the integrating sphere.

For fluorimetry, we used a Horiba Fluorolog 3. After measuring an emission spectrum with an excitation light set at 420 nm, at a resolution of 1 nm, we obtained an excitation spectrum for the most luminescent object, also at a resolution of 1 nm. In addition, we obtained 3D luminescence spectra, which represent a series of emission spectra (along the x-axis) obtained for a regular sequence of excitation wavelengths (along the y-axis). These 3D spectra

TABLE 3. Gemological characteristics of the sudoite samples.

Inventory no.	Color	Opacity	Specific gravity	Refractive index	Long-wave UV luminescence Intensity and color
GD-01-017	Light gray	Translucent	2.625	~1.55	Weak green
GD-01-019	Medium gray-green	Translucent	2.433	1.50–1.60	Inert
GD-01-020	Light gray to dark green	Opaque	2.244	—	Weak green
GD-02-003	Medium dark grayish green	Translucent	—	—	—
GD-02-028	Light gray to dark grayish green	Translucent	2.583	—	Inert
GD-09-001	Light brown to medium dark grayish green	Opaque	2.645	~1.55	Moderate green-yellow
MA-02-027	Light to medium dark grayish brown	Translucent	—	—	—
SM-02-033	Very light gray	Translucent	—	—	—
SM-02-086	Light grayish green	Translucent	—	—	—

Some samples were not measured due to their location in the Antilles or their poor polish.

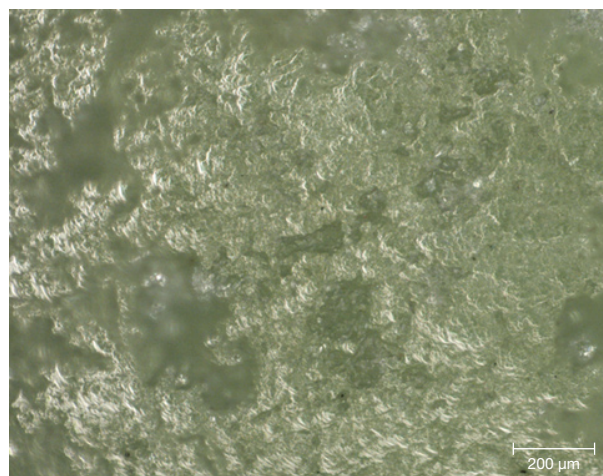
thus illustrate the variation of the emission within the range of possible excitation wavelengths.

RESULTS

Gemological Properties. Standard gemological observations and measurements were carried out (table 3). Some parameters could be measured only for objects that could be studied outside their place of conservation. The samples here show a certain diversity in terms of opacity and specific gravity. On the other hand, they are all polycrystalline and therefore always appear bright between crossed polarizers; their color is rather homogeneous. Observations revealed a laminated structure, identifiable in some curvatures of the object, where these intersect the main plane of lamination (figure 4). Despite the difficulties in determining the refractive index with a refractometer because of the shape and poor polish of the surface of these archaeological objects, three values between 1.50 and 1.60 were observed, consistent with the values given for chlorite-group minerals, which range between 1.56 and 1.68 (Albee, 1962). Albee (1962) also specifies that a relative decrease in the refractive index is expected when the filling rate

of octahedral sites decreases and the magnesium content increases relative to that of iron. In the presence of a di-trioctahedral member of the chlorite group, containing almost only magnesium, it is therefore

Figure 4. This image of the surface of artifact GD-01-017 shows the laminar texture of the material. Photomicrograph by Alain Queffelec.



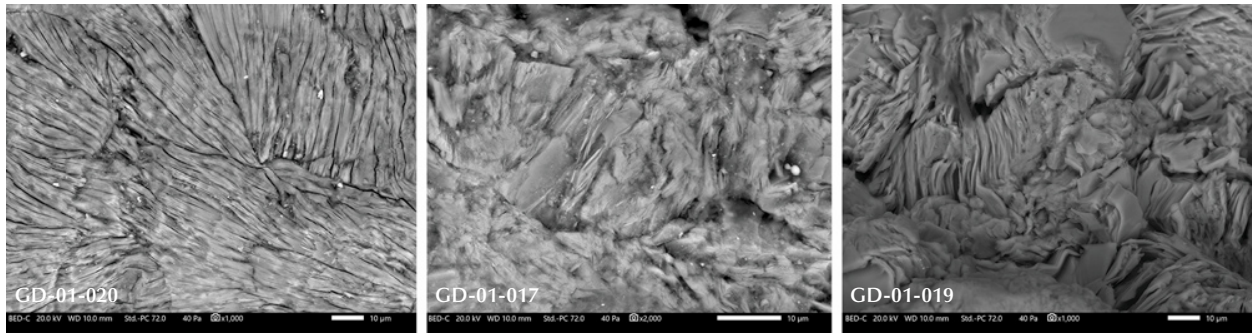


Figure 5. SEM-BSE images of the structure of sudoite, typical for a phyllosilicate (artifacts GD-01-020, GD-01-017, and GD-01-019). Images by Yannick Lefrais.

logical to observe low values in the reported range. No reactions to gemological filters (Chelsea or Haneman) were noted, and no specific absorption was visible with a handheld spectroscope.

High-Magnification Observation. Backscattered electron (BSE) images acquired by SEM confirm the lamellar structure of the artifacts (figure 5). They also reveal alternating lighter and darker lamellae in some areas of some artifacts (figure 6). This change of grayness level indicates a slight change in chemical composition, with the lighter sheets incorporating heavier elements. Finally, the whole surface of the artifact GD-01-020 shows multidirectional

groups of sub-parallel lamellae (figure 5, left) that are not observed in the other samples, where lamellae are poorly organized at a larger scale.

X-Ray Diffraction and Phase Analysis. The diffraction patterns demonstrate the polycrystallinity of the samples and a varying degree of preferential orientation (figure 7). When compared to the PDF2-ICDD crystallographic database, X-ray diffraction clearly confirms the attribution of this material to the chlorite group, and to sudoite in particular (figure 8). The distinction between sudoite and clinocllore is not easy to make by XRD analysis alone, as noted by Bailey and Lister (1989). Three characteristics of the dif-

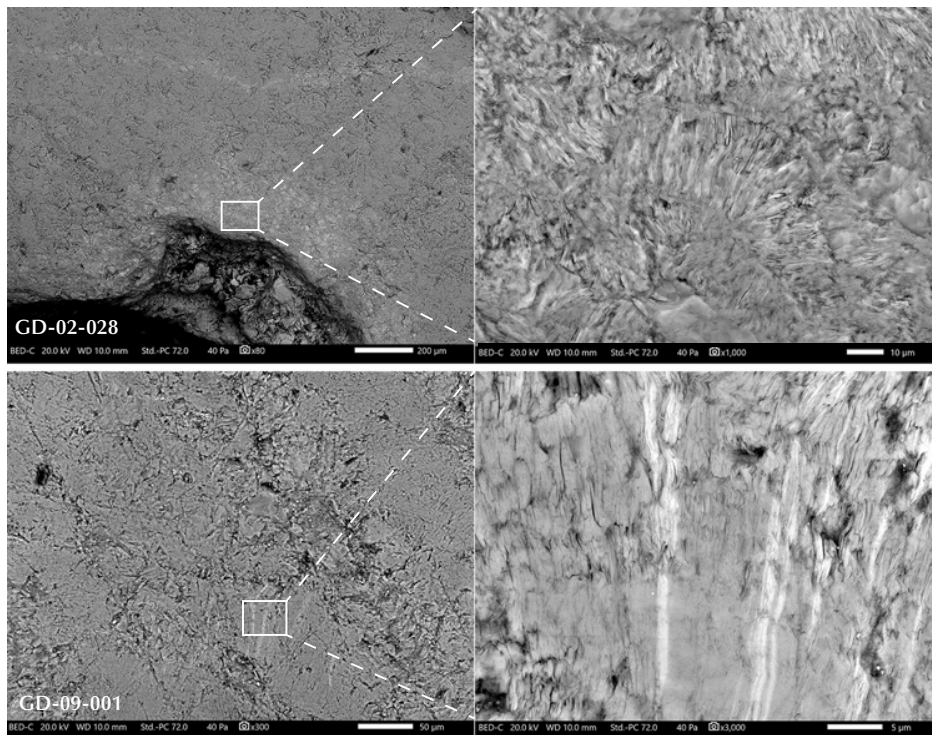


Figure 6. SEM-BSE images show lighter sheets in areas of some artifacts, revealing slight changes in the chemical composition toward heavier elements (artifacts GD-02-028 and GD-09-001). Images by Yannick Lefrais.

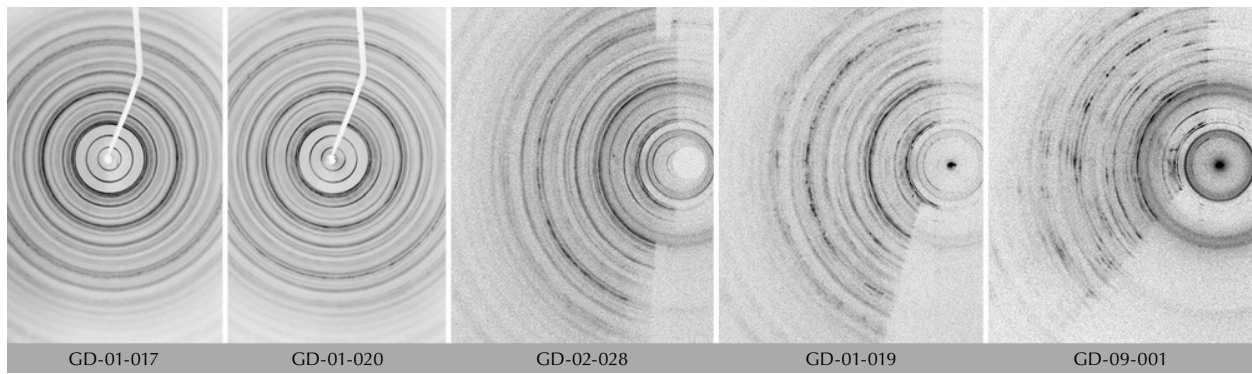


Figure 7. Diffraction patterns (from image plate) obtained in transmission (GD-01-017 and GD-01-020) and low-angle reflection mode (GD-01-019, GD-02-028, and GD-09-001). The observation of complete Debye-Scherrer rings rather than just dots demonstrates the polycrystalline character of the samples, including some preferential orientation leading to darker points.

fraction pattern are mentioned: smaller $d(060)$ values for sudoite (listed as 1.515 Å in table 4 of their work) than clinochlore (1.52–1.56 Å), a $d(001)$ value “slightly smaller” for sudoite, and a “more intense”

peak for the (003) reflection (observed near 4.70 Å) in the sudoite pattern. As for our artifacts, we were able to measure $d(060)$ values of 1.518 Å (GD-01-017), 1.509 Å (GD-01-019), 1.515 Å (GD-01-020), 1.507 Å

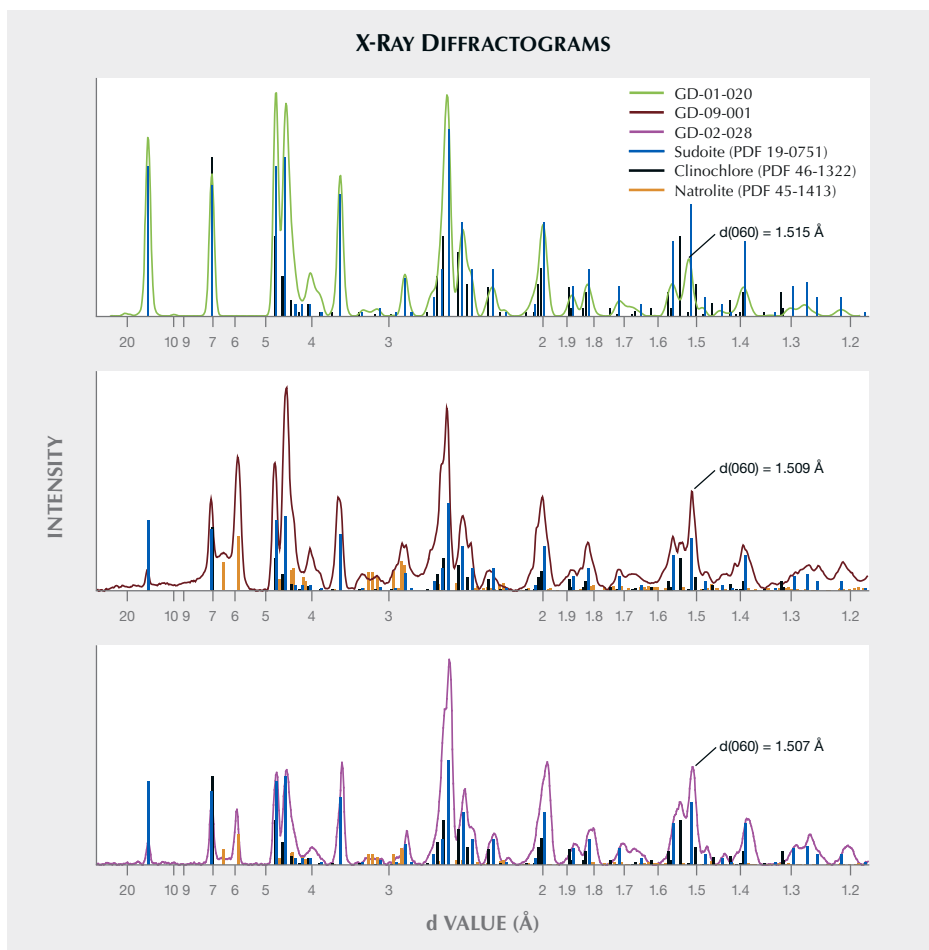


Figure 8. Diffractograms obtained on three of the five Amerindian artifacts, in transmission or low-angle mode. Sudoite diffraction pattern PDF 19-0751 fits better than clinochlore, especially for the $d(060)$. Note the presence of natrolite in different proportions. Note also that the x-axis is logarithmic.

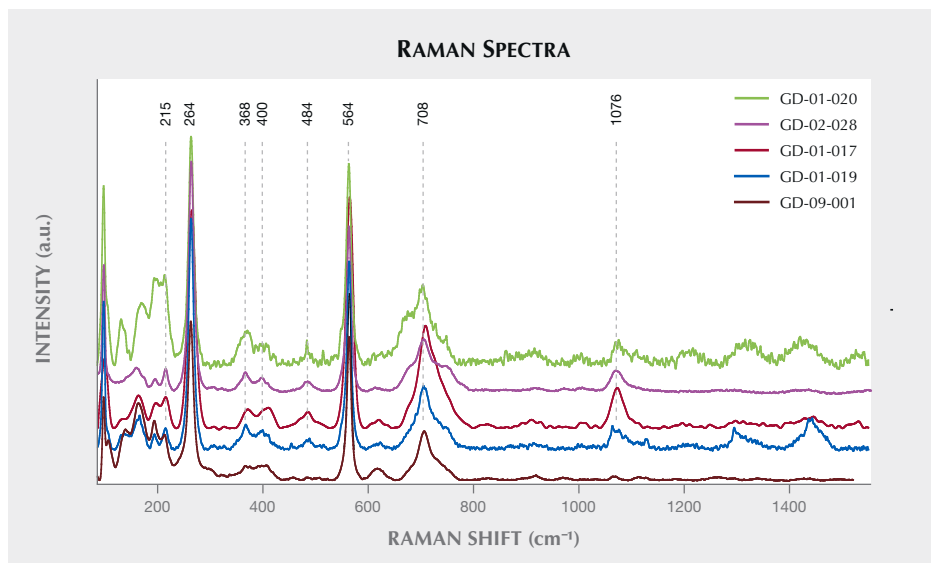


Figure 9. Raman spectra showing the consistency of the measurements from different samples. Spectra are offset vertically for clarity.

(GD-02-028), and 1.509 \AA (GD-09-001). We also observed a very intense (003) reflection in most samples, but our measurements were obtained on massive samples and not powder, so the relative intensity of the peaks cannot be considered representative. Therefore, the data obtained strongly suggest identification of sudoite, and the presence of accessory clinocllore may explain some shoulders and the peak at 1.535 \AA (e.g., sample GD-09-001).

This X-ray volume probes a larger volume than the very small volume excited by the laser in Raman microspectroscopy. This resulted in the identification of an additional mineral for three of the samples (GD-01-019, GD-02-028, and GD-09-001), namely natrolite $\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, which is a mineral of the zeolite family (figure 8). Natrolite was not identified at the microscopic scale with Raman spectroscopy (figure 10B). The proportion of this mineral, which is highly variable, is difficult to estimate without a Rietveld refinement, which cannot be achieved with our mode of measurement.

Vibrational Spectroscopy. Raman spectroscopy, the only method applied to all the artifacts presented in this study, illustrates the homogeneity of the composition of these different lapidary objects (figure 9). These results were obtained with desktop equipment on five artifacts. The other four objects were identified as made of the same material, with analysis carried out in museums and other curatorial sites using a portable Raman spectrometer (not shown). A very good agreement can be observed between our results and the only published spectrum for the mineral sudoite (Reynard et al., 2015) (figure 10A), with a cor-

respondence of peak positions not observed with the more common mineral of the chlorite family, clinocllore (figure 10B). Sudoite is positively identified through sharp and intense bands at 264 and 564 cm^{-1} . The bands located between 3300–3600 cm^{-1} and 3600–3800 cm^{-1} originate from vibrations of the Al-OH and (Mg, Fe)-OH bonds, respectively (Reynard et al., 2015). Analyzing multiple points on the surface of the archaeological artifacts led to the recognition of rare clinocllore grains, which are probably accessory minerals (as already suggested by XRD characterization), and also of some gypsum, probably the result of pollution on the surface of the samples, which were excavated from coastal sediments.

Infrared spectroscopy (figure 11) confirmed the attribution of the material to the di-trioctahedral chlorite group based on the spectral features in the region of the hydroxyl bond vibrations: The band at 3584 cm^{-1} originates from vibrations of the (Mg, Fe)-OH bonds, while the presence of two wide bands in the 3300–3500 cm^{-1} region is interpreted as two different OH-O distances in the interlayer hydroxyl sheets and thus distinctive of the di-trioctahedral structure (Farmer, 1974; Shirozu and Ishida, 1982; Madejová et al., 2017). The characteristic splitting of the Si-O stretching band around 1000 cm^{-1} in clinocllore, which is absent from our measurements, also supports the identification as sudoite (Madejová et al., 2017). Because of the shape and fragility of the objects, some spectra were difficult to obtain, particularly for the small bead GD-01-020. Comparison with spectra from the literature shows a shift of the main bands in the 400–1200 cm^{-1} region by approximately 30 cm^{-1} . The sharp band at 830 cm^{-1} , attrib-

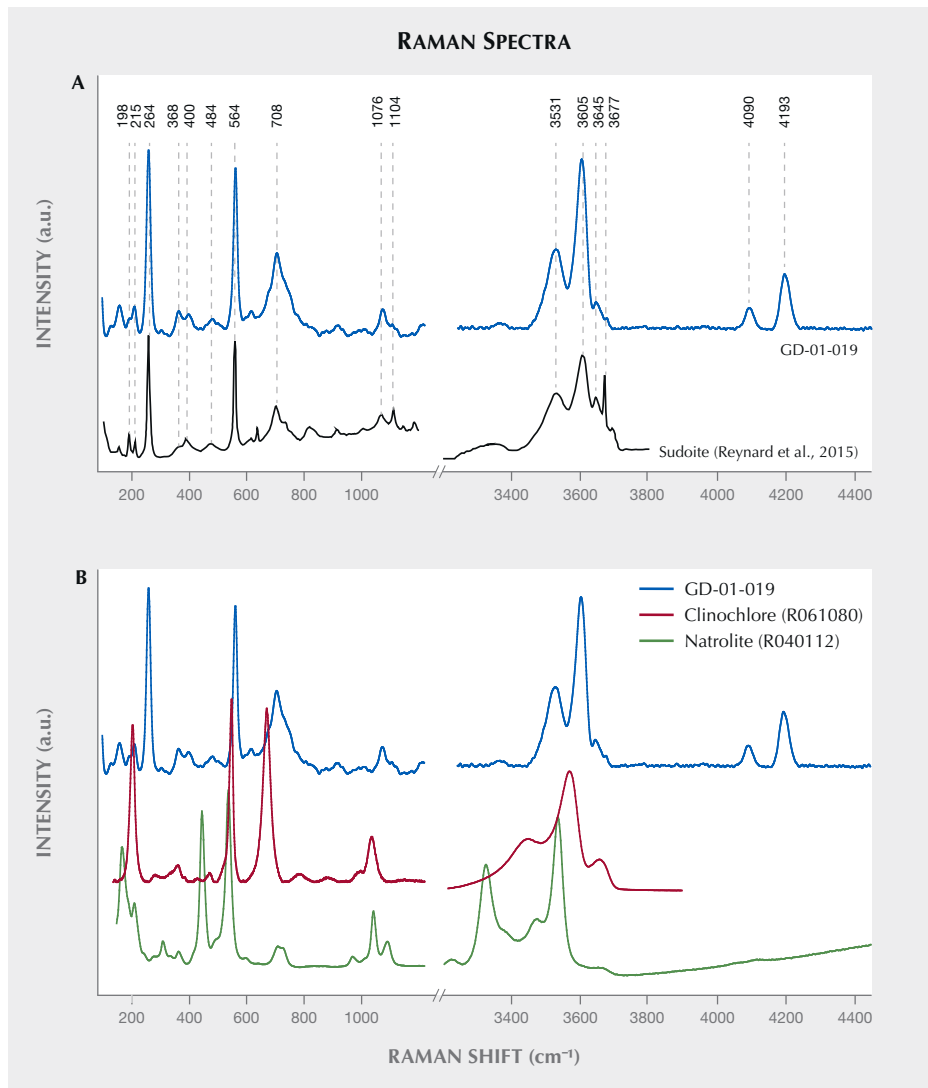


Figure 10. A: Comparison between the Raman spectra obtained on artifact GD-01-019 and the sudoite spectrum determined by Reynard et al. (2015, figure 1). B: Comparison between the Raman spectra obtained on artifact GD-01-019 and reference spectra for clinocllore and natrolite from the RRUFF database (Lafuente et al., 2016). Spectra are offset vertically for clarity.

uted to the (SiAl)OOH bond (Farmer, 1974), however, shows agreement between our experiment and the literature and therefore seems to rule out measurement artifacts. Discrepancies between the data from the literature and our measurements for the archaeological artifacts remain to be explained.

Chemical Characterization. A high degree of chemical homogeneity was observed in EDXRF analysis (figure 12). The major elements are clearly Mg, Al, and Si, consistent with the formula of sudoite, especially taking into account the low efficiency expected for light elements with this method. We also noted the presence of impurities such as P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Fe, and Zn, as well as very low contents of Mn and Ga. The argon (Ar) peak is an artifact related to air in the measured volume.

SEM-EDS analyses provide quantification in good agreement with the theoretical composition of sudoite (table 4) and with the published chemical compositions for different sudoite samples from around the world (table 5). Comparative chemical analysis of the light and dark laminae observed in the BSE image shows a higher potassium and/or barium content, correlated with a decrease in magnesium for the light gray sheets (table 6). The balance of charges, modified by potassium (1+) instead of magnesium (2+), is compensated by a decrease in aluminum (3+) in favor of silicon (4+). The composition of the light gray sheets could approach a mixed composition between sudoite and illite, which would be consistent with the possible presence of illite, a mineral often associated with sudoite (Billault et al., 2002; Ruiz Cruz and de Galdeano, 2005). Mixed layers of sudoite with other phyllosili-

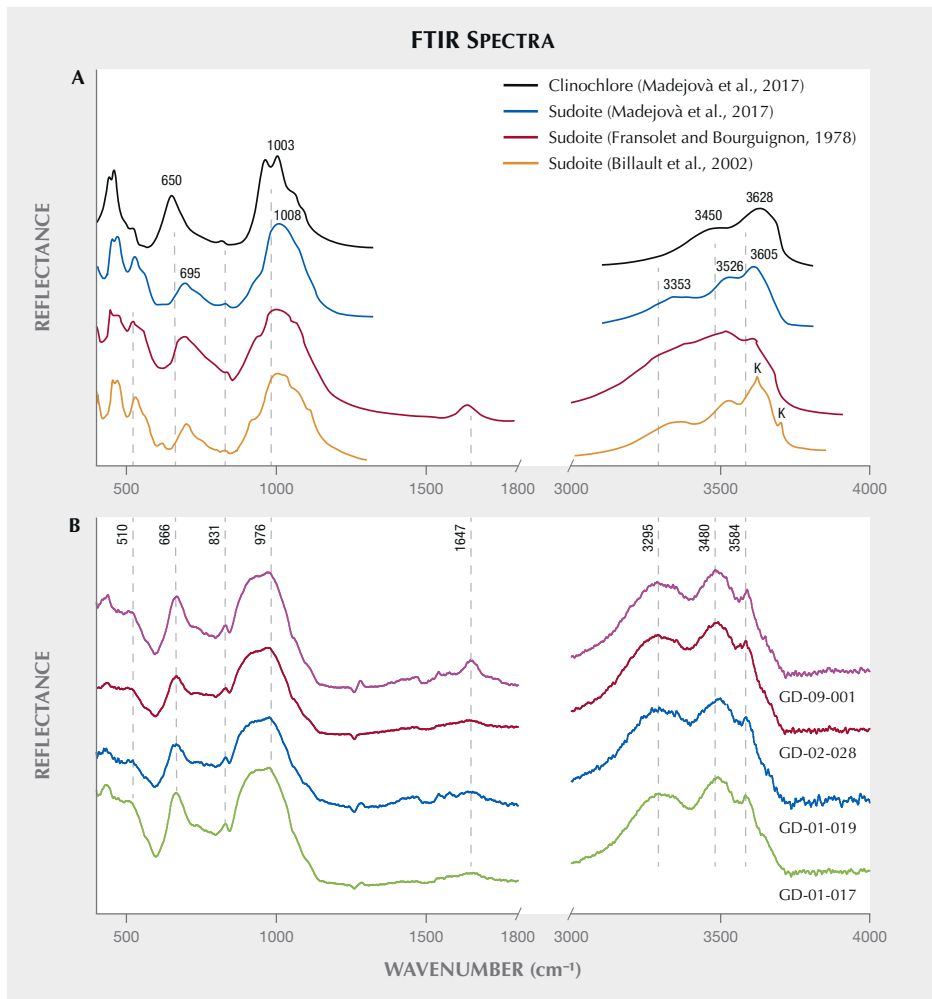


Figure 11. Clinocllore and sudoite FTIR spectra reported in the literature (A) and measured ATR-mode spectra from archaeological artifacts (B). K represents kaolinite (Billault et al., 2002). Spectra are offset vertically for clarity.

catites have been observed in Transmission electron microscope (TEM) analysis (Ruiz Cruz and de

Galdeano, 2005). However, the observation and measurement parameters used during the SEM analysis, op-

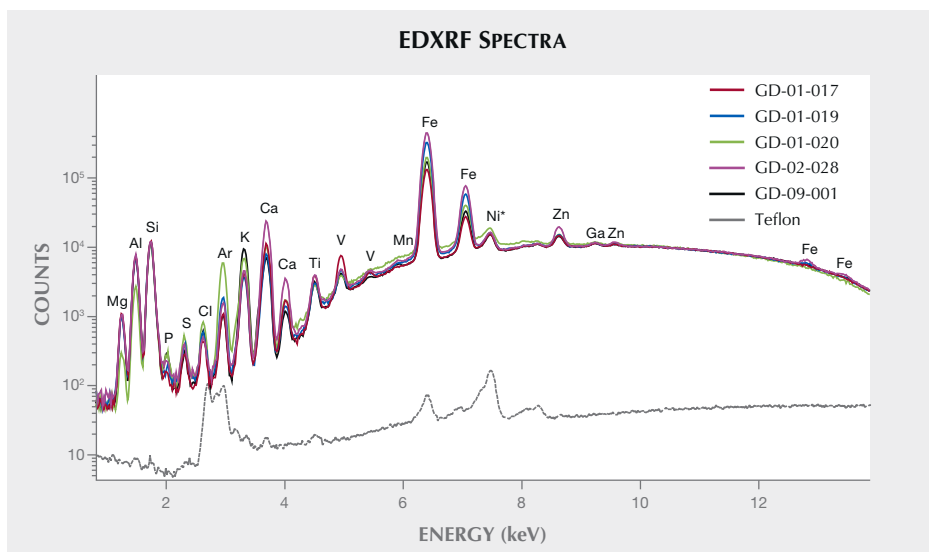


Figure 12. EDXRF spectra obtained on the five exported artifacts with identified peaks. The lower spectrum is for Teflon, measured as a blank. The Ni peak labeled with an asterisk is from the device. The intensity is displayed in logarithmic scale for better clarity of the entire signal, especially for the light elements.

TABLE 4. Chemical composition for different sites on each sudoite artifact, measured with SEM-EDS (SD standard deviation on three measurements) under low-vacuum conditions.

Measurement site	O+OH	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Sr	Ba	
GD 02-028/Site 1	Mean	18	0.04	1.88	3.78	3.04	0.01	bql	bql	0.04	0.01	bql	bdl	bdl	0.19	bdl	bdl
	SD	—	0.01	0.05	0.02	0.04	<0.01	—	—	0.01	0.01	—	—	—	0.01	—	—
GD 02-028/Site 2	Mean	18	0.04	2.47	3.42	2.55	0.01	0.01	bql	0.21	0.02	bdl	bdl	bql	0.25	0.01	0.01
	SD	—	0.01	0.16	0.04	0.05	<0.01	<0.01	—	0.07	0.01	—	—	—	0.02	0.01	0.01
GD 01-019/Site 1	Mean	18	0.02	1.68	3.44	3.63	0.01	bql	0.01	0.05	0.03	bql	bdl	bdl	0.12	bdl	bdl
	SD	—	0.01	0.07	0.10	0.15	<0.01	—	<0.01	0.02	0.01	—	—	—	<0.01	—	—
GD 01-019/Site 3	Mean	18	0.03	1.98	3.72	3.02	0.02	0.01	bql	0.02	0.02	bql	bdl	bdl	0.16	bdl	bdl
	SD	—	0.00	0.13	0.07	0.05	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	—	—	—	0.01	—	—
GD 01-020/Site 1	Mean	18	0.08	1.55	3.37	3.60	0.04	0.01	0.02	0.12	0.10	0.01	bdl	bdl	0.11	bdl	bdl
	SD	—	0.02	0.13	0.18	0.21	0.01	<0.01	0.01	0.03	0.03	<0.01	—	—	<0.01	—	—
GD 01-020/Site 2	Mean	18	0.05	1.80	3.60	3.24	0.02	bql	0.01	0.12	0.04	bdl	bdl	bdl	0.12	bdl	bdl
	SD	—	0.02	0.08	0.09	0.08	0.01	—	0.01	0.03	0.01	—	—	—	0.01	—	—
GD 01-017/Site 1	Mean	18	0.02	1.97	3.82	3.07	0.01	0.01	bql	0.05	0.01	bql	bql	bdl	0.05	bdl	bdl
	SD	—	<0.01	0.04	0.02	0.03	<0.01	<0.01	—	0.02	<0.01	—	—	—	<0.01	—	—
GD 01-017/Site 2	Mean	18	0.02	1.93	3.75	3.10	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	bql	bql	bdl	0.06	bdl	bdl
	SD	—	<0.01	0.04	0.03	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	—	—	—	0.01	—	—
GD 09-001/Site 1	Mean	18	0.02	1.90	3.80	3.08	0.01	0.01	0.01	0.07	0.02	bql	bdl	bdl	0.08	bdl	bdl
	SD	—	<0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	—	—	—	<0.01	—	—
GD 09-001/Site 3	Mean	18	0.03	1.71	3.74	3.20	0.02	0.01	0.01	0.17	0.03	bql	bdl	bdl	0.08	bdl	bdl
	SD	—	0.01	0.13	0.06	0.08	0.02	—	0.01	0.08	0.02	—	—	—	0.03	—	—

Values in atoms per formula unit normalized to an anionic composition of $O_{10}(OH)_6$. bql = below quantification limit. bdl = below detection limit (<0.01 atom %).

timized for well-focused images of the structure in low-vacuum conditions, did not make it possible to measure only the very thin light gray sheets. Indeed, Monte Carlo simulations indicate that the volume analyzed would be 3–4 μm wide and 3.0–3.5 μm deep.

The natrolite phase, identified by X-ray diffraction in samples GD-09-001, GD-02-028, and GD-01-019, was not identified during the SEM analysis, based on either morphological or chemical data. A few massive grains, lacking any sheet structure, were analyzed, revealing a slightly different chemistry. They

were richer in sodium and silicon, with less magnesium and aluminum, but still far from the composition of natrolite (table 5). The analyzed volume given the parameters used (3–4 μm wide and 3.0–3.5 μm deep), being unfortunately larger than the grains themselves (1.0–1.5 μm), prevents us from being conclusive about this. Nevertheless, those grains were very few in number in the artifacts and do not seem to explain the significant diffraction peaks for this mineral phase when present. It is, however, possible that a more in-depth examination of the artifacts ex-

TABLE 5. Mean composition of the archaeological assemblage, compared with the theoretical composition of sudoite (from IMA), with the experimental composition from the literature (Bailey and Lister, 1989; Ruiz Cruz and de Galdeano, 2005), and with theoretical clinochlore and natrolite.

		O+OH	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Mn	Fe
Archaeological samples	Mean	18	0.03	1.90	3.65	3.15	0.08	0.03	bql	0.12
	SD	—	0.02	0.24	0.18	0.30	0.06	0.03	—	0.06
Theoretical sudoite		18		2	4	3				
Mean (Bailey and Lister, 1989)		18	0.07	1.81	3.81	3.11	0.06	0.08	0.02	0.14
SD		—	0.07	0.34	0.26	0.15	0.06	0.05	0.01	0.12
Mean (Ruiz Cruz and de Galdeano, 2005)		18	0.12	1.80	3.82	3.10	0.05	bql	bql	0.25
SD		—	0.09	0.17	0.04	0.08	0.02	—	—	0.04
Theoretical clinochlore		18		5	2	3	—	—	—	—
Theoretical natrolite		12	2		2	3	—	—	—	—

Values in atoms per formula unit normalized to an anionic composition of $O_{10}(OH)_8$. bql = below quantification limit.

hibiting natrolite by XRD could reveal the distribution and structure of this zeolite mineral.

Origin of Color and UV Luminescence. The visible absorption spectra show a continuum of absorption in the violet and the blue; a very wide, shallow transmission band in the green; and absorption rising in the orange and red that is sample-dependent but always greater than in the green (figure 13A). This ex-

plains the observed overall green color component in these objects, as described by Fransolet and Bourguignon (1978). The spectra obtained are also quite close to those of other chlorite group minerals analyzed in the literature (Bishop et al., 2008), although it is not clear whether the Fe^{2+} - Fe^{3+} charge transfer is involved with the bands delimiting the transmission window. The relatively sharp band at 375 nm (26666 cm^{-1}) could be attributed to 4E(D) spin-forbidden

TABLE 6. Composition of the lighter sheets observed on the backscattered electron image (figure 6), compared to the composition of the illite sheets analyzed by Ruiz Cruz and de Galdeano (2005).

Measurement location	Spectra	O+OH	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Ba
GD-02-028/Site 2	6	12	0.04	0.50	2.67	2.37	0.55	0.03	0.06	0.04
GD-02-028/Site 2	7	12	0.04	0.59	2.65	2.33	0.51	0.03	0.07	0.03
GD-09-001/Site 4	42	12	0.01	0.73	2.43	2.63	0.39	0.01	0.03	bdl
GD-09-001/Site 4	43	12	0.01	0.67	2.42	2.69	0.42	0.01	0.03	bdl
Mean illite (Ruiz Cruz and de Galdeano, 2005)	—	12	0.26	0.13	2.65	3.27	0.65	—	0.06	—
Standard deviation	—	—	0.21	0.05	0.16	0.12	0.19	—	0.03	—

Values in atoms per formula unit normalized to an anionic composition of $O_{10}(OH)_2$. bdl = below detection limit (< 0.01 atom %).

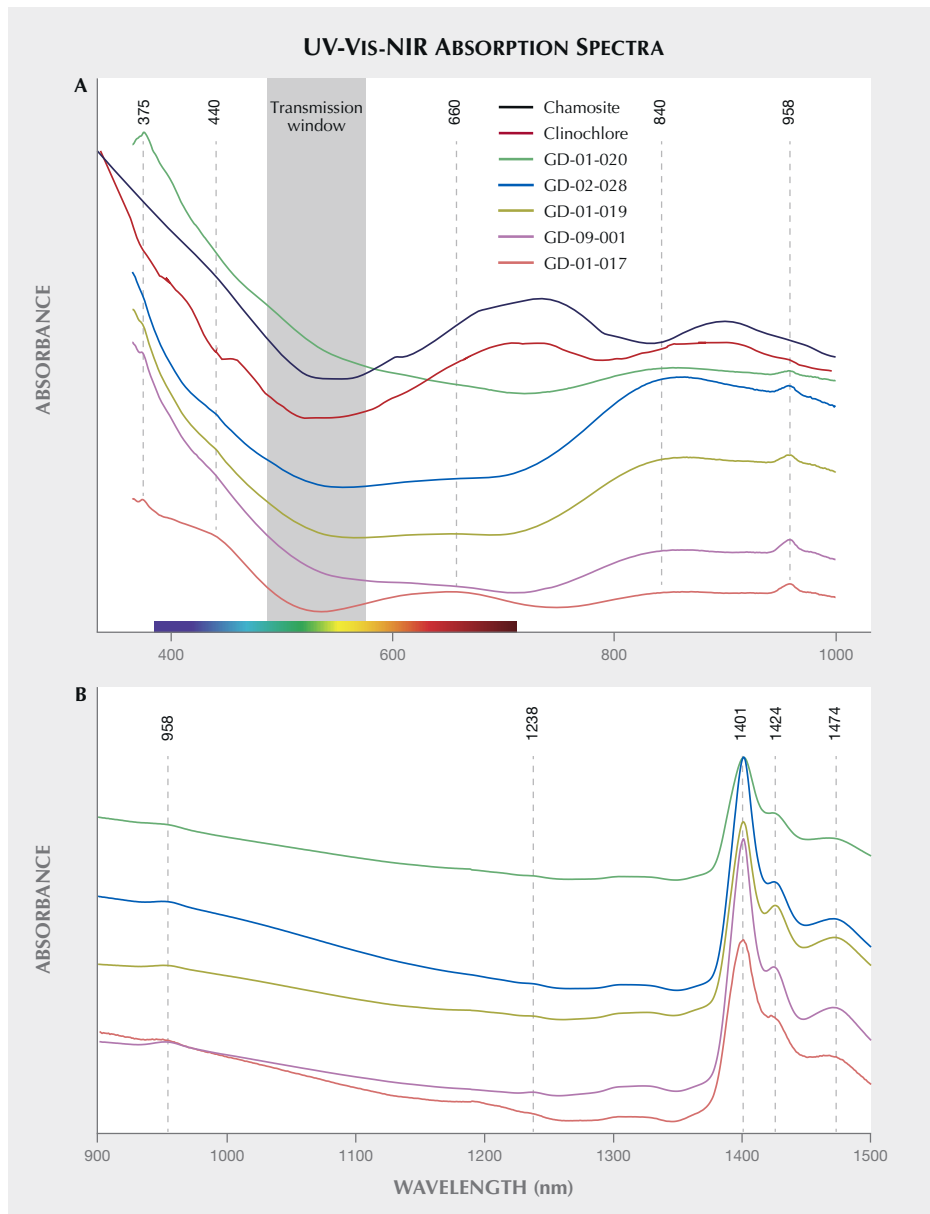


Figure 13. UV-Vis-NIR absorption spectra measured on the archaeological samples with the GemmoSphere instrument (A) and the Perkin Elmer instrument (B). The spectra for clinochlore and chamosite are from Bishop et al. (2008, figure 6). Spectra are offset vertically for clarity.

transitions of isolated Fe^{3+} (Krebs and Maisch, 1971; Palanza et al., 2010). The continuum from the UV into the visible region is thus likely related to the $\text{O}^{2-}\text{-Fe}^{3+}$ charge transfer, and it explains the brownish yellow color component in some samples. The wide bands around 440 and 660 nm vary together, and may correspond with the position of the bands of V^{3+} absorption as proposed for vanadium-doped glass by Johnston (1965, figure 1) and Wang et al. (2015). They are indeed the most important for the samples containing the most vanadium (figure 12 and table 4). While the $\text{Fe}^{2+}\text{-Fe}^{3+}$ transitions could also have been a candidate for one of these bands, the variation in

intensity of the broad absorption bands does not correlate with the concentration levels of this element, and their position is not similar to the band reported in the literature at around 710 nm (14100 cm^{-1}) for chlorite (Mattson and Rossman, 1987). However, Mattson and Rossman (1987) also indicate that the position of absorption bands due to $\text{Fe}^{2+}\text{-Fe}^{3+}$ charge transfer is highly variable. It is interesting to note that the value of 710 nm would, on the other hand, correspond very well to wide bands observed in clinochlore and chamosite, two other minerals from the chlorite group. The wide band in the near-infrared, around 830–850 nm and extending well into



Figure 14. Luminescence of the sudoite samples under short-wave (top) and long-wave (bottom) UV light. Photos by Alain Queffelec.

the visible range, could be attributed to Fe^{2+} in octahedral position (Spinolo et al., 2007), its intensity correlating with the iron content observed using EDXRF (figure 12) and SEM-EDS (table 4). Thus the transmission window is essentially due to iron: on the UV side essentially by the $\text{O}^{2-}\text{-Fe}^{3+}$ charge transfer, and on the red side by Fe^{2+} , with modulation by some V^{3+} .

Finally, water vibrations explain the 958 nm band, as well as absorptions at 1424 and 1474 nm (figure 13B), while O-H bond stretching corresponds to the 1401 nm band (Hunt, 1977; Clark et al., 1990; Clark, 1999; Bishop et al., 2008). These absorption bands could also be interpreted as the water vibrations in the natrolite structure because of their similarity with the spectra obtained by Clark et al. (1990) for this mineral. The absorptions between 1400 and 1500 cm^{-1} are actually the most intense for samples GD-01-019, GD-02-028, and GD-09-001, which are the three samples exhibiting the most intense natrolite X-ray diffraction peaks.

Figure 14 and table 3 group the ultraviolet luminescence observations. Under short-wave UV light, none of the five objects tested show significant luminescence. Under long-wave UV light, three of the five objects tested are homogeneously luminescent, with

low to moderate intensity, and show a green to green-yellow color. None show any phosphorescence.

Since the strongest long-wave UV luminescence was observed for samples GD-09-001 and GD-01-017 (figure 14), these two artifacts were also subjected to spectrofluorimetric measurements (figure 15). Note that it is indeed the two samples with the lowest iron content that show this luminescence, as is often the case due to the luminescence quenching character of iron, linked to the $\text{O}^{2-}\text{-Fe}^{3+}$ charge transfer (Fritsch and Waychunas, 1994). The emission spectrum with 420 nm excitation is very similar for the two artifacts (figure 15, A and B), suggesting a common origin. The spectrum is asymmetrical, wider on the red side, with probably several components. The maximum is located around 525 nm in the green. Yet the emission covers the entire visible spectrum, inducing a whitish color appearance. The greater sensitivity of the human eye to green wavelengths than blue wavelengths, combined with the color of the object itself that may be seen through the luminescence, results in an observed luminescence color of green-yellow. The 3D spectra obtained on the most luminescent object, GD-09-001, indicate that the luminescence reaches a maximum at 435 nm. Wavelengths lower than 420 nm could not be tested because the measured emission spectrum

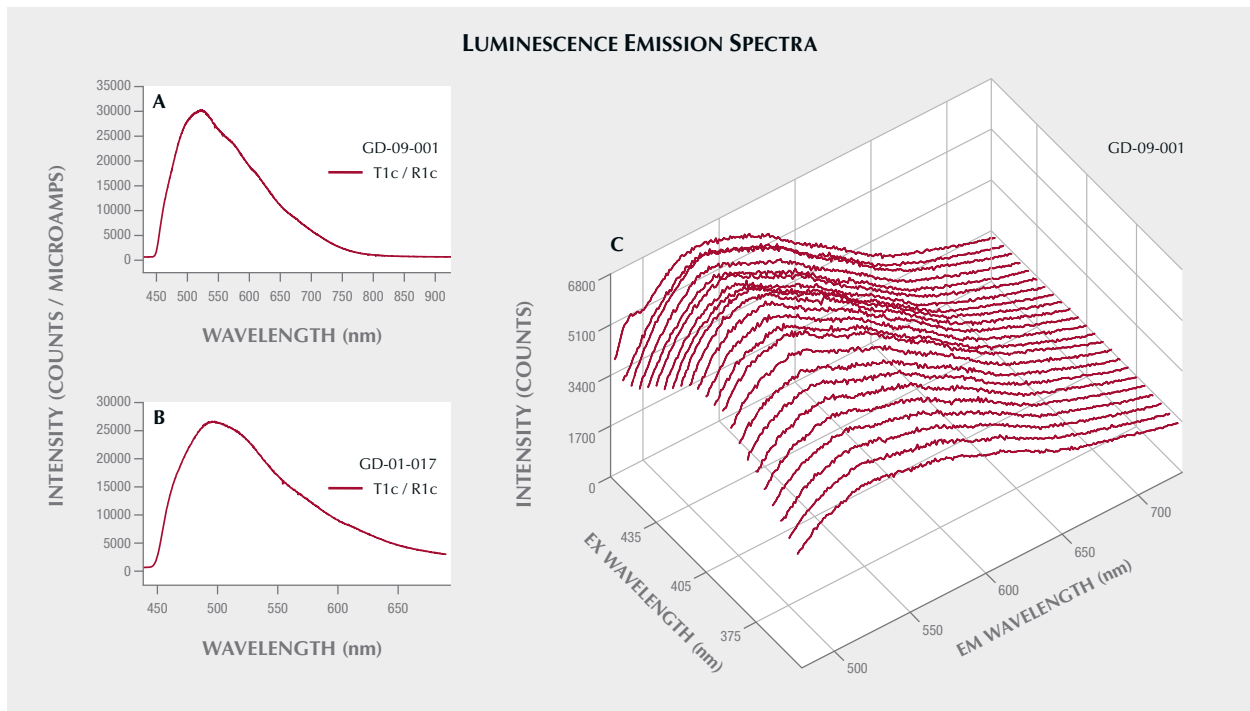


Figure 15. A and B: Luminescence emission spectra with 420 nm excitation for GD-09-001 and GD-01-017, respectively. (T1c/R1c is the corrected intensity measured by the detector normalized to the corrected intensity of the emission source.) C: 3D luminescence spectra emitted by GD-09-001 for different excitation wavelengths.

starts at that point. The same 3D spectra were obtained for GD-01-017 (not shown), and the results were similar. This excitation maximum at 435 nm is somewhat reminiscent of the absorption maximum observed around 440 nm in UV-Vis-NIR spectroscopy, potentially attributed to vanadium. It is also the samples richest in vanadium that show the strongest absorption bands at 440 and 850 nm and exhibit this luminescence, but V^{3+} is not a common emitter and there are many other possibilities, such as a color center or another trace element ion. Although there are several emissions known for chlorites, the only cause of emission explicitly identified is Cr^{3+} (Gaft et al., 2005; Czaja et al., 2014).

DISCUSSION

Importance of the Multi-Analytical Approach. The identification of sudoite large enough to be carved deserves certain analytical efforts in order to unambiguously confirm its mineralogical nature. To this end, several types of analysis (physical, chemical, and structural) have been cross-matched. A more common mineral from the chlorite group, whose similar characteristics could lead to confusion with sudoite, is clinocllore. In particular, its X-ray diffractogram is similar to that of sudoite, and it would have been

very difficult to formally exclude it, especially given the particular measurement conditions required by archaeological samples. It was possible, though, to rule out clinocllore thanks to the results of vibrational and UV-Vis spectroscopy as well as elemental analyses that confirmed a composition matching that of sudoite. Raman spectra and the sheet structure could have led to a misidentification as pyrophyllite or muscovite on the basis of some main Raman bands, but the XRD, FTIR, and chemical analyses precluded this possible confusion. Clinocllore and natrolite are present as accessory minerals in some samples. The former is identified very rarely by Raman spectroscopy, as only a few points on the surface of the artifacts show clinocllore, and in XRD. The latter is present in the XRD pattern of some artifacts.

As a material used to produce lapidary artifacts, one could also be interested in its characterization by more classic gemological methods. Unfortunately, the polycrystalline nature, limited polish, and shape and size of the objects, as well as the absence of a non-archaeological reference material, have limited the possibilities of these approaches (e.g., the rather variable specific gravity and the difficulty of measuring the refractive index). The green color could be re-

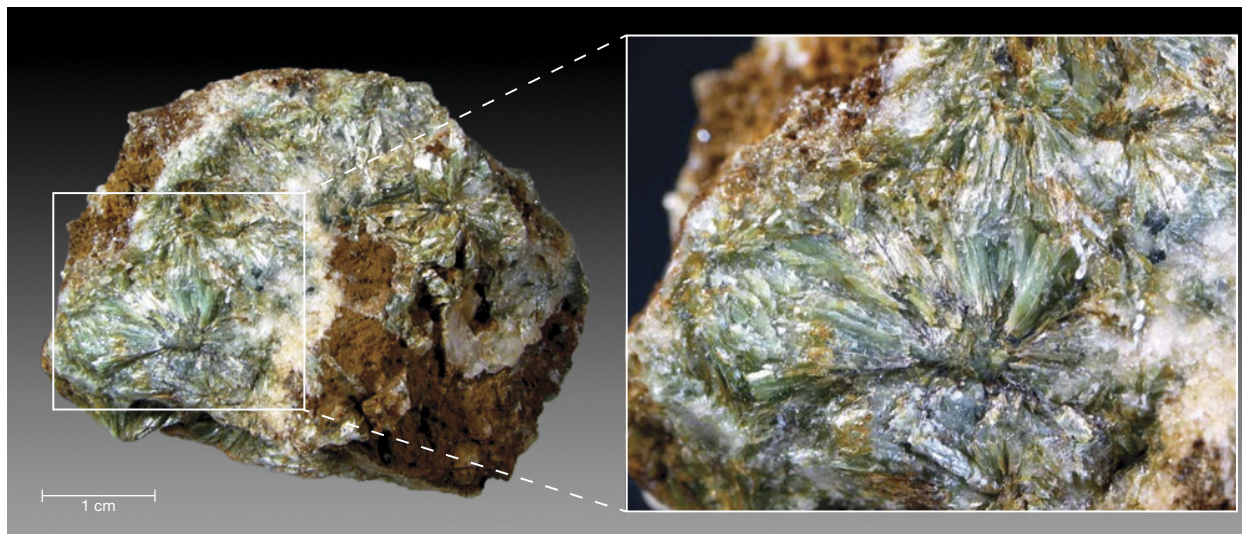


Figure 16. Photograph and microphotograph of a commercial sample of sudoite, showing the existence of centimeter-sized radial nodules. Courtesy of www.dakotamatrix.com.

lated to the sum of Fe^{3+} , Fe^{2+} , and V^{3+} -related absorption bands, leaving mostly a shallow transmission window in the green. The UV luminescence of the material is documented for two samples, but its cause remains unclear.

Geological Origin. Sudoite has previously been identified in various geological contexts. The main type of rock in which sudoite is found has undergone low-temperature/high-pressure metamorphism in a subduction context (Fransolet and Bourguignon, 1978; Goffé et al., 1988; Ruiz Cruz and de Galdeano, 2005). The stability field of sudoite is between 240 and 380°C, and between 4 and 8 kbar (Goffé et al., 1988). In this context, it can come from an intermediate stage of metamorphism between a dickite assemblage and a chlorite + paragonite + chloritoid assemblage, in which it is found associated with pyrophyllite, which is not the case for our samples (Ruiz Cruz and de Galdeano, 2005). It may also result from retrograde metamorphism, as proposed in Oman, with a decrease in pressure synchronous with a slight increase in temperature (Goffé et al., 1988). Sudoite can form from kaolinite in the last stages of diagenesis, above 200°C (Daniels et al., 1990), and it is also encountered in a hydrothermal context, at temperatures higher than 200°C (Beaufort et al., 2015).

Sudoite is usually found in the form of fine clay (Billault et al., 2002; Lauf, 2010). Small rosettes up to 1 mm in diameter can form (Beaufort et al., 2015), as can scaly films (Gaines et al., 1997, cited in Lauf, 2010). Only one occurrence of centimeter-sized su-

doite large enough to be carved could be found in the literature (figure 15 in Lauf, 2010), underscoring the rarity of such samples. Beaufort (2015) writes:

The only type of hydrothermal system in which sudoite has been reported in large amounts and in large volumes of altered rocks are unconformity-related uranium deposits (Percival and Kodama, 1989; Billault et al., 2002; Beaufort et al., 2005).

He more recently confirmed this to the authors: “With respect to ... sudoite occurrences in the Paleoproterozoic basins of Canada and Australia, the concept of massive can only be applied on a microscopic scale, because on a macroscopic scale this mineral is always associated with other clay minerals such as illite and kaolinite or dickite. To my knowledge, there is no gem sudoite in this type of geological context” (D. Beaufort, pers. comm., 2019). Rare larger-volume samples consist of agglomerates of radial structures, with color and transparency close to those observed in the artifacts we studied (figure 16). They strongly resemble one studied and shown in, unfortunately, a poor-quality photograph (figure 2 in Jige et al., 2003). These agglomerates are also reminiscent of the structures observed by electron microscopy on sample GD-01-020 (figure 5).

Provenance of the Antillean Archaeological Raw Material. The tectonic context of the Caribbean presents high-pressure/low-temperature (HP/LT) metamorphic rocks, especially due to the numerous subduction zones (Garcia-Casco et al., 2011; see figure 17). The suture of these subduction zones produced ophi-

olite (Garcia-Casco et al., 2006; Lewis et al., 2006), which can be the site of sudoite crystallization, as is the case in Oman (Goffé et al., 1988). Metapelites (metamorphic rocks resulting from the transformation of fine clay-rich sediments from the alteration of continental crust) subjected to a metamorphism of blueschist facies of low intensity can produce rocks containing magnesian chlorites and in particular sudoite (Goffé et al., 1988; Schreyer, 1988; Theye et al., 1992). Rocks formed under HP/LT conditions in the blueschist facies, common in the Caribbean and consistent with the presence of natrolite in some samples, would thus be an excellent candidate for the provenance of this material. It should also be noted that the morphology of the sudoite we observed under the electron microscope (figures 13 and 14) differs greatly from Canadian hydrothermal crystallizations (figure 2 in Billault et al., 2002). This criterion may also indicate that HP/LT metamorphism is more likely to be involved in the crystallization of sudoite than hydrothermal metamorphism.

The presence of sudoite in the Lesser Antilles adds to an existing set of converging clues in the mineralogy of gem materials used in Amerindian lapidary craftsmanship that indicate “long-distance” transport of the raw material. These raw materials, for which no precise source has been clearly stated, originate from rocks that do not naturally exist in the Lesser Antilles and must therefore come from the South American continent and/or the Greater Antilles (Cody, 1993; Murphy et al., 2000; Queffelec et al., 2018, 2020). Previous studies of hard rocks such

as jadeitite, used for the manufacture of a polished ax, have already highlighted such trade networks from the Greater Antilles to the Lesser Antilles (e.g., Harlow et al., 2006; Garcia-Casco et al., 2013; Schertl et al., 2019). The greenish translucent material sudoite could therefore have been part of the batch of exotic colored rocks brought to the Lesser Antilles as part of the pan-Caribbean trade network described for this period (e.g., Rodriguez, 1993; Hofman et al., 2007; Rodriguez Ramos, 2010; Laffoon et al., 2014). It should also be noted that a source of nephrite, a material frequently found in collections of ornamental objects from the same period, was recently discovered on the northern coast of Colombia (Acevedo Gómez et al., 2018), not that far from the Panamanian or Costa Rican ophiolites.

Of the nine artifacts identified as sudoite, eight are of centimeter-sized dimension, consistent with most of the other lithic beads and pendants of Amerindian cultures (e.g., Murphy et al., 2000; Queffelec et al., 2018, 2020; Falci et al., 2020). Such small pieces require only limited sizes of mineralization. Only one pendant (GD-02-003) has a size of several centimeters. Even though such large volumes of raw material may be rare, they must have been available at the outcrop itself to be exploited by the Amerindians, since it is unlikely that this kind of sheet silicate does occur in secondary deposits given its fragility. These outcrops must be of very limited dimensions, which may explain the absence of known localities so far.

All of these objects were found on three islands of the French Lesser Antilles distributed along the

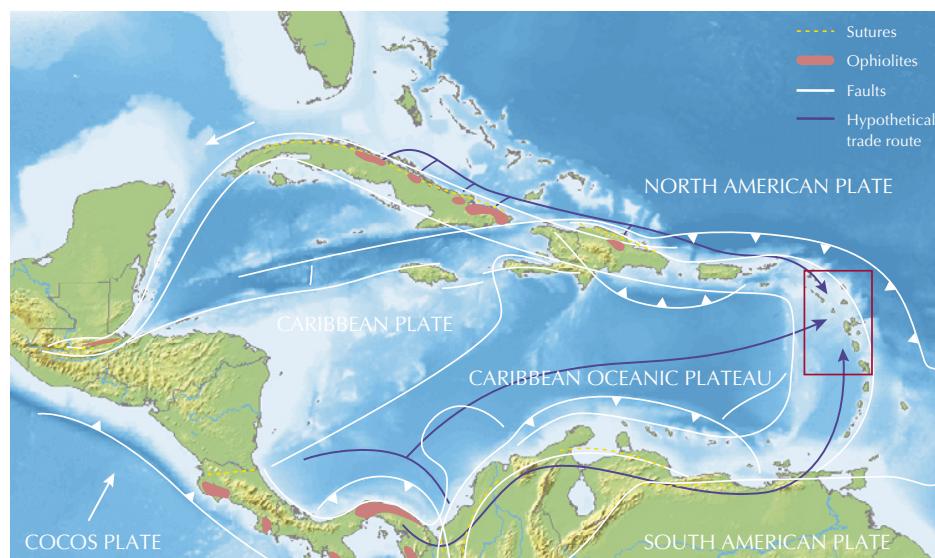


Figure 17. Plate tectonic configuration and major structural features in the Caribbean region, with the presence of ophiolites reported (after figure 1 in Garcia-Gasco et al., 2006). The red rectangle on the right represents the area where the nine artifacts were recovered from archaeological excavations. Modified after Garcia-Gasco et al. (2011).

Caribbean arc. Sudoite has been identified in every archaeological site that delivered dozens of lapidary artifacts known for these three islands. This underscores the possibility that this newly identified lapidary material could also be found among the archaeological collections of other islands distributed in the same cultural network, if detailed analytical studies were carried out. Identifying this material in archaeological collections will require analytical techniques such as Raman spectroscopy, which is not systematically used by archaeologists, especially in the Caribbean.

CONCLUSIONS

Sudoite was unambiguously identified using a multi-analytical strategy combining methods both structural (Raman and infrared spectroscopy, X-ray diffraction, SEM) and chemical (XRF and EDS). This magnesium-rich di-trioctahedral sheet silicate from the chlorite group is confirmed to be the raw material used by the Amerindians of the Early Ceramic period in the Lesser Antilles to create the nine personal ornaments in this study. It is also the first time this material has been identified as being used for lapidary craft from any period, and the first time it has been described in sizes suitable for carving. The origin of the color and the long-wave UV luminescence properties have also been explored by means of UV-Vis-

NIR spectroscopy and spectrofluorimetry. The greenish color is related to the presence of iron (both Fe²⁺ and Fe³⁺), with a possible contribution from V³⁺ that would narrow the transmission window for some artifacts. The cause of the UV luminescence remains unclear.

Such a rare material is of interest for the archaeologist, since it may offer valuable information on trade networks during the period under consideration. Sudoite is one of the green rocks used in Amerindian lapidary craftsmanship in the Lesser Antilles, possibly originating from the Greater Antilles, or Central or South America. Based on metamorphic geology, it is possible to consider the origin of sudoite in the ophiolitic formations located at the sutures of the collisions between the Caribbean plate and the North American and Cocos plates. These particular zones are therefore found mainly in northern Cuba, Panama, and Costa Rica, but finding outcrops of this material will prove very difficult due to their limited size in primary deposits and their limited dispersal in secondary deposits. As it would be particularly important to specify the archaeological distribution of the sudoite raw material and its geographical origin, this calls for further detailed analytical studies of objects from the archaeological sites, both in the Antilles and on the nearby continent, and for detailed field prospecting in the areas that might have generated this material.

ABOUT THE AUTHORS

Mr. Queffelec is a PhD student and CNRS engineer in archaeometry at the UMR5199 PACEA (CNRS, University of Bordeaux, Ministère de la Culture). Mr. Bellot-Gurlet is a full professor of analytical chemistry at the UMR8233 MONARIS (Sorbonne University, CNRS). Mr. Foy is a CNRS engineer in archaeometry at the UMR3685 NIMBE (CNRS, CEA, University of Paris-Saclay). Mr. Lefrais is a CNRS engineer in archaeometry at the UMR5060 CRP2A (CNRS, Bordeaux Montaigne University). Mr. Fritsch is full professor in physics and gemologist at the UMR6502 IMN (University of Nantes, CNRS).

ACKNOWLEDGMENTS

This study was conducted through the Programme Collectif de Recherche "Parures amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles Françaises: minéralogie, sources géologiques et fabrication," funded by the Guadeloupe Regional Service of Archaeology, the Guadeloupe Regional Council, and the Martinique Regional Service of Archaeology. This research was also partially supported by the LabEx LaScArBx research program (ANR-10-LABX-52). We thank the Musée Départemental Edgar Clerc, the Musée Départemental d'Archéologie et de Préhistoire de la Martinique, and François Petit for granting access to the material. We are grateful to Blanca Moquet for refractive index spot readings. We thank the three anonymous reviewers for their thorough evaluation that helped improve the quality of this article. This study received financial support from the French government in the framework of the University of Bordeaux's IdEx "Investments for the Future" program/GPR "Human Past."

REFERENCES

- Acevedo Gómez N., Scharff M.W., Garcia-Casco A., Sáenz-Samper J. (2018) Placas aladas de las sociedades Nahuange y Tairona (100–1600 DC), Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia: materia prima y áreas de procedencia. *Latin American Antiquity*, Vol. 29, No. 4, pp. 774–792, <http://dx.doi.org/10.1017/laq.2018.51>
- Albee A.L. (1962) Relationships between the mineral association, chemical composition and physical properties of the chlorite series. *American Mineralogist*, Vol. 47, No. 7–8, pp. 851–870,

- <http://dx.doi.org/10.1346/CCMN.1989.0370301>
- Arem J.E. (1987) *Color Encyclopedia of Gemstones*, 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 248 pp.
- Bailey S.W. (1980) Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals. *American Mineralogist*, Vol. 65, No. 1–2, pp. 1–7.
- Bailey S.W., Lister J.S. (1989) Structures, compositions, and X-ray diffraction identification of dioctahedral chlorites. *Clays and Clay Minerals*, Vol. 37, No. 3, pp. 193–202, <http://dx.doi.org/10.1346/CCMN.1989.0370301>
- Beaufort D., Rigault C., Billon S., Billault V., Inoue A., Patrier P. (2015) Chlorite and chloritization processes through mixed-layer mineral series in low-temperature geological systems—a review. *Clay Minerals*, Vol. 50, No. 4, pp. 497–523, <http://dx.doi.org/10.1180/claymin.2015.050.4.06>
- Bérard B. (2013) The Saladoid. In W. Keegan, C. Hofman, and R. Rodriguez Ramos, Eds., *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology*. Oxford University Press, pp. 184–197.
- (2019) About boxes and labels: A periodization of the Amerindian occupation of the West Indies. *Journal of Caribbean Archaeology*, Vol. 19, pp. 17.
- Billault V., Beaufort D., Patrier P., Petit S. (2002) Crystal chemistry of Fe-sudowites from uranium deposits in the Athabasca Basin (Saskatchewan, Canada). *Clays and Clay Minerals*, Vol. 50, No. 1, pp. 70–81, <http://dx.doi.org/10.1346/000986002761002847>
- Bishop J.L., Lane M.D., Dyar M.D., Brown A.J. (2008) Reflectance and emission spectroscopy study of four groups of phyllosilicates: smectites, kaolinite-serpentines, chlorites and micas. *Clay Minerals*, Vol. 43, No. 1, pp. 35–54, <http://dx.doi.org/10.1180/claymin.2008.043.1.03>
- Bonnisson D. (2008) Archéologie précolombienne de l'île de Saint-Martin, Petites Antilles (3300 BC-1600 AD). PhD thesis, Université Aix-Marseille, 261 pp.
- Brigatti M.F., Malferrari D., Laurora A., Elmi C., Mottana A. (2011) Structure and mineralogy of layer silicates: Recent perspectives and new trends. In M.F. Brigatti, and A. Mottana, Eds., *Layered Mineral Structures and Their Application in Advanced Technologies*. European Mineralogical Union Notes in Mineralogy Series, Vol. 11, pp. 1–71. Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, London.
- Bukanov V.V. (2006) *Russian Gemstones*. Granit, Prague, 472 pp.
- Clark R.N. (1999) Spectroscopy of rocks and minerals, and principles of spectroscopy. In A.N. Renz, Ed., *Manual of Remote Sensing for the Earth Sciences*, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 3–58.
- Clark R.N., King T.V., Klejwa M., Swayze G.A., Vergo N. (1990) High spectral resolution reflectance spectroscopy of minerals. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, Vol. 95, No. B8, pp. 12653–12680, <http://dx.doi.org/10.1029/JB095iB08p12653>
- Cody A.K. (1993) Distribution of exotic stone artifacts through the Lesser Antilles: Their implications for prehistoric interaction and exchange. In A. Cummins and P. King, Eds., *Proceedings of the 14th International Congress for Caribbean Archaeology*, Barbados, pp. 204–226.
- Czaja M., Kadziolka-Gawel M., Lisiecki R., Bodył-Gajowska S., Mazurak Z. (2014) Luminescence and other spectroscopic properties of purple and green Cr-clinochlore. *Physics and Chemistry of Minerals*, Vol. 41, No. 2, pp. 115–126, <http://dx.doi.org/10.1007/s00269-013-0629-x>
- Daniels E.J., Altaner S.P., Marshak S., Eggleston J.R. (1990) Hydrothermal alteration in anthracite from eastern Pennsylvania: Implications for mechanisms of anthracite formation. *Geology*, Vol. 18, No. 3, pp. 247–250, [http://dx.doi.org/10.1130/0091-7613\(1990\)018%3C0247:HAIAFE%3E2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0091-7613(1990)018%3C0247:HAIAFE%3E2.3.CO;2)
- Desautels P.E. (1973) *L'univers des pierres précieuses*. Arthaud, Paris, 252 pp.
- Drouin D., Couture A.R., Joly D., Tastet X., Aimez V., Gauvin R. (2007) CASINO V2.42—A fast and easy-to-use modeling tool for scanning electron microscopy and microanalysis users. *Scanning*, Vol. 29, No. 3, pp. 92–101, <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1002/sca.20000>
- Duda R., Relj L. (1999) *Les pierres précieuses*. Gründ, Paris, 407 pp.
- v. Engelhardt W., Müller G., Kromer H. (1962) Dioktaedrischer Chlorit ("Sudoit") in Sedimenten des Mittleren Keupers von Plochingen (Württ.). *Naturwissenschaften*, Vol. 49, No. 9, pp. 205–206, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00633957>
- Falci C.G., Knaf A.C.S., van Gijn A., Davies G.R., Hofman C.L. (2020) Lapidary production in the eastern Caribbean: A typotechnological and microwear study of ornaments from the site of Pearls, Grenada. *Archaeological and Anthropological Sciences*, Vol. 12, No. 2, Article no. 53, 16 pp., <http://dx.doi.org/10.1007/s12520-019-01001-4>
- Farmer V.C. (1974) The layer silicates. In V.C. Farmer, Ed., *The Infrared Spectra of Minerals*, Mineralogical Society, London, pp. 331–363.
- Fransolet A.-M., Bourguignon P. (1978) Di/trioctahedral chlorite in quartz veins from the Ardenne, Belgium. *The Canadian Mineralogist*, Vol. 16, No. 3, pp. 365–373.
- Fritsch E., Waychunas G.A. (1994) Gemstones. In M. Robbins, Ed., *Fluorescence: Gems and Minerals Under Ultraviolet Light*. Geoscience Press, Phoenix, Arizona, pp. 149–174.
- Gaft M., Reisfeld R., Panczer G. (2005) *Luminescence Spectroscopy of Minerals and Materials*. Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg, 356 pp., <http://dx.doi.org/10.1007/b137490>
- Gaines R.V., Dana J.D., Dana E.S. (1997) *Dana's New Mineralogy: The System of Mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana*. John Wiley, New York.
- García-Casco A., Torres-Roldán R.L., Iturralde-Vinent M.A., Millán G., Cambra K.N., Lázaro C., Vega A.R. (2006) High pressure metamorphism of ophiolites in Cuba. *Geologica Acta*, Vol. 4, No. 1, pp. 63–88, <http://dx.doi.org/10.1344/105.000000358>
- García-Casco A., Proenza J.A., Iturralde-Vinent M.A. (2011) Subduction zones of the Caribbean: The sedimentary, magmatic, metamorphic and ore-deposit records. *Geologica Acta*, Vol. 9, No. 3–4, pp. 217–224, <http://dx.doi.org/10.1344/105.000001745>
- García-Casco A., Knippenberg S., Ramos R.R., Harlow G.E., Hofman C., Pomo J.C., Blanco-Quintero I.F. (2013) Pre-Columbian jadeite artifacts from the Golden Rock Site, St. Eustatius, Lesser Antilles, with special reference to jadeite artifacts from Elliot's, Antigua: Implications for potential source regions and long-distance exchange networks in the Greater Caribbean. *Journal of Archaeological Science*, Vol. 40, No. 8, pp. 3153–3169, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2013.03.025>
- Gates-Rector S., Blanton T. (2019) The Powder Diffraction File: A quality materials characterization database. *Powder Diffraction*, Vol. 34, No. 4, pp. 352–360, <http://dx.doi.org/10.1017/S0885715619000812>
- Goffé B., Michard A., Kienast J.R., Le Mer O. (1988) A case of obduction-related high-pressure, low-temperature metamorphism in upper crustal nappes, Arabian continental margin, Oman: P-T paths and kinematic interpretation. *Tectonophysics*, Vol. 151, No. 1, The Ophiolites of Man, pp. 363–386, [http://dx.doi.org/10.1016/0040-1951\(88\)90253-3](http://dx.doi.org/10.1016/0040-1951(88)90253-3)
- Hammersley A.P. (2016) FIT2D: A multi-purpose data reduction, analysis and visualization program. *Journal of Applied Crystallography*, Vol. 49, No. 2, pp. 646–652, <http://dx.doi.org/10.1107/S1600576716000455>
- Harlow G.E., Murphy A.R., Hozjan D.J., de Mille C.N., Levinson A.A. (2006) Pre-Columbian jadeite axes from Antigua, West Indies: Description and possible sources. *The Canadian Mineralogist*, Vol. 44, No. 2, pp. 305–321, <http://dx.doi.org/10.2113/gscanmin.44.2.305>
- Hofman C.L., Bright A.J., Boomert A., Knippenberg S. (2007) Island rhythms: The web of social relationships and interaction networks in the Lesser Antillean Archipelago between 400 B.C. and A.D. 1492. *Latin American Antiquity*, Vol. 18, No. 3, pp. 243–268, <http://dx.doi.org/10.2307/25478180>

- Hunt G.R. (1977) Spectral signatures of particulate minerals in the visible and near infrared. *Geophysics*, Vol. 42, No. 3, pp. 501–513, <http://dx.doi.org/10.1190/1.1440721>
- Jige M., Kitagawa R., Zaykov V.V., Sinyakovskaya I. (2003) Surface microtopography of sudoite. *Clay Minerals*, Vol. 38, No. 3, pp. 375–382, <http://dx.doi.org/10.1180/0009855033830104>
- Johnston W.D. (1965) Optical spectra of the various valence states of vanadium in Na₂O-2SiO₂ glass. *Journal of the American Ceramic Society*, Vol. 48, No. 12, pp. 608–611, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1151-2916.1965.tb14688.x>
- Kohyama N. (2000) In memory of Prof. Toshio Sudo. *Clay Science*, Vol. 11, No. 2, pp. 103–105, <http://dx.doi.org/10.11362/jcssj-clayscience1960.11.103>
- Krebs J.J., Maisch W.G. (1971) Exchange effects in the optical-absorption spectrum of Fe³⁺ in Al₂O₃. *Physical Review B*, Vol. 4, No. 3, pp. 757–769, <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.4.757>
- Laffoon J.E., Ramos R.R., Baik L.C., Storde Y.N., Lopez M.R., Davies G.R., Hofman C.L. (2014) Long-distance exchange in the precolonial Circum-Caribbean: A multi-isotope study of animal tooth pendants from Puerto Rico. *Journal of Anthropological Archaeology*, Vol. 35, pp. 220–233, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaa.2014.06.004>
- Lafuente B., Downs R.T., Yang H., Stone N. (2016) The power of databases: The RRUFF project. In T. Armbruster and R.M. Danisi, Eds., *Highlights in Mineralogical Crystallography*, pp. 1–30. W. De Gruyter, Berlin, <http://dx.doi.org/10.1515/9783110417104-003>
- Lauf R.J. (2010) Collector's guide to the chlorite group. *Rocks & Minerals*, Vol. 85, No. 4, pp. 318–325, <http://dx.doi.org/10.1080/00357521003727272>
- Lewis J.F., Draper G., Proenza Fernández J.A., Espaillet J., Jiménez J. (2006) Ophiolite-related ultramafic rocks (serpentinites) in the Caribbean region: A review of their occurrence, composition, origin, emplacements and Ni-Laterite soil formation. *Geologica Acta*, Vol. 4, No. 1–2, pp. 237–263, <http://dx.doi.org/10.1344/105.000000368>
- Madejová J., Gates W.P., Petit S. (2017) IR spectra of clay minerals. *Developments in Clay Science*, Vol. 8, pp. 107–149, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100355-8.00005-9>
- Manutchehr-Danai M. (2005) *Dictionary of Gems and Gemology*, 2nd ed. Springer, Berlin, 879 pp.
- Mattson S.M., Rossman G.R. (1987) Identifying characteristics of charge transfer transitions in minerals. *Physics and Chemistry of Minerals*, Vol. 14, No. 1, pp. 94–99, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00311152>
- von Müller G. (1961) Vorläufige Mitteilung über ein neues dioktaedrisches Phyllosilikat der Chlorit-Gruppe. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte*, Vol. 1961, pp. 112–120.
- Murphy A.R., Hozjan D.J., de Mille C.N., Levinson A.A. (2000) Pre-Columbian gems and ornamental materials from Antigua, West Indies. *G&G*, Vol. 36, No. 2, pp. 234–245, <http://dx.doi.org/10.5741/GEMS.36.3.234>
- Nägele K., Posth C., Orbezo M.I., Armas Y.C. de, Godoy S.T.H., Herrera U.M.G., Nieves-Colón M.A., Sandoval-Velasco M., Mylopotamitaki D., Radzeviciute R., Laffoon J., Pestle W.J., Ramos-Madriral J., Lamnidis T.C., Schaffer W.C., Carr R.S., Day J.S., Antúnez C.A., Rivero A.R., Martínez-Fuentes A.J., Crespo-Torres E., Roksandic I., Stone A.C., Lalueza-Fox C., Hoogland M., Roksandic M., Hofman C.L., Krause J., Schroeder H. (2020) Genomic insights into the early peopling of the Caribbean. *Science*, <http://dx.doi.org/10.1126/science.aba8697>
- O'Donoghue M. (2006) *Gems*, 6th ed. Elsevier, Oxford, UK, 904 pp.
- Palanza V., Galli A., Lorenzi R., Moretti F., Mozzati M.C., Paleari A., Spinolo G. (2010) Luminescence study of transition metal ions in natural magmatic and metamorphic yellow sapphires. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 15. IOP Publishing, <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/15/1/012086>
- Queffelec A., Fouéré P., Paris C., Stouvenot C., Bellot-Gurlet L. (2018) Local production and long-distance procurement of beads and pendants with high mineralogical diversity in an early Saladoid settlement of Guadeloupe (French West Indies). *Journal of Archaeological Science: Reports*, Vol. 21, pp. 275–288, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.07.011>
- Queffelec A., Fouéré P., Bellot-Gurlet L., Bérard B. (2020) Stone ornaments from Guadeloupe and Martinique Early Ceramic period sites (200 BC – AD 400), detailed analysis and comparison with a Late Ceramic period site (AD 750 – 1000). *Journal of Caribbean Archaeology*, Vol. 20, pp. 1–44.
- Queffelec A., Fouéré P., Caverne J.-B. (2021) A database of lapidary artifacts in the Caribbean for the Ceramic Age. *Journal of Open Archaeology Data*, Vol. 9, pp. 11, <http://dx.doi.org/10.5334/joad.74>
- Reynard B., Bezacier L., Caracas R. (2015) Serpentes, talc, chlorites, and their high-pressure phase transitions: A Raman spectroscopic study. *Physics and Chemistry of Minerals*, Vol. 42, No. 8, pp. 641–649, <http://dx.doi.org/10.1007/s00269-015-0750-0>
- Rodriguez M. (1993) Early trade networks in the Caribbean. In A. Cummins and P. King, Eds., *Proceedings of the 14th International Congress for Caribbean Archaeology*. International Association for Caribbean Archaeology, Barbados, pp. 306–314.
- Rodriguez Ramos R. (2010) What is the Caribbean? An archaeological perspective. *Journal of Caribbean Archaeology*, Vol. 3, pp. 19–51.
- Rouse I. (1992) *The Tainos: Rise and Decline of the People Who Greeted Columbus*. Yale University Press, New Haven, Connecticut.
- Ruiz Cruz M.D., de Galdeano C.S. (2005) Compositional and structural variation of sudoite from the Betic Cordillera (Spain): A TEM/AEM study. *Clays and Clay Minerals*, Vol. 53, No. 6, pp. 639–652, <http://dx.doi.org/10.1346/CCMN.2005.0530610>
- Schertl H.-P., Maresch W.V., Knippenberg S., Hertwig A., Belando A.L., Ramos R.R., Speich L., Hofman C.L. (2019) Petrography, mineralogy and geochemistry of jadeite-rich artefacts from the Playa Grande excavation site, northern Hispaniola: Evaluation of local provenance from the Río San Juan Complex. *Geological Society, London, Special Publications*, Vol. 474, No. 1, pp. 231–253, <http://dx.doi.org/10.1144/SP474.3>
- Schreyer W. (1988) Experimental studies on metamorphism of crustal rocks under mantle pressures. *Mineralogical Magazine*, Vol. 52, No. 364, pp. 1–26, <http://dx.doi.org/10.1180/minmag.1988.052.364.01>
- Shirozu H., Ishida K. (1982) Infrared study of some 7 Å and 14 Å layer silicates by deuteration. *Mineralogical Journal*, Vol. 11, No. 4, pp. 161–171, <http://dx.doi.org/10.2465/minerj.11.161>
- Spinolo G., Fontana I., Galli A. (2007) Optical absorption spectra of Fe²⁺ and Fe³⁺ in beryl crystals. *Physica status solidi (b)*, Vol. 244, No. 12, pp. 4660–4668, <http://dx.doi.org/10.1002/pssb.200790018>
- Theyte T., Seidel E., Vidal O. (1992) Carpholite, sudoite, and chloritoid in low-grade high-pressure metapelites from Crete and the Peloponnese, Greece. *European Journal of Mineralogy*, Vol. 4, No. 3, pp. 487–508, <http://dx.doi.org/10.1127/ejm/4/3/0487>
- Wang A., Freeman J.J., Jolliff B.L. (2015) Understanding the Raman spectral features of phyllosilicates. *Journal of Raman Spectroscopy*, Vol. 46, No. 10, pp. 829–845, <http://dx.doi.org/10.1002/jrs.4680>
- Wilson S.M. (2007) *Archaeology of the Caribbean*. Cambridge University Press, New York, 205 pp.

3.4 La turquoise, un candidat pour les études de provenance

La turquoise est un minéral phosphaté bleu-vert, utilisé pour l'art lapidaire depuis des millénaires, dans de nombreuses sociétés du passé. C'est une des premières gemmes utilisées, faisant partie de réseaux d'échange à longue distance sur tous les continents où elle est disponible. Il nous est apparu rapidement que ce minéral pourrait faire partie des rares matériaux sur lesquels des études de provenance pourraient être mises en place dans les gemmes utilisées pour façonner les objets de parure lapidaires dans les Antilles. Cependant, les études de provenance de ce matériau sont curieusement absentes de la littérature gemmologique et rares dans la littérature archéologique.

Dans le cadre du Diplôme Universitaire de Gemmologie de l'Université de Nantes, un travail bibliographique a donc été mené pour regrouper les connaissances sur ce minéral et les possibilités d'en retracer les origines. La publication issue de ce travail résume ainsi la minéralogie, la géologie, la distribution géographique et archéologique de cette gemme, et présente les différentes approches minéralogiques, géochimiques et spectroscopiques utilisées pour en établir la provenance. Cette synthèse bibliographique démontre le besoin de recourir à des techniques de pointe pour identifier la provenance de ce matériau et comprendre les réseaux de distribution des temps anciens. Nous montrons également que l'application de ce type de méthodes n'est pas chose aisée, et que beaucoup de travail reste encore à faire.

Ce travail a été publié dans la revue ArchéoSciences, une revue proposant les articles en *Open Access* 12 mois après la publication, en 2020 (QUEFFELEC, 2020).

Provenancing turquoise: a difficult task

De la difficulté d'établir la provenance des turquoises

Alain QUEFFELEC^a

Abstract: Turquoise is a blue-green phosphate gem used for millennia in the lapidary artwork of numerous past societies. It was one of the first gemstones, and has proved to be a valuable material that was part of long-distance exchange networks on every continent where it is available. Nonetheless, provenance studies for this material is absent from gemological literature, and scarce in the archaeological literature. This work reviews the mineralogy, geology, geographical and archaeological distribution of this gemstone, and presents different mineralogical, geochemical and spectroscopic approaches used in provenance studies. Sophisticated methods are needed to reconstruct the origin of turquoise and the commercial networks in the ancient times for this lapidary raw material, and we show that, even with these methods, a lot of work still remains to be done.

Résumé: La turquoise est un minéral phosphaté bleu-vert, utilisé pour l'art lapidaire depuis des millénaires, dans de nombreuses sociétés du passé. C'est une des premières gemmes utilisées, faisant partie de réseaux d'échange à longue distance sur tous les continents où elle est disponible. Cependant, les études de provenance de ce matériau sont curieusement absentes de la littérature gemmologique, et rares dans la littérature archéologique. Cet article résume ainsi la minéralogie, la géologie, la distribution géographique et archéologique de cette gemme, et présente les différentes approches minéralogiques, géochimiques et spectroscopiques utilisées pour en établir la provenance. L'utilisation de techniques de pointe est nécessaire pour identifier la provenance de ce matériau et comprendre les réseaux commerciaux des temps anciens. Nous montrons également que malgré l'application de ce type de méthodes, beaucoup de travail reste encore à faire.

Keywords: gemology, geology, provenance studies, turquoise.

Mots clés : études de provenance, gemmologie, géologie, turquoise.

INTRODUCTION

Turquoise, a hydrated phosphate of aluminum and copper with the ideal chemical formula $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, has been used as a gemstone for thousands of years and is still used today to create modern or traditional jewelry. It is indeed a very ancient material used for the production of jewelry, which has been used extensively in ancient times in Egypt, Persia, China, Mesoamerica, North America, South America and Europe (Beale, 1973; De'an, 2002; Domínguez-Bella & Herrero, 2012; Lowry & Lowry, 2010; Mathien, 2001; Pogue, 1915; Qin *et al.*, 2015; Ruppert, 1983; Ruppert, 1982). Today, it is also a fine stone still in use in artistic productions that maintain traditional styles (mainly from North America) or in contemporary creations.

There is a wealth of literature on the identification of the various simulants and treatments applied to this gem. Many simulants exist today but also in historical periods (Elwell, 1979; Lowry & Lowry, 2010). These include odontolith (Reiche *et al.*, 2000; Reiche *et al.*, 2001), Egyptian green pigment (Pagès-Camagna & Colinart, 2003), or the very ancient fake turquoise made in Syria about 5000 years ago, probably by heating apatite in the presence of iron and manganese (Taniguchi *et al.*, 2002). The identification of these different materials continues to be studied (Bernardino *et al.*, 2016; Reddy *et al.*, 2006; Sabbaghi, 2018). The enhancement of the mechanical and visual properties of this gem by various methods is also widespread and widely studied in gemology (Choudhary, 2010; Fritsch *et al.*, 1999; McClure & Smith, 2000). While the identification

^a UMR5199 PACEA, CNRS, Univ. Bordeaux, Ministère de la Culture, F-33615 Pessac, France

of simulating materials and treatments is topical in gemology, this is not the case for studies of origin, which, on the contrary, are non-existent to our knowledge with regard to turquoise extracted and sold today. The absence of any such study is probably due to the fact that the question does not arise: the price of this gem is not high enough to stimulate such studies, and provenance is not a fundamental criterion in the attribution of the value of this gem. For older periods, on the other hand, many studies exist on the origin of turquoise, which is of great interest to archaeologists. Indeed, this material is involved in more or less long-distance exchange networks in many cultures of the past, and is therefore one of the tools for understanding the diffusion of cultural goods, communication between groups, the installation or disappearance of exchange networks, etc. Many studies concern Mesoamerica, North and South America, where the use of turquoise by pre-Columbian populations is very important (Ball, 1941; Pogue, 1915; Ruppert, 1983; Ruppert, 1982).

This work first summarizes the mineralogical and gito-logical knowledge about this mineral, and then presents methods attested in the scientific literature for establishing the origin of this gem material. Ball (1941) wrote about turquoise: "Since many rocks and certain minerals have characteristics that indicate their source, petrographic studies of these artifacts could largely illuminate the supply circuits of the former Americans". It is much easier to write it, than to realize it.

1. MINERALOGY

Turquoise is a hydrated phosphate of aluminum and copper, whose ideal composition is represented by the formula $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. This mineral crystallizes in the triclinic system, most often in the form of massive aggregates, forming botryoid-shaped nodules. The term turquoise is also the name of the mineral group with the general formula $\text{A}_{0-1}\text{B}_6(\text{PO}_4)_{4-x}(\text{PO}_3\text{OH})_x(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, where the octahedral site A may be occupied by bivalent ions such as Cu^{2+} , Fe^{2+} or Zn^{2+} , but which can also be empty or partly empty (x may thus vary between 0 and 2). The tetrahedral site B is occupied by trivalent ions such as Al^{3+} or Fe^{3+} (Foord & Taggart, 1998) (Table 1). The crystal structure of turquoise is described by Kolitsch & Giester (2000).

It is noteworthy that, since the redefinition of the entire mineral group by Foord & Taggart (1998), the turquoise name is now restricted to the copper endmember of the Turquoise-Planerite solid solution only, in which octahedral sites may not be entirely filled with copper. Thus, the majority

Site A	Site B	$(\text{PO}_4)_{4-x}$	$(\text{PO}_3\text{OH})_x$	Mineral
Empty	Al^{3+}	2	2	Planerite
Cu^{2+}	Al^{3+}	4	0	Turquoise
Zn^{2+}	Al^{3+}	4	0	Faustite
Fe^{2+}	Al^{3+}	4	0	Aheylite
$\text{Ca}^{2+}?$	Al^{3+}	4	0	Coeruleolactite
Empty	Fe^{3+}	2	2	Unknown
Cu^{2+}	Fe^{3+}	4	0	Chalcosiderite
Zn^{2+}	Fe^{3+}	4	0	Unknown
Fe^{2+}	Fe^{3+}	4	0	Not named
$\text{Ca}^{2+}?$	Fe^{3+}	4	0	Unknown

Table 1: Minerals (endmembers) of the turquoise group, modified after Foord & Taggart (1998).

Tableau 1 : Minéraux du groupe de la turquoise, modifié d'après Foord & Taggart (1998).

of gems sold under the name of turquoise, like archaeological objects, are found to be mineralogically related to planerite, since most of them contains less copper than they should to be called turquoise in a very strict definition. This study will continue to use the term turquoise, however, as recommended by Foord & Taggart (1998) and Fritsch *et al.* (2019).

2. GITOLGY

Beyond the mineralogy of the gem, the question of the origin of the turquoise requires to study the gito-logy of this mineral. It is most often found in the form of veins or lenses/nodules, in fracture fillings or in faults (Chen *et al.*, 2012; Kievlenko, 2003; Lijian *et al.*, 1998; Moro Benito *et al.*, 1995). A hydrothermal or supergenic origin of turquoise has long been debated, the consensus largely tends towards the supergenic formation (Bergen *et al.*, 2007; Hull & Fayek, 2012; John *et al.*, 2010; Kievlenko, 2003; Thibodeau *et al.*, 2015). In general, the interaction between Al-silicate and phosphate-rich rocks containing sulphidic copper minerals with meteoric water is a precondition for the crystallization of turquoise.

This mineral is mainly found in environments connected to porphyry copper ore deposits (Ruppert, 1983; Singer *et al.*, 2002; Thibodeau *et al.*, 2015), allowing meteoric water to be enriched with copper. These porphyry copper deposits are often located on the top of plutons, formerly altered by hydrothermal solutions enriched in heavy metals and sulphide ions during the crystallization of the pluton (Salze *et al.*; Sillitoe,

2010) (fig. 1). In veins and fractures of this altered zone and the surrounding rocks, metallic elements such as copper, iron, zinc, cadmium, lead, as well as arsenic form sulphides (John *et al.*, 2010). During uplifting close to the surface, meteoric water may oxidize the sulphidic minerals, producing dissolved metal ions and sulphuric acid. The acid may dissolve hosting rock's Al-silicate and phosphates, mainly apatite or phosphorite (Kievlenko, 2003; Thibodeau *et al.*, 2015). If enough copper, phosphate and aluminium are present in solution, they may coprecipitate as turquoise in areas where the pH of the solution increases. During these weathering reactions, other elements released from the sulphides as mentioned above can be integrated turquoise during precipitation.

Porphyry copper deposits represent in most cases the parental material for turquoise, as is the case for the mines in the southwestern United States and Mexico, in the Andes, in Central Asia, in Armenia, and Mongolia (Kievlenko, 2003; Ruppert, 1983). In France, another source of turquoise was identified in the Montebrias area, where it was found in a mine dug in a granite dome overlooking a rare element microgranite rich in tin, tungsten, lithium and a little copper (Patureau *et al.*, 2011). In Bulgaria, turquoise was found in a Pb-Zn ore field (Kostov, 2010).

Rarer occurrences of turquoise exist in other geological contexts. The turquoise from Sinai in Egypt (Wadi Maghara & Sarabit al-Khadim) (Khazeni, 2014; Megahed, 2019; Shalaby, 2015) originated from copper leaching during

the soil alteration of Carboniferous sedimentary rocks and subsequent crystallization of copper minerals in soil horizons and the underlying karst (El Sharkawi *et al.*, 1990). However, this is the only occurrence attributed to this mode of crystallization to our knowledge. O'Donoghue (2006), however, indicates without citing a source that the origin of copper in Egypt is connected to porphyry ore deposits, but no publication describes such deposits for Egypt and Sinai (John *et al.*, 2010; Sillitoe, 2010; Singer *et al.*, 2005). In the western Hubei province and southeastern Shaanxi province in China, meteoric waters are believed to have dissolved copper sulphides and phosphate minerals from siliceous sedimentary shales, and allowed turquoise to crystallize in fractures (Lijian *et al.*, 1998; Qin *et al.*, 2015). In eastern Anhui province, the Maanshan turquoise is found in an altered area of Cretaceous andesitic volcanic tuff (Wei & Guan, 2003, cited by Qin *et al.* 2015).

3. DISTRIBUTION OF TURQUOISE

Geographical distribution

As mentioned, the mines of turquoise are almost all related to the presence of porphyry copper deposits, whose distribution is very well studied because of major economic interests in the production of copper (fig. 2). However,

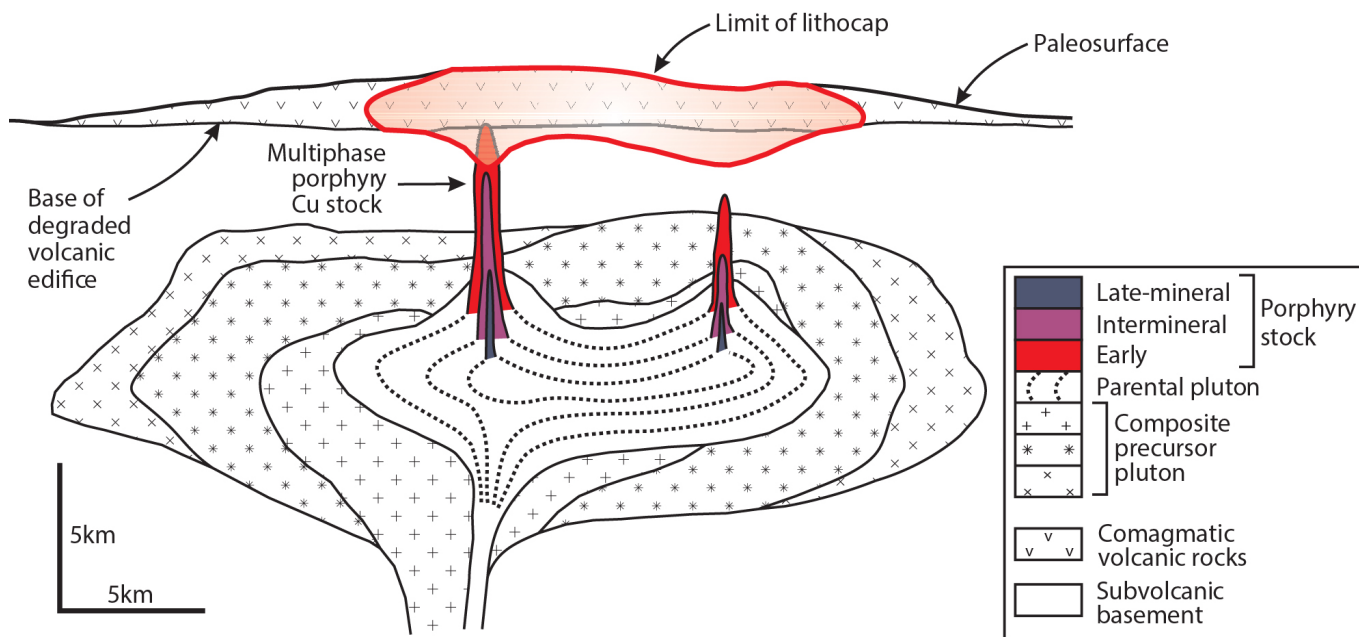


Figure 1: (Voir planche couleur III) General diagram of the formation of a porphyry copper system (modified after Sillitoe, 2010).

Figure 1 : (See colour plate III) Schéma général de la formation d'un porphyre cuprifère (modifié d'après Sillitoe, 2010).

only a few deposits contain turquoise. Two main reasons can be invoked to explain this rarity. First, phosphate-rich hosting rocks are necessary. Second, turquoise is only preserved in arid and semi-arid areas, but weathers in humid areas over the course of time (Ruppert, 1983). The presence of turquoise is also not systematically recognized or published. In that respect, turquoise survey and searching for potential sources must not only rely on published data but also on geological information. Thus, in its list of copper deposits, Singer (2008) lists only 24 localities with turquoise, and these localities are not necessarily exploitable for turquoise, because they may contain only traces of this mineral. Among these 24 localities, a large number (16) are located in the Rocky Mountains and Andes of America (John *et al.*, 2010; Sillitoe, 2010; Singer *et al.*, 2005). These turquoise deposits include those of the USA, Mexico, Peru, Chile and Argentina. There are far more turquoise mines than listed in copper porphyry studies (e.g. Hull & Fayek, 2012; Kievlenko, 2003; Lowry & Lowry, 2010; Pogue, 1915; Shigley *et al.*, 2000; Thibodeau *et al.*, 2015). Some sources of American turquoise originate outside of this area, such as in an area of Brazil (Costa *et al.*, 2004; Shigley *et al.*, 2010), where copper porphyry deposits are also recorded (fig. 2). There are also turquoise sources in the eastern United States (Barwood, 1997). In Asia, there are exploitable turquoise deposits in China (Keller & Fuquan,

1986), Mongolia (Kievlenko, 2003), Tibet (Laufer, 1913; Pogue, 1915; Watson, 1983), Malaysia (Murthy, 1989), as well as in several Central Asian countries such as Iran, but also Turkmenistan, Uzbekistan, Armenia or Tajikistan (e.g. Kievlenko, 2003; Momenzadeh, 2004; Singer *et al.*, 2005). The turquoise of the Sinai peninsula is well known archaeologically, but is no longer exploitable today. There are also turquoise deposits in Bulgaria (Kostov, 2010), France (Patureau *et al.*, 2011), Germany (Pogue, 1915) and Spain (Moro Benito *et al.*, 1995). Several sources are known in Australia (Kievlenko, 2003; Pogue, 1915). The presence of turquoise in Tanzania (Zwaan & Zwaan, 1974), Guatemala and Poland should also be mentioned.

Archaeological distribution

The interest to establish the source of turquoise in archaeological context is very strong, and useful in light of the wide use of this material in the past, both spatially and temporally. Turquoise beads are found in many cultures of the past, on almost every continent, going back up to 12,000 years in the past. The earliest occurrence of turquoise beads has been found in Israel, in the site of Gilgal II, and is dated to the final Natufian, between 10,800 and 9,500 B.C. (Bar-Yosef Mayer & Porat, 2008). The aim here is not to list all the cultures of the past that have used turquoise

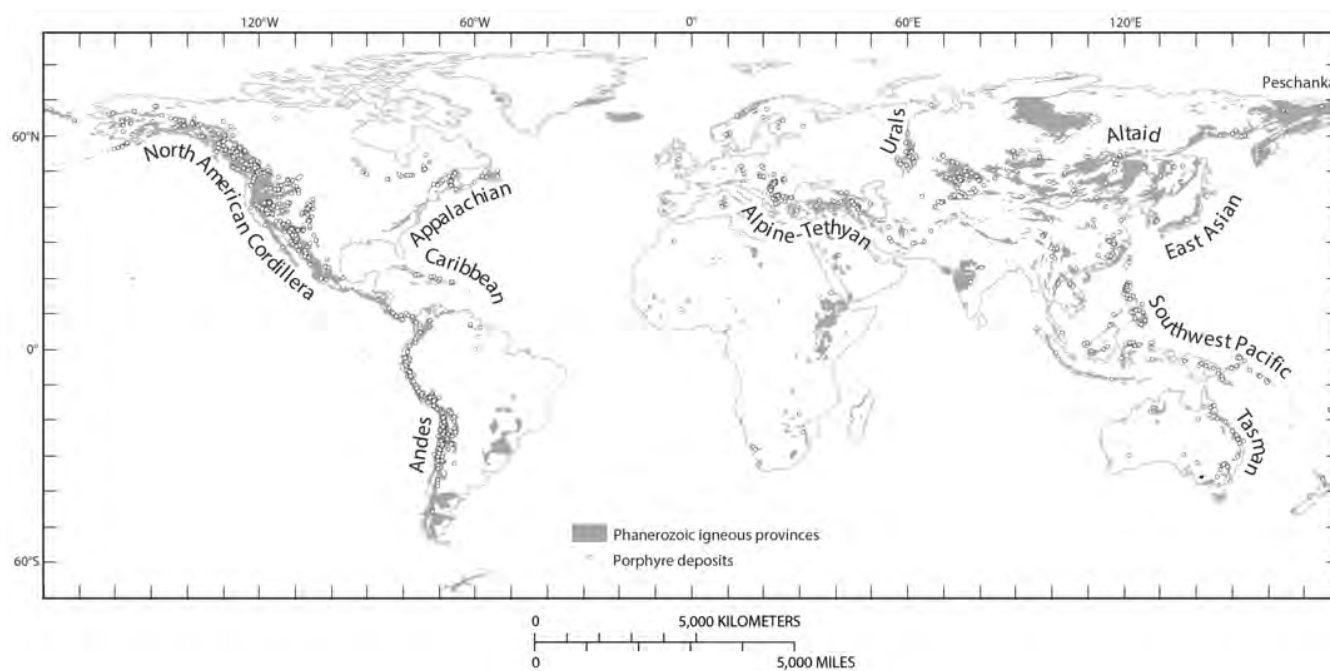


Figure 2: Global occurrence of the copper porphyry deposits (modified after John *et al.*, 2010).
Figure 2 : Répartition mondiale des dépôts de porphyres cuprifères (modifié d'après John *et al.*, 2010).

as a material for making ornamental objects, but to show the diversity of this use. Its utilization can then be noted in the whole New World: North America (e.g. Barwood, 1997; Mathien, 2001; Pogue, 1915; Ruppert, 1982), Central America (Harbottle & Weigand, 1992; Ruppert, 1982; Thibodeau *et al.*, 2018; Weigand *et al.*, 1977), the Caribbean (e.g. Narganes Storde, 1995; Queffelec *et al.*, 2018, 2020a), and South America (e.g. Dominguez-Bella & Sampietro Vattuone, 2005; López *et al.*, 2018; Ruppert, 1982; Sampietro Vattuone *et al.*, 2017). It is also widespread in the Old World, as it is well known from archaeological contexts and mines in Egypt (Kobusiewicz *et al.*, 2004; Megahed, 2019; Shalaby, 2015), the Near East (Alarashi, 2016), the Middle East (e.g. Beale, 1973; Momenzadeh, 2004), China (e.g. De'an, 2002; Qin *et al.*, 2015; So, 2018; Wiesheu, 2013), and India (Biswas, 1994). In Europe, turquoise is known as archaeological artifacts (e.g. Errera, 1999; Herbaut & Querré, 2004; Kostov, 2010) as well as in several ancient mines (Odriozola & Villalobos-García, 2015; Villalobos García & Odriozola, 2016).

4. PROVENANCE IDENTIFICATION

As we have seen previously, turquoise sources are generally few in number and restricted to special geographical areas, but nonetheless this gem has been very important in many cultures of the past. A better knowledge of the precise origins of this rare material would help to elucidate the trading networks of these societies and their interconnections. However, despite numerous archaeological or geological studies on turquoise in areas where it can be found naturally, in many areas of the globe provenance studies are lacking. The studies mentioned above in this manuscript describe the presence of turquoise mines and turquoise objects, but do not include any archaeometric data, whether in Egypt, Iran or Bulgaria for example (Beale, 1973; Kostov, 2010; Megahed, 2019). Only the geographical proximity of the source or the fact of a known single source serves as an argument for the origin. It is also conceivable that the lack of the scientific literature on this issue for these regions can be caused by a publication bias for publications with negative results.

Colour

Historically, the identification of turquoise mostly has been based on the color of the finished object. The finished objects, often polished or at least shaped to make an ornamental object, are sometimes difficult to identify because the absence of characteristic petrographic criteria can make

a mineralogical identification difficult. Mathien (2000) explains that since color can change within a vein itself, with the exposure and the use of stone, this characteristic is of little help in the study of archaeological turquoise. Nevertheless, he mentions a provenance study based solely on color, in a study of the early 20th century by Pepper (1909). However, when reading this article more carefully, it becomes clear that Pepper does not speak at all about color to identify the source of the thousands of pearls and pendants from the archaeological site of Pueblo Bonito (New Mexico, USA), but about the petrographic association, the size of the turquoise nodules and the fact that this mine was intensively exploited during prehistoric times. It therefore seems that the color criterion has never actually been used for a serious attempt to determine the origin of a turquoise, but has been used in the past to identify, sometimes wrongly, the material.

Mineralogy and petrography

The mineralogical/petrographical investigations on turquoise objects can be an interesting way to identify the origin of turquoise. First of all, there can be a high variability of different minerals included into turquoise. For example, the silicon content in a turquoise analysis may be related to different minerals, different silicates, including phyllosilicates as well as amorphous silica, opal, or chalcedony (Foord & Taggart, 1998; Kievlenko, 2003). The water content measured in the analyses, which also varies, may come from other minerals, which are more or less hydrated (Foord & Taggart, 1998; Kievlenko, 2003). These minerals integrated into the turquoise masses can be syngenetic during the gem formation, or may come from its alteration. One provenance study in particular identified a very likely provenance of an archaeological turquoise object from a site in Arizona due to the presence of the very rare mineral metatornite, which can be related to turquoise from a nearby mine in the Canyon Creek area (Welch & Triadan, 1991). This study shows the potential of detailed systematic mineralogical investigations to determine the provenance of turquoise objects. However, this requires destructive analysis or non-destructive analysis quite difficult to carry out on large quantities of objects (X-ray microdiffraction for example). Turquoise being opaque, actually, it does not allow for an easy observation of inclusions as it can be done for translucent gems.

Beyond inclusions in turquoise, it is important to note that many archaeological turquoise objects, particularly the most imposing, are not entirely made of this mineral (Pepper, 1909; Qin *et al.*, 2015). Turquoise may be veined with other well expressed minerals (often sulphides or chrysocolla), or attached to its surrounding rock, allowing to

refine its origin, if the potential sources have distinct petrographies as is the case in China (Qin *et al.*, 2015). The size of turquoise in a deposit is another criterion that can provide evidence for its origin. Indeed, millimeter-sized pearls can come from any deposit, but a several centimeters long and several tens of millimeters thick pendant cannot come from a deposit with only small veins of turquoise.

Geochemistry

The chemical composition of turquoise is complex. This mineral may include elements available during its crystallization in the fractures, faults, cavities of the host rock. This incorporation is found for both major elements (the turquoise group presents several solid solutions [Foord & Taggart, 1998]) and trace elements fitting into the structure. These elements were coprecipitated together with copper, aluminum and phosphate during the crystallization from fluids. The composition of the turquoise depends therefore on the composition of the ore and host rock minerals, pH conditions, the availability of water etc. and can be specific for different mines (e.g. Ruppert, 1983).

Major, trace and rare earth elements (REE)

Most geochemical studies integrate the quantification of major and trace elements. This type of analysis, based on various methods applied over decades depend on laboratory equipment of the researchers (electron microprobe, arc emission spectrometry, neutron activation, PIXE, X-ray fluorescence, mass spectrometers), and the application of univariate or multivariate statistical methods for data evaluation. This kind of studies are currently often considered non-functional in general. However, most authors are only interested in North America and it is not always clear in their writings that this assertion only concerns this continent (Hull *et al.*, 2008; Thibodeau *et al.*, 2018; Thibodeau *et al.*, 2015). For North America in particular, there is only one study that seems to have found positive results in the attribution of a source of turquoise for archaeological artifacts (Sigleo, 1975; Sigleo, 1970). Sigleo (1975) establish the provenance of 13 turquoise beads from the Snaketown site to the mines of Himalaya (California). This result was supported by very low concentration of trace elements in both localities, and, moreover, on similarities coefficients comparing the archaeological artifacts and 24 mines, from which only Himalaya was recognized similar enough. The publications of Weigand and Harbottle about turquoise exchange between the pre-Columbian cultures of Southwestern US and Mexico are widely cited, but, despite a large number of analyses over many years of work, almost no chemical data are published

(Harbottle & Weigand, 1992; Weigand *et al.*, 1977). More recent studies concede that conclusions concerning the turquoise sources are difficult to draw and that mainly inter-site comparisons can be made (Mathien, 2000; Thibodeau *et al.*, 2015). Finally, Kim *et al.* (2003) used PIXE to identify turquoise within green minerals, but their study compares only two archaeological sites with each other, without analyzing sources. To summarize, all the studies on turquoise sourcing in North America, except from Sigleo (1975), came to the conclusion that it is very difficult to determine the origin of North American turquoise archaeological objects (Hull *et al.*, 2008; Mathien, 2000; Ruppert, 1983).

Unfortunately, there are only a few studies on other continents. Beyond the very recent and very localized work in Argentina (López *et al.*, 2018), there is only Ruppert's enormous work (Ruppert, 1982; Ruppert, 1983) concerning Meso- and South America, and some work in China (Qin *et al.*, 2015). In the work of Lopez *et al.* (2018) in Northwestern Argentina, unfortunately, the composition of the turquoise objects found in the archaeological excavation are hardly to compare with the chemical analysis of the turquoise from the wall of the same excavated pre-Columbian mining cave. Only two turquoise samples for the walls and five archaeological samples from the excavation were analyzed by EDS analysis with an electron microscope. The two wall samples contain titanium, unlike the archaeological samples. Three archaeological samples have chlorine, but there is none in the wall samples. The archaeological samples are all richer in phosphorus compared to the wall samples, and all lower in potassium. In short, there is almost no correspondence between the two sample categories. In the work of Qin *et al.* (2015), which is strongly focused on REE, some results from previous turquoise studies in China (and published in Chinese) can be read (He *et al.*, 2011; Mao *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2007). These studies indicate compositional differences between different sources based on trace element analysis. Qin *et al.* (2015) show very clear differences of the REE patterns in turquoise from the Hubei-Shaanxi sources and the Ma'anshan source (fig. 3). The first group is characterized by relatively low REE concentrations, a fractionation between light and heavy REE (LREE and HREE respectively), and two clearly visible anomalies: a negative one in Ce, and a positive one in Eu. On the contrary, the more easterly source of Ma'anshan contains more REE and shows a significant fractionation between LREE and HREE, no Ce anomaly and a negative Eu anomaly. The analysis of REE in turquoise from two archaeological sites shows a clear similarity with local sources for one of them (fig. 3h): the patterns of samples Dj11 and Hqg2 are strongly overlapping. Other archaeological sites provided turquoise objects with a spectrum of REE showing very few ano-

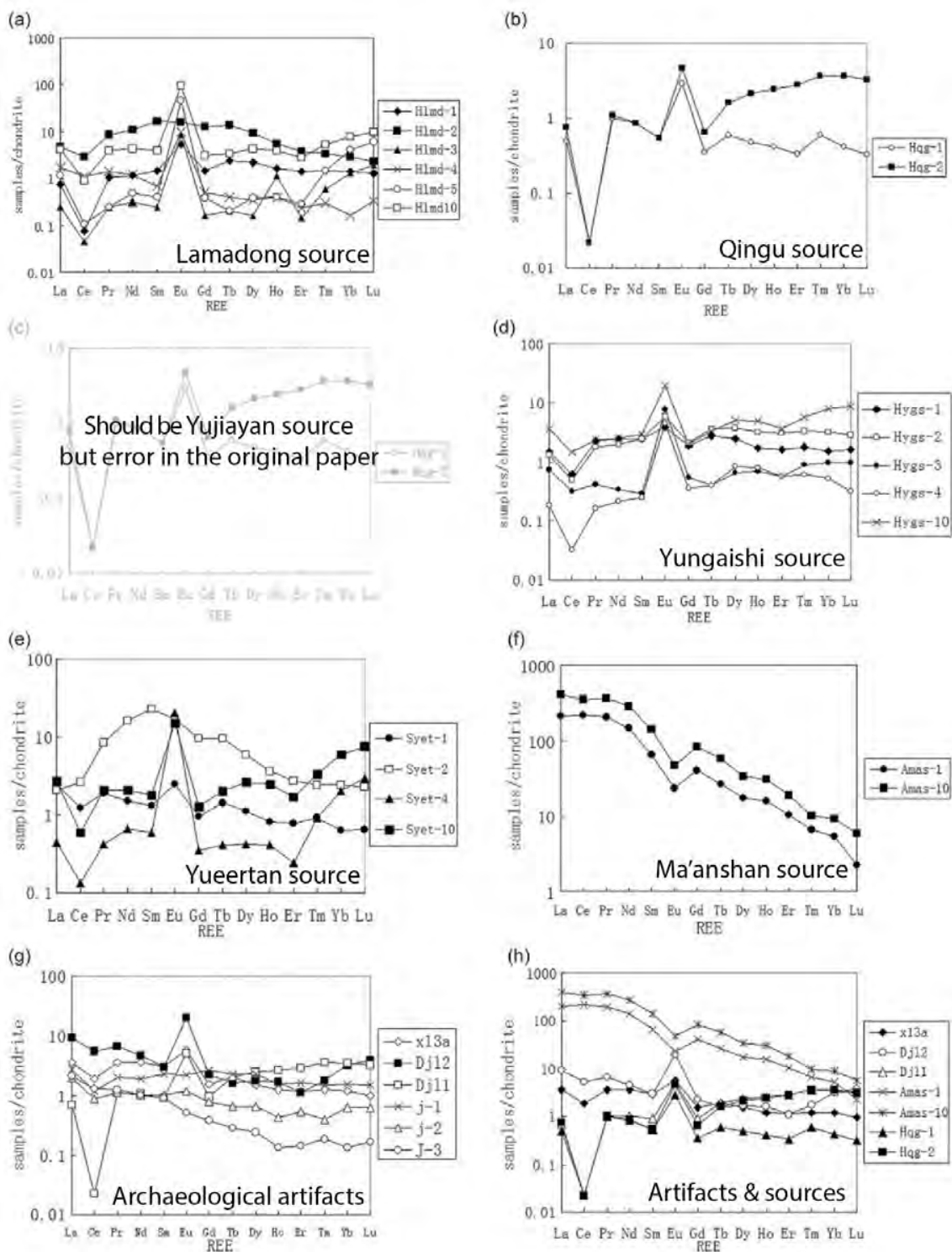


Figure 3: REE analysis results for several sources and some archaeological artifacts. Figure (c) in the original paper is unfortunately an error in the original article, since it is the same as sub-figure (b). Modified after Qin *et al.* (2015).

Figure 3 : Résultats d'analyses des éléments de terres rares pour quelques sources potentielles et quelques objets archéologiques. La sous-figure (c) dans l'article original est une copie malencontreuse de la sous-figure (b). Modifié d'après Qin *et al.* (2015).

malies (d-1, d-2 and d-3), which were not identified in any of the sources analyzed. The difference between the two sources can also be asserted for other trace elements, in particular uranium, which is much more concentrated in the Hubei-Shaanxi samples than in Ma'anshan. However, it is clearly stated in the study of Qin *et al.* (2015) that establishing precise sources is difficult with this method. Nearby sources of turquoise of similar geological origin have a similar signature.

Let us finish with the gigantic study of Ruppert (1982, 1983), who analyzed by electron microprobe about 1,500 samples from deposits and archaeological sites in the Americas. The statistical analysis of the results, based on clustering methods, revealed some results. First, significant differences are shown between North American and South American turquoise, based in particular on chromium and arsenic content. In South America, unlike North America, many of its results can be interpreted. Some samples of some cultures of the past, in limited chronological periods, are very similar, and are different from the sources currently known. Some samples from different archaeological periods are also geochemically distinct from each other, thus leading to the interpretation of a change in supply over time. Other archaeological turquoises, on the other hand, can be linked to known sources or regions, again allowing a very interesting discussion on the exchange networks of these pre-colonial populations. Although we were able to obtain both of Ruppert's articles from the author himself, it was unfortunately not possible to extract the numbers from them in order to attempt new statistical analyses as part of this paper. It is likely that these exceptional data, however, would deserve further consideration, as would the very large number of samples if they still exist.

Isotopes

Isotope geochemistry is a method applied to turquoise in North and Mesoamerica to overcome the limits of conventional geochemistry (Hull *et al.*, 2014; Hull *et al.*, 2008; Othmane *et al.*, 2015; Thibodeau *et al.*, 2018; Thibodeau *et al.*, 2015). Pioneering studies were performed by Young (Young, 1995; Young *et al.*, 1997, 1994 in Mathien, 2000). These studies were presented as student report and on two conference presentations. They are summarized by Mathien (2000) who is one of the co-authors at the conferences: "In a preliminary evaluation using stable lead isotope ratios derived from 26 samples from seven mining districts in the southwestern United States and northern Mexico (most from Cerrillos, New Mexico), Suzanne Young was able to separate the Cerrillos mines from all others using a ratio of $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ (Young *et al.*, 1994). However, when additional samples from more sources were included, the indi-

vidual mines no longer clustered tightly (Young 1995:7). Further analysis allowed broad geographical separation, but only areas as large as states could be distinguished (Young *et al.*, 1997)." Subsequently, the first studies using the SIMS method (Secondary Ion Mass Spectrometry) for almost non-invasive isotopic measurements of copper and hydrogen are performed by Hull *et al.* (2008). The incident ion beam makes craters of only 10 to 15 microns in diameter. SIMS requires careful calibration of the measuring devices to get the necessary accuracy (Othmane *et al.*, 2015). A careful comparison of the studies of Hull *et al.* from 2008 and 2014 demonstrates the importance of the calibration process realized in between both articles to get reliable results: the same deposits did not show the same isotopic ratios in both papers. Thibodeau *et al.* (2018; 2015) focused on lead and strontium isotopes in order to support the isotopic results by geological assumptions and in an attempt to date the minerals. As these elements are in much lower concentrations than copper and hydrogen in turquoise, they could not be measured by SIMS at that time. The measurements were performed by multi-collector thermal ionization mass spectrometer (MC-TIMS) and multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (MC-ICP-MS), after grinding and dissolving a few hundred milligrams of turquoise. While this destructive handling is not a major problem for natural deposits, it can represent a major drawback for archaeological or gem objects. However, Thibodeau *et al.* (2018) were able to relate the source of most of the 43 investigated pre-Columbian turquoise artifacts from Mexico to a local source but not to mines in the Southwest of US, a contradiction to previous studies. Because of a much better sensitivity (detection limits) of today SIMS devices, also lead isotope ratios can be quantified, but strontium concentrations are still too low (Queffelec *et al.*, 2020b).

Unfortunately, all the isotope ratio analysis hitherto are focused entirely on turquoise from the southwestern United States and Mexico. The potential of this method is not known at the global level. Distinguishing turquoises from different continents could also be helpful for providing provenance information of more recent archaeological or contemporaneous turquoise gems.

Optical spectroscopies

Diffuse reflectance spectroradiometry

One study of the provenance of archaeological materials using diffuse reflectance spectrometry (more commonly known as UV-Vis-NIR spectroscopy) on turquoise and its simulants was realized by Errera (1999). He demonstrated

the full potential of this non-destructive and inexpensive method to distinguish turquoise from other minerals. He also described that spectra from the same deposit are “practically superimposed” and that it is possible to distinguish them from one source to another. This pilot study, unfortunately, does not integrate numerous turquoise sources. It does not either integrate, as is the case in the author’s later studies on jade, multivariate statistical analysis on the spectra to relate the spectra of unknown artifacts to their source.

Vibrational spectroscopies

Some vibrational spectroscopy studies have been conducted on gem phosphates, and turquoise in particular (Čejka *et al.*, 2015; Dumańska-Słowik *et al.*, 2019; Fritsch *et al.*, 2019; Reddy *et al.*, 2006; Rossi *et al.*, 2017). The detailed study by Čejka *et al.* (2015) is based on only three samples, two from the United States and one from Senegal. The authors conclude that it is impossible to use Raman or infrared spectroscopy to identify any source. A recent publication of Díez-Pastor *et al.* (2018) reports an intra-source distinction of variscite, a mineral close to turquoise mineralogy, by using Raman spectroscopy coupled with multivariate analysis by machine learning. Another study, comparing turquoise of different color from the same source, demonstrate that turquoise Raman spectra are effectively affected by the composition of the major elements responsible for its hue (Dumańska-Słowik *et al.*, 2019). Work in this domain seems promising and could perhaps be applied to turquoise in the future especially for intra-site variations.

CONCLUSION

Turquoise, a hydrated phosphate of aluminum and copper, has been used from ancient to present times as a gemstone for the production of beads, pendants, and inlays on every continent. Despite this wide use both in time and space, it is a quite rare mineral on earth, mainly restricted to copper porphyry deposits and a few other mine contexts. The wide distribution and its varying composition predestines turquoise to be a very interesting indicator for the reconstruction of networks and systems of exchange of goods in ancient cultures. For these reasons, the provenance of turquoise has been widely investigated by archaeologists.

The different characterization methods applied to turquoise provenance studies show that the identification of turquoise sources is very complex. Different mineralogical, geochemical and isotopic tools have been tested in different parts of the world, with different results. What is clear is that it seems necessary to systematically use sophisticated

methods to obtain usable results. The so-called classical gemology criteria do not provide any information. There seems to be some potential in the mineralogical study of inclusions and casings, but this is non-existent in the literature except for the work of Welch & Triadan (1991). As shown for other gems, mineral associations with the gem are sometimes used almost exclusively as origin markers as demonstrated for the provenance of jadeitite, where provenance studies are mainly based on petrographic and mineralogical criteria because chemical analyses allowed no clear distinctions between sources (Harlow *et al.*, 2011; Harlow *et al.*, 2006). Concerning spectroscopy, the only UV-Vis-NIR spectroscopy study on turquoise (Errera, 1999) contradicts the only study in vibrational spectroscopy (Čejka *et al.* 2015). The last authors concludes that vibrational spectroscopy is not suitable for the provenance studies of the three samples investigated. It is conceivable that larger studies, including more detailed analyses (chemometrics, machine learning) could perhaps improve the results of these methods, as is the case for other phosphate minerals (Díez-Pastor *et al.*, 2018). Geochemistry usually provides the most powerful methods for provenance studies, but it does not present an ideal solution to determine turquoise origin or exchange. Geochemical tools work well in particular cases or for particular region (Qin *et al.*, 2015; Ruppert, 1983). Old geochemical should be re-examined with new statistical methods. To supplement conventional geochemistry, isotopic measurements should be carried out, because they are promising for the areas where they have been applied (Thibodeau *et al.*, 2018).

At present, the state of the art is far away from an analysis on a global scale to determine the origin of a gem of unknown provenance such as contemporary gemstones or archaeological museum object completely without context. The application of isotopic methods to chemical elements within the turquoise structure for artifacts and mines in other regions of the world seems at the moment the most promising tool for turquoise provenancing at local, regional, and global scale.

Acknowledgements

This work was realized as part of the Programme Collectif de Recherche Parures Amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles Françaises (PAAF), funded by the Direction des Affaires Culturelles de Guadeloupe, the Direction des Affaires Culturelles de Martinique and the Conseil Régional de Guadeloupe. It was also part of a Diplôme Universitaire de Gemmologie (Univ. Nantes), for which I thank Prof. E. Fritsch

for his training, advice and bookshelves. The author also want to acknowledge two anonymous reviewers for their constructive comments that significantly improved the ease of reading of this manuscript.

References

- Alarashi, H., 2016. Butterfly Beads in the Neolithic Near East: Evolution, Technology and Socio-cultural Implications. *Cambridge Archaeological Journal*, 26, 3, 493-512. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0959774316000342>.
- Ball, S., 1941. *The Mining of Gems and Ornamental Stones by American Indians*. U.S. Government Printing Office.
- Barwood, H., 1997. Occurrence of turquoise group minerals in the eastern United States. *Mineralogical Record*, 28, 1, 53.
- Bar-Yosef Mayer, D. E. B.-Y., Porat, N., 2008. Green stone beads at the dawn of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 25, 8548-8551. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0709931105>.
- Beale, T. W., 1973. Early trade in highland Iran: A view from a source area. *World Archaeology*, 5, 2, 133-148. DOI: <https://doi.org/10.1080/00438243.1973.9979561>.
- Bergen, L. L., Fayek, M., Hull, S., 2007. The formation and alteration of turquoise deposits in the American Southwest. *poster presented at the Geological Society of America*.
- Bernardino, N. D., Izumi, C. M. S., de Faria, D. L. A., 2016. Fake turquoises investigated by Raman microscopy. *Forensic Science International*, 262, 196-200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.03.041>.
- Biswas, A. K., 1994. Gem-minerals in pre-modern India. *Indian Journal of history of science*, 29.
- Čejka, J., Sejkora, J., Macek, I., Malíková, R., Wang, L., Scholz, R., Xi, Y., Frost, R. L., 2015. Raman and infrared spectroscopic study of turquoise minerals. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 149, Supplement C, 173-182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2015.04.029>.
- Chen, Q., Yin, Z., Qi, L., Xiong, Y., 2012. Turquoise from Zhushan County, Hubei Province, China. *Gems & Gemology*, 48, 3. DOI: <https://doi.org/10.5741/GEMS.48.3.198>.
- Choudhary, G., 2010. A New Type of Composite Turquoise. *Gems & Gemology*, 46, 2. DOI: <https://doi.org/10.5741/gems.46.2.106>.
- Costa, M. L. da, Fernández, O. C., Toledo, M. C. M. de, Passos, C. M., Pereira, P. F., 2004. A turquesa de Itacupim, Pará. *Rem: Revista Escola de Minas*, 57, 4, 261-266. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0370-44672004000400008>.
- De'an, K., 2002. On Turquoise Objects in Neolithic China and Their Making Techniques. *Archaeology*, 5.
- Díez-Pastor, J. F., Jorge-Villar, S. E., Arnaiz-González, Á., García-Osorio, C. I., Díaz-Acha, Y., Campeny, M., Bosch, J., Melgarejo, J. C., 2018. Machine learning algorithms applied to Raman spectra for the identification of variscite originating from the mining complex of Gavà. *Journal of Raman Spectroscopy*. DOI: <https://doi.org/10.1002/jrs.5509>.
- Domínguez-Bella, S., Herrero, J. M., 2012. Archaeomineralogy of prehistoric artifacts and gemstones. *Archaeometry and Cultural Heritage: the Contribution of Mineralogy. International Seminar*. 5-28.
- Domínguez-Bella, S., Sampietro Vattuone, M. M., 2005. Collar beads from the Tafi culture (First millenium, AD), Tucuman, Argentina : raw materials characterization and provenance. *Proceedings of the 33th International Symposium on Archaeometry*. Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Dumańska-Słowik, M., Weselucha-Birczyńska, A., Natkaniec-Nowak, L., Gawek, A., Włodek, A., Kulmaczewska, K., 2019. Blue or green? Turquoise-planerite species from Carico Lake Valley in Nevada, the United States: Evidence from Raman spectroscopy. *Journal of Raman Spectroscopy*. DOI: <https://doi.org/10.1002/jrs.5761>.
- El Sharkawi, M. A., El Aref, M. M., El Motelib, A., 1990. Syngenetic and paleokarstic copper mineralization in the Palaeozoic platform sediments of West Central Sinai, Egypt. *Sediment-Hosted Mineral Deposits: Proceedings of a Symposium Held in Beijing, People's Republic of China, 30 July-4 August 1988*. Blackwell Publishing Ltd. Oxford, UK, 157-171.
- Elwell, D., 1979. *Man-made gemstones*. E. Horwood.
- Errera, M., 1999. *Détermination spectroradiométrique de la turquoise et de ses principaux substituts*. Mus. Roy. Afr. Centre, Tervuren.
- Foord, E. E., Taggart, J. E., 1998. A reexamination of the turquoise group: the mineral aheylite, planerite (redefined), turquoise and coeruleolactite. *Mineralogical Magazine*, 62, 1, 93-111.
- Fritsch, E., McClure, S. F., Ostrooumov, M., Andres, Y., Moses, T., Koivula, J. I., Kammerling, R. C., 1999. The Identification of Zachery-Treated Turquoise. *Gems & Gemology*, 35, 1, 4-16. DOI: <https://doi.org/10.5741/GEMS.35.1.4>.
- Fritsch, E., Rondeau, B., Lulzac, Y., Mocquet, B., 2019. Gemmology of gem phosphates: a review with particular attention to variscite. *La parure en callaïs du Néolithique européen*. Archaeopress Publishing Ltd, Oxford, 642.
- Harbottle, G., Weigand, P. C., 1992. Turquoise in pre-columbian America. *Scientific American*, 266, 2, 78-85.
- Harlow, G. E., Murphy, A. R., Hozjan, D. J., de Mille, C. N., Levinson, A. A., 2006. Pre-Columbian jadeite axes from Antigua, West Indies: Description and possible sources. *The Canadian Mineralogist*, 44, 2, 305-321. DOI: <https://doi.org/10.1180/00264619854749510.2113/gscanmin.44.2.305>.

- Harlow, G. E., Sisson, V. B., Sorensen, S. S., 2011. Jadeitite from Guatemala: new observations and distinctions among multiple occurrences. *Geologica Acta*, 9, 3. DOI: <https://doi.org/10.1180/00264619854749510.1344/105.000001694>.
- He, X., Chen, L., Li, Q. H., Gu, D. H., Gan, F. X., Li, F., Li, Z., 2011. Elements and rare earth elements characteristics of turquoise from Zhushan and Ma'anshan area (in Chinese). *Rock and Mineral Analysis*, 30, 6, 13.
- Herbaut, F., Querré, G., 2004. La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 101, 3, 497-520. DOI: <https://doi.org/10.3406/bspf.2004.13029>.
- Hull, S., Fayek, M., 2012. Cracking the code of pre-Columbian turquoise trade networks and procurement strategies. *Turquoise in Mexico and North America: Science, Conservation, Culture and Collections*. Archetype Publications in Association with the British Museum, London, 29-40.
- Hull, S., Fayek, M., Mathien, F. J., Roberts, H., 2014. Turquoise Trade of the Ancestral Puebloan: Chaco and Beyond. *Journal of Archaeological Science*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.02.016>.
- Hull, S., Fayek, M., Mathien, F. J., Shelley, P., Durand, K. R., 2008. A new approach to determining the geological provenance of turquoise artifacts using hydrogen and copper stable isotopes. *Journal of Archaeological Science*, 35, 5, 1355-1369. DOI: <https://doi.org/10.1180/00264619854749510.1016/j.jas.2007.10.001>.
- John, D. A., Ayuso, R. A., Barton, M. D., Blakely, R. J., Bodnar, R. J., Dilles, J. H., Graybeal, F. T., Mars, J. C., McPhee, D. K., Seal, R. R., 2010. *Porphyry copper deposit model*. Scientific Investigations Report. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.
- Keller, P. C., Fuquan, W., 1986. A survey of the gemstone resources of China. *Gems and Gemology*, 22, 1, 9-10.
- Khazeni, A., 2014. *Sky Blue Stone: The Turquoise Trade in World History*. Univ of California Press.
- Kivlenko, E., 2003. *Geology of gems*. Ocean Pictures.
- Kim, J., Simon, A. W., Ripocche, V., Mayer, J. W., Wilkens, B., 2003. Proton-induced x-ray emission analysis of turquoise artefacts from Salado Platform Mound sites in the Tonto Basin of central Arizona. *Measurement Science and Technology*, 14, 9, 1579-1589. DOI: <https://doi.org/10.1088/0957-0233/14/9/309>.
- Kobusiewicz, M., Kabaciński, J., Schild, R., Irish, J. D., Wendorf, F., 2004. Discovery of the first Neolithic cemetery in Egypt's western desert. *Antiquity*, 78, 301, 566-578. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003598X00113225>.
- Kolitsch, U., Giester, G., 2000. *The crystal structure of faustite and its copper analogue turquoise*. De Gruyter.
- Kostov, R. I., 2010. Gem minerals and materials from the neolithic and chalcolithic periods in Bulgaria and their impact on the history of gemmology. *Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Γεωλογίας (Α.Π.Θ.)*, 100, 0, 391-398.
- Laufer, B., 1913. *Notes on Turquoise in the East*. Field Museum of Natural History, Chicago.
- Lijian, Q., Weixuan, Y., Mingxin, Y., 1998. Turquoise from Hubei Province, China. *Journal of Gemmology*, 26, 1.
- López, G. E. J., Coloca, F. I., Rosenbusch, M., Solá, P., 2018. Mining, macro-regional interaction and ritual practices in the South-central Andes: The first evidence for turquoise exploitation from the Late Prehispanic and Inca periods in Northwestern Argentina (Cueva Inca Viejo, Puna de Salta). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 17, Supplement C, 81-92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.09.036>.
- Lowry, J. D., Lowry, J. P., 2010. *Turquoise, the world story of a fascinating gemstone*. Gibbs Smith, Layton, Utah.
- Mao, Z., Feng, M., Zhang, S., Wang, C., 2005. A non-destructive test of the turquoise from the Jiahu site and a preliminary study of its source (in Chinese). *Huaxia Archaeology*, 1, 55-61.
- Mathien, F. J., 2000. Identifying sources of prehistoric turquoise in North America: problems and implications for interpreting social organization. *BEADS: Journal of the Society of Bead Researchers*, 12, 1, 17-37.
2001. The organization of turquoise production and consumption by the prehistoric Chacoans. *American Antiquity*, 66, 1, 103-118.
- McClure, S. F., Smith, C. P., 2000. *Gemstone enhancement and detection in the 1990s*. Gems & Gemology.
- Megahed, M. M., 2019. Archaeo-mineralogical Characterization of ancient copper and Turquoise mining in south Sinai, Egypt. *Archeomatica*, 9, 4.
- Momenzadeh, M., 2004. Metallic mineral resources of Iran, mined in ancient times: a brief review. *Persia's ancient splendour., Mining, Handicraft and Archaeology, Deutsches Bergbau-Museum, Bochum*, 8-21.
- Moro Benito, M. C., Cembranos Pérez, M. L., Fernández Fernández, A., 1995. Estudio mineralógico de las variscitas y turquesas silúricas de Punta Corveiro (Pontevedra, España). *Geogaceta*, 18, 176-180.
- Murthy, K. N., 1989. The occurrence of turquoise and faustite in Tras, Pahang.
- Narganes Storde, Y. M., 1995. La lapidaria de Sorce, Vieques y Tecla, Guayanilla, Puerto Rico. *Proceedings of the 16th International Congress for Caribbean Archaeology*. Richard, Basse-Terre, 17-26.
- Odrizola, C. P., Villalobos-García, R., 2015. La explotación de variscita en el Sinforme de Terena: el complejo minero de Pico Centeno (Encinasola, Huelva). *Trabajos de Prehistoria*, 72, 2, 342-352. DOI: 10.3989/tp.2015.12158.

- Othmane, G., Hull, S., Fayek, M., Rouxel, O., Lahd Geagea, M., Kyser, T. K., 2015. Hydrogen and copper isotope analysis of turquoise by SIMS: calibration and matrix effects. *Chemical Geology*, 395, 41-49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2014.11.024>.
- Pagès-Camagna, S., Colinart, S., 2003. The Egyptian Green Pigment: Its Manufacturing Process and Links to Egyptian Blue*. *Archaeometry*, 45, 4, 637-658. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1475-4754.2003.00134.x>.
- Patureau, J., Chiappero, P.-J., Lebocey, J., 2011. Mines et minéraux de Montebrias, Soumans, Creuse. *Le Règne Minéral*, 99.
- Pepper, G. H., 1909. The exploration of a burial-room in Pueblo Bonito, New Mexico. *Putnam Anniversary Volume. Anthropological Essays*, 196-252.
- Pogue, J. E., 1915. The Turquoise. *Mem. Nat. Ac. Sc., Washington*, 162.
- Qin, Y., Xu, Y. Y., Li, H. M., Li, S. X., Xi, Q. F., 2015. Turquoise Mine and Artefact Correlation for Some Bronze Age Archaeological Sites in Hubei Province, China. *Archaeometry*, 57, 5, 788-802. DOI: <https://doi.org/10.1111/arc.12126>.
- Queffelec, A., Fouéré, P., Bellot-Gurlet, L., Bérard, B., 2020a. Stone ornaments from Guadeloupe and Martinique Early Ceramic period sites (200 BC – AD 400), detailed analysis and comparison with a Late Ceramic period site (AD 750 – 1000). *Journal of Caribbean Archaeology*, 20.
- Queffelec, A., Fouéré, P., Bellot-Gurlet, L., Bérard, B., Rousseau, L., Villeneuve, J., 2020b. *Parures amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles Françaises : minéralogie, sources géologiques et fabrication*. Service Régional de l'Archéologie, Basse-Terre, Guadeloupe.
- Queffelec, A., Fouéré, P., Paris, C., Stouvenot, C., Bellot-Gurlet, L., 2018. Local production and long-distance procurement of beads and pendants with high mineralogical diversity in an early Saladoid settlement of Guadeloupe (French West Indies). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, 275-288. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.07.011>.
- Reddy, B. J., Frost, R. L., Weier, M. L., Martens, W. N., 2006. Ultraviolet-Visible, near Infrared and Mid Infrared Reflectance Spectroscopy of Turquoise. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 14, 4, 241-250. DOI: <https://doi.org/10.1255/jnirs.641>.
- Reiche, I., Vignaud, C., Calligaro, T., Salomon, J., Menu, M., 2000. Comparative analysis of odontolite, heated fossil ivory and blue fluorapatite by PIXE/PIGE and TEM. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 161, 737-742. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-583X\(99\)00807-1](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(99)00807-1).
- Reiche, I., Vignaud, C., Champagnon, B., Panczer, G., Brouder, C., Morin, G., Solé, V. A., Charlet, L., Menu, M., 2001. From mastodon ivory to gemstone: The origin of turquoise color in odontolite. *American Mineralogist*, 86, 11-12, 1519-1524. DOI: <https://doi.org/10.2138/am-2001-11-1221>.
- Rossi, M., Rizzi, R., Vergara, A., Capitelli, F., Altomare, A., Bellatreccia, F., Saviano, M., Ghiara, R. M., 2017. Compositional variation of turquoise-group minerals from the historical collection of the Real Museo Mineralogico of the University of Naples. *Mineralogical Magazine*, 81, 6, 1405-1429.
- Ruppert, H., 1982. *Zur Verbreitung und Herkunft von Türkis und Sodalith in Präkolumbischen Kulturen der Kordilleren*. Verlag Von Dietrich Reimer, Berlin.
1983. Geochemische Untersuchungen an Türkis und Sodalith aus Lagerstätten und präkolumbischen Kulturen der Kordilleren. *Berliner Beiträge zur Archäometrie*, 8, 101-210.
- Sabbaghi, H., 2018. A combinative technique to recognise and discriminate turquoise stone. *Vibrational Spectroscopy*, 99, 93-99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2018.09.002>.
- Salze, D., Arndt, N., Lopez, M., Raimbault, L. Classification des ressources minérales. *Classification des ressources minérales*.
- Sampietro Vattuone, M. M., Stagnaro, S. M., Giménez, R. G., Monné, J. L. P., Roldán, J., Maldonado, M. G., 2017. Graves, beads, and trade in Northwest Argentina: a first ED-XRF characterization of very well-formed objects. *Arqueología*, 23, 1, 27-43. DOI: <https://doi.org/10.34096/arqueologia.t23.n1.3656>.
- Shalaby, N., 2015. Wadi Maghara: A Copper and Turquoise Mine on the Periphery. *Current Research in Egyptology 2014: Proceedings of the Fifteenth Annual Symposium*. Oxbow Books, 167.
- Shigley, J. E., Dirlam, D. M., Laurs, B. M., Boehm, E. W., Bosshart, G., Larson, W. F., 2000. Gem localities of the 1990s. *Gems & Gemology*, 36, 4, 292-335.
- Shigley, J. E., Laurs, B. M., Janse, A. J. A., Elen, S., Dirlam, D. M., 2010. Gem Localities of the 2000s. *Gems & Gemology*, 46, 3, 188-216.
- Sigleo, A. C., 1975. Turquoise Mine and Artifact Correlation for Snaketown Site, Arizona. *Science*, 189, 4201, 459-460. DOI: [10.1126/science.189.4201.459](https://doi.org/10.1126/science.189.4201.459).
- Sigleo, A. M. C., 1970. Trace-element geochemistry of southwestern turquoise. University of New Mexico.
- Sillitoe, R. H., 2010. Porphyry copper systems. *Economic geology*, 105, 1, 3-41. DOI: <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.105.1.3>.
- Singer, D. A., Berger, V. I., Moring, B. C., 2002. *Porphyry copper deposits of the world: Database, maps, and preliminary analysis*. US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Singer, D. A., Berger, V. I., Moring, B. C., 2005. *Porphyry copper deposits of the world: database, map, and grade and tonnage models*. USGS Open-File Report 2005-1060.

- So, J. F., 2018. Connecting friend and foe: Western Zhou personal regalia in jade and colored stones. *Archaeological Research in Asia*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ara.2018.05.001>.
- Taniguchi, Y., Hirao, Y., Shimadzu, Y., Tsuneki, A., 2002. The first fake? Imitation turquoise beads recovered from a Syrian neolithic site, Tell El-Kerkh. *Studies in conservation*, 47, 3, 175-183.
- Thibodeau, A. M., Killick, D. J., Hedquist, S. L., Chesley, J. T., Ruiz, J., 2015. Isotopic evidence for the provenance of turquoise in the southwestern United States. *Geological Society of America Bulletin*, 127, 11-12, 1617-1631. DOI: <https://doi.org/10.1130/B31135.1>.
- Thibodeau, A. M., Luján, L. L., Killick, D. J., Berdan, F. F., Ruiz, J., 2018. Was Aztec and Mixtec turquoise mined in the American Southwest? *Science Advances*, 4, 6, eaas9370. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aas9370>.
- Villalobos García, R., Odriozola, C. P., 2016. Organizing the production of variscite personal ornaments in later prehistoric Iberia: the mines of Aliste and the production sites of Quiruelas de Vidriales (Zamora, Spain). *European Journal of Archaeology*, 19, 4, 631-651.
- Wang, R., Wang, C., Feng, M., Pan, W., 2007. The provenance study of prehistoric turquoises using trace elemental analysis (in chinese). *Cultural Relics of Central China*, 2, 101, 6.
- Watson, M., 1983. Turquoise – The Gemstone of Tibet. *The Tibetan Review*.
- Wei, D. G., Guan, H. R., 2003. Distribution, genesis and mark of turquoise in Ma'anshan area (in chinese). *Express Information of Mining Industry*, 10, 412, 19-20.
- Weigand, P. C., Harbottle, G., Sayre, E. V., 1977. Turquoise sources and source analysis: Mesoamerica and the southwestern USA. Dans Earle, T. K., Ericson, J. E. (dir.). *Exchange systems in prehistory*. Elsevier, 15-34.
- Welch, J. R., Triadan, D., 1991. The Canyon Creek Turquoise Mine, Arizona. *The Kiva*, 145-164.
- Wiesheu, W., 2013. China's first cities : The Walled Site of Wangchenggang in the Central Plain Region of North China. *Emergence and change in early urban societies*. Manzanilla, Linda.
- Young, S. M. M., 1995. *Isotope ratio determination by ICP-MS and its application in archaeometry*. Departement of Earth and Planetary Science, Harvard University, Cambridge.
- Young, S. M. M., Mathien, F. J., Phillips, Jr, D. A., 1997. The isotopic and trace chemistry of source-tracing turquoise in the southwest USA and Mesoamerica. *The isotopic and trace chemistry of source-tracing turquoise in the southwest USA and Mesoamerica*. Nashville.
- Young, S. M. M., Phillips, Jr, D. A., Mathien, F. J., 1994. Lead isotope analysis of turquoise in the Southwestern USA and Mesoamerica. *Lead isotope analysis of turquoise in the Southwestern USA and Mesoamerica*. Ankara, Turkey.
- Zwaan, P. C., Zwaan, P. C., 1974. *Garnet, corundum and other gem minerals from Umba, Tanzania*. Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie.

3.4.1 Analyses isotopiques de turquoises archéologiques guadeloupéennes

Les études sur la provenance des turquoises sont assez peu nombreuses au vu de la distribution importante de ce minéral dans l'artisanat lapidaire aussi bien dans le temps que dans l'espace (QUEFFELEC, 2020). Pourtant, dans les Caraïbes, et en Guadeloupe en particulier, ce matériau semble être l'un des rares possédant un potentiel dans ce sens. Dans le cadre de cette thèse, des analyses isotopiques sur les turquoises ont été menées, sous la forme de 3 semaines de mesures en sonde ionique (SIMS) au laboratoire CRPG de Nancy, complétées par quelques analyses au microscope électronique à balayage et des analyses isotopiques en spectrométrie de masse en voie liquide sur des échantillons naturels pour calibration de la méthode. Ces analyses ont montré toute la complexité du sujet, depuis la préparation des échantillons jusqu'à la compréhension des résultats et ce travail s'est confirmé comme un projet à mener à moyen terme.

Pour rappel, les analyses par sonde ionique impliquent le bombardement de la surface de l'objet avec un faisceau d'ions, permettant l'extraction d'ions secondaires issus de l'objet. Ces ions sont ensuite accélérés et séparés par un champ magnétique selon leur masse. Chacune de ces masses est collectée sur un détecteur qui compte donc la quantité de chacun des isotopes sélectionnés. Afin de calibrer ces appareils extrêmement précis (mesure de très petites quantités) mais pas forcément justes (la valeur peut être décalée par rapport à la réalité), j'ai commencé à regrouper des échantillons naturels de turquoise afin qu'ils servent de référentiel en étant analysés au préalable par d'autres méthodes qui sont, elles, destructives, mais qui permettent d'obtenir des valeurs justes. En parallèle, pour se faire une première idée de la pertinence de la méthode et de l'homogénéité ou non des échantillons antillais, des mesures ont été réalisées sur des objets archéologiques. Le tableau 3.2 regroupe les informations concernant ce début de collection de référence et les objets archéologiques analysés. Je tiens ici à remercier J. M. Kenoyer (University of Madison), M. Fayek (University of Manitoba), C. Ferraris (MNHN), F. Notari (GGTL Laboratories) et H. Alarashi (IMF-CSIC) pour m'avoir fourni ces échantillons naturels.

N° Echantillon	N° BDD projet PAAF	Provenance	Pays	Région	Don	Masse	d D (nb pts)	d 65Cu (nb pts) SIMS	d Pb (nb pts)	d 65Cu (nb pts) ICP-MS
GT-1		Green Tree, USA	USA	Nevada	Fayek	0.61	2017 (11)	2017 (5)	2019 (15)	2019 (10)
BG-1		Blue Gem, USA	USA	Nevada	Fayek	1.05	2017 (11)	2017 (8)	2019 (15)	2017 (3) 2019 (13)
LD-1		Leadville, USA	USA	Colorado	Fayek	2.04	2017 (5)	2019 (25)	2017 (8)	2020
VG-1		Villa Grove, USA	USA	Colorado	Fayek	0.21	2017 (5)	2019 (25)	2017 (8)	
CS-1		Castilian, USA	USA	New Mexico	Fayek	0.66	2017 (13)	2017 (8)	2019 (15)	2017 (3) 2019 (9)
GMT-54	GD-01-035	Gare Maritime	France	Guadeloupe	Archéo	0.05	2017 (9)	2017 (10)	2017 (2) 2019 (3)	2020
GMT-14	GD-01-040	Gare Maritime	France	Guadeloupe	Archéo	0.02	2017 (12)	2017 (9)	2017 (2) 2019 (3)	
GMT-104	GD-01-036	Gare Maritime	France	Guadeloupe	Archéo	0.03	2017 (3)	2017 (3)	2017 (10)	
GMT-18	GD-01-032	Gare Maritime	France	Guadeloupe	Archéo	0.31	2017 (5)	2017 (3)	2019 (10)	2017 (10) 2019 (2)
GMT-16	GD-01-031	Gare Maritime	France	Guadeloupe	Archéo	0.13	2017 (3)	2017 (3)	2019 (14)	2017 (1) 2019 (10)
GMT-51	GD-01-034	Gare Maritime	France	Guadeloupe	Archéo	0.76	2017 (3)	2017 (3)	2017 (3) 2019 (4)	2017 (3) 2019 (4)
GMT-46	GD-01-033	Gare Maritime	France	Guadeloupe	Archéo	0.11	2017 (3)	2017 (3)	2017 (2) 2019 (5)	2017 (2) 2019 (5)
AAG-Z63-S4-I6	GD-03-007	Anse à la Gourde	France	Guadeloupe	Archéo	0.05	2017 (3)	2017 (3)	2017 (10)	
MO-1		Montebras	France	Creuse	MNHN	1.29	2019 (14)	2019 (14)	2019 (4)	2020
AZ-1		Abu Zenima	Egypt		MNHN	0.32	2019 (25)	2019 (25)	2019 (4)	
LC-1		Los Cerillos	USA	New Mexico	MNHN	0.53	2019 (20)	2019 (20)	2019 (4)	
SI-1		Sinai	Egypt	Sinai	Kenoyer	11.65				2020
KI-1		Kingsman	USA	New Mexico	Kenoyer	15.11				
BI-1		Bisby	USA	New Mexico	Kenoyer	3.82				
SB-1		Sleeping Beauty	USA	Arizona	Kenoyer	9.00				
ME-1			Mexique		Kenoyer	15.35				
KA-1			Kazakhstan		Kenoyer	3.07				
KE-1		Kerman	Iran		GGTL	0.38				
NI-1		Nishapur	Iran		GGTL	0.33				
KM-1		King's Mine	USA	Colorado	GGTL	0.36				
SI-2		Sinai	Egypt	Sinai	Alarashi	4.66				

TABLEAU 3.2 – Liste des échantillons naturels regroupés afin de servir de référentiel, et des objets archéologiques ayant permis une première série de mesure pour tester la méthode.

3.4.1.1 Préparation des échantillons

Afin de réaliser des analyses par sonde ionique, les échantillons doivent être préparés d'une façon particulière afin de présenter une surface plane, polie et conductrice. Pour ce faire, les échantillons sont inclus dans un métal mou, ici de l'indium. Les surfaces exposées sont ensuite légèrement polies puis le tout est recouvert d'une pellicule extrêmement fine d'or (quelques nanomètres) afin de le rendre conducteur. Cette préparation des échantillons s'est révélée malheureusement complexe à mettre en œuvre pour nos échantillons archéologiques et a malheureusement conduit à abîmer quelques échantillons.

3.4.1.2 Isotopie de l'hydrogène et de l'oxygène

Dans le but de comparer nos résultats avec ceux de la littérature et en particulier ceux de l'équipe la plus avancée sur le sujet (HULL et al., 2014 ; HULL et al., 2008), les premières séances de mesure intégraient l'analyse des isotopes d'éléments légers que sont l'hydrogène et l'oxygène. Ceci était d'ailleurs une des raisons de l'utilisation de la sonde ionique pour ces analyses car il s'agit de la seule méthode permettant ce type de mesures. Toutefois, il s'est avéré au fil des discussions et au vu de publications plus récentes (THIBODEAU et al., 2015 ; THIBODEAU et al., 2018), que les isotopes des éléments lourds seraient probablement plus intéressants à étudier pour s'intéresser à des provenances à de larges échelles. En effet, les isotopes de l'hydrogène et de l'oxygène renseignent sur les eaux météoriques ayant participé dans le processus de cristallisation du minéral. Cette caractérisation ne semble pas la plus pertinente pour établir la provenance régionale de turquoise d'origine totalement inconnue, au contraire des éléments plus lourds (cf. infra). Nous ne présenterons donc pas ici ces résultats, ils sont présentés et discutés dans les rapports du projet PAAF.

3.4.1.3 Isotopie du cuivre

Cet élément constitutif et caractéristique de la turquoise qu'est le cuivre est le seul élément mesuré en commun par les deux équipes ayant travaillé sur les isotopes dans les turquoises (HULL et al., 2014 ; HULL et al., 2008 ; THIBODEAU et al., 2015). Au vu du mode de cristallisation de la turquoise (QUEFFELEC, 2020) il est en effet fort probable qu'il puisse tracer la provenance du matériau car il provient du pluton à l'origine de

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

l'enrichissement local en éléments métalliques et peut donc être différent d'une source de turquoise à l'autre, à l'échelle globale. La session 2019 de mesures par sonde ionique s'est donc largement concentrée sur cet objectif, et a permis d'observer des grandes disparités intra- et inter-échantillons. Si la sonde ionique est une méthode très peu invasive et permettant de mesurer les compositions isotopiques de l'intégralité du tableau périodique des éléments, elle ne permet pas, par contre, de s'affranchir de certaines limitations inhérentes à la technique et aux échantillons mesurés. Aussi, afin de calibrer les mesures de la sonde ionique du $\delta^{65}\text{Cu}$ ¹, nous avons procédé à des mesures de composition isotopique du cuivre par une autre méthode permettant de s'affranchir de ce problème mais demandant de dissoudre une certaine quantité d'échantillon. Ces mesures doivent servir de standard, d'étalon, pour améliorer la robustesse des résultats de sonde ionique. Nous avons donc pu faire mesurer la composition isotopique du cuivre de quatre échantillons au laboratoire toulousain Géosciences Environnement grâce à Stéphanie Duchêne. Grâce à ces mesures et aux données issues de la littérature, il a été possible de corriger les mesures réalisées à la sonde ionique, permettant d'obtenir la figure 3.4. On remarque qu'après cette calibration, par exemple ici après la normalisation avec la valeur de Blue Green issue de la littérature, on retrouve des données s'alignant assez bien sur une droite $y = x$ pour certains échantillons. L'échantillon CS1 est très éloigné, il est fort probable que sa teneur en fer très importante modifie le fractionnement instrumental de la mesure (modification du rapport isotopique réel induit par les paramètres de la machine et de l'échantillon) comme cela a été démontré par Othmane et collaborateurs (2015). Les mesures de LD1, quant à elles, montrent des valeurs de centrage élevées dans les données brutes issues de l'appareil de mesure, traduisant un problème de charge et/ou de planéité de l'échantillon durant la mesure, pouvant avoir un impact également sur le fractionnement instrumental. Ces résultats sont encourageants quant à notre capacité à obtenir des valeurs correctes mais demanderont encore à être complétés, à la fois à la sonde ionique et en ICP-MS en voie liquide, pour réaliser ce même type de graphique avec plus d'échantillons. Si la variabilité de l'intensité du signal peut se comprendre assez aisément dans ce type de minéral supergène et dont la composition tient plutôt de la solution solide planérite-turquoise que de la turquoise pure (FOORD & TAGGART, 1998), il est assez surprenant de voir autant de variations dans la valeur du rapport isotopique. Cette variabilité intra-échantillon n'est pas observée dans les matériaux

1. $\delta^{65}\text{Cu} = ((65\text{Cu}/63\text{Cu})_{\text{mesuré}} / (65\text{Cu}/63\text{Cu})_{\text{référence}} - 1) * 1000$

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

analysés par MATHUR et al. (2009, fig. 3). Ceci pourra sans doute être étudié de plus près par la réalisation d'une cartographie par femtoLA-ICP-MS sur surface polie d'échantillon naturel afin de mieux comprendre ce phénomène. Cette variabilité inter-échantillons, par contre, est attendue et peut même être considérée comme un point positif dans la perspective de l'établissement de la provenance des matériaux. La littérature indique en effet que si les minéraux cuprifères primaires montrent des valeurs contraintes, le panel de rapports isotopiques peut, au contraire, s'étendre fortement quand il s'agit de minéraux secondaires (MATHUR et al., 2009). De forts fractionnements isotopiques sont donc à l'œuvre lors des transformations minéralogiques qui se produisent autour d'un porphyre cuprifère, source la plus courante de turquoise. Le cuivre étant originaire du matériau intrusif dans le cas des systèmes de porphyre cuprifère, il est en effet logique que ce ratio soit variable d'un pluton à l'autre, et c'est d'ailleurs ce qui est observé (MATHUR et al., 2009).

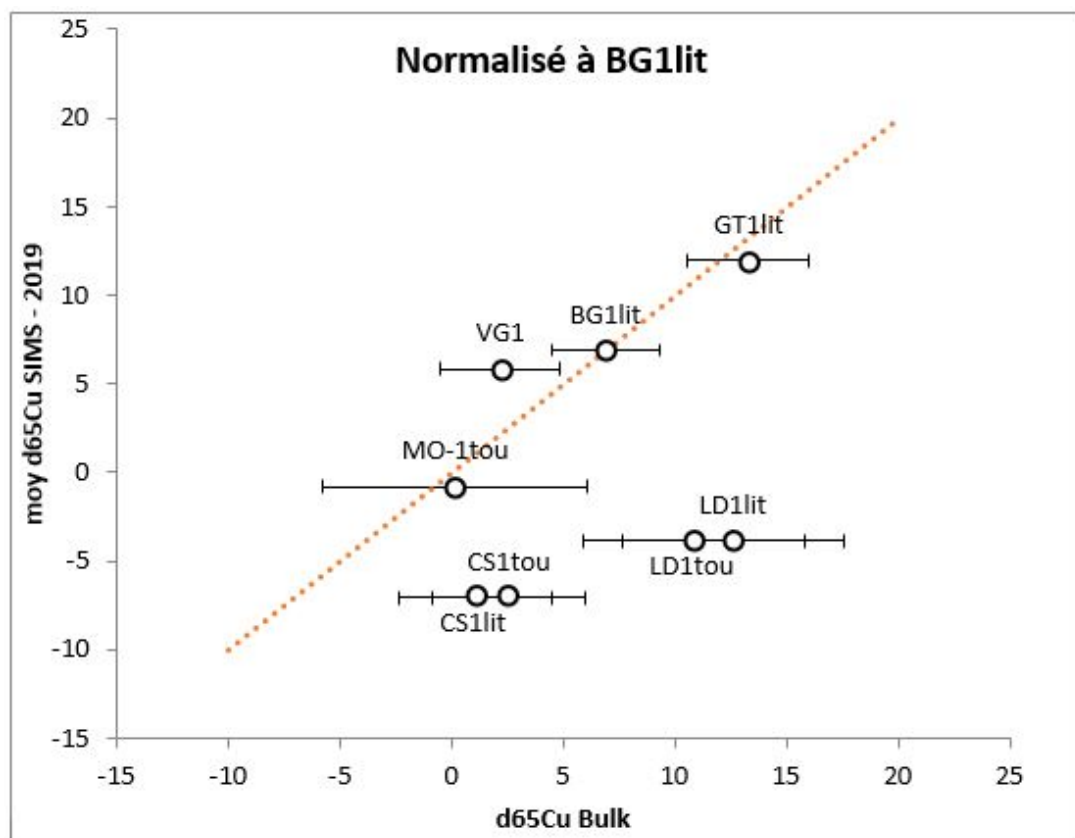


FIGURE 3.4 – Calibration des mesures SIMS du $\delta^{65}\text{Cu}$ grâce aux mesures réalisées en voie liquide dans la littérature et dans le cadre du projet PAAF

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

Considérons désormais que cette normalisation à BG1 est fonctionnelle, que nous donnons alors les résultats sur la composition isotopique du cuivre dans ces échantillons de turquoise? La figure 3.5 présente le rapport isotopique $\delta^{65}\text{Cu}$ en fonction de la concentration en cuivre de l'échantillon (ici via le proxi ^{65}Cu (en coups par seconde) normalisé à l'intensité primaire du faisceau d'ions primaires (en nA).

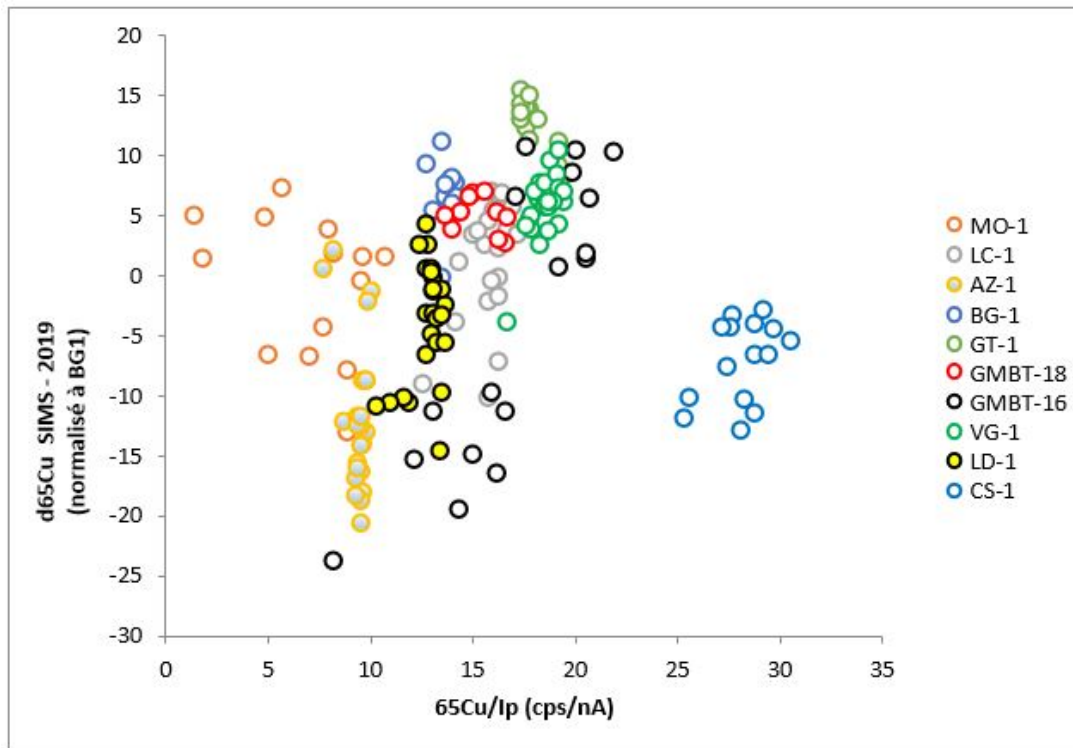


FIGURE 3.5 – Distribution du $\delta^{65}\text{Cu}$ pour chaque échantillon mesuré en sonde ionique, en fonction de la concentration en cuivre représentée ici par le proxi $^{65}\text{Cu}/\text{Ip}$

On peut faire quelques commentaires à partir de ce graphique :

1. Il y a des échantillons avec de grandes variations $^{65}\text{Cu}/\text{Ip}$ ce qui traduit d'une grande hétérogénéité chimique en Cu (zonation?). À l'inverse certains échantillons sont très homogènes.
2. De la même manière certains échantillons montrent de faibles variations de $\delta^{65}\text{Cu}$ et d'autres de très grandes variations.
3. Il n'y a pas de corrélation évidente entre $\delta^{65}\text{Cu}$ et $^{65}\text{Cu}/\text{Ip}$ au sein d'un échantillon (à l'exception de GMBT-16 qui semble montrer 2 populations bien distinctes). Cela pourrait indiquer que la variabilité au sein d'un échantillon reflète majoritairement

une variabilité isotopique réelle de l'échantillon plutôt qu'un fractionnement isotopique de mesure mal contrôlé. Pour s'en assurer, il sera nécessaire de comparer les données SIMS avec des mesures chimiques ponctuelles à proximité des points de SIMS car le paramètre $^{65}\text{Cu}/\text{Ip}$ ne donne une info que sur les variations de teneurs en Cu. Des variations en d'autres éléments chimiques pourraient également interférer, notamment le fer.

3.4.1.4 Isotopie des éléments lourds (plomb, uranium, thorium)

L'autre direction prometteuse concerne les éléments lourds et en particulier les isotopes du plomb, de l'uranium et du thorium. En effet, ces éléments sont généralement moins sujets à des fractionnements isotopiques liés aux conditions de mesure à cause de leur masse importante. Ils sont, de plus, présents en quantité relativement importante et n'ont pas posé de problème majeur de mesure lors des premières séances grâce à la très grande sensibilité des équipements de dernière génération. Ce sont des éléments utilisés par une des équipes qui travaille déjà sur l'isotopie des turquoises, avec une approche géologique fort intéressante basée sur la datation de la cristallisation des turquoises grâce aux isotopes des éléments lourds. Cette équipe, qui réalise des mesures en ICP-MS en voie liquide, a obtenu des résultats intéressants (THIBODEAU et al., 2015; THIBODEAU et al., 2018) et il semble possible de réaliser le même type d'études mais sans dissolution d'échantillon, grâce aux analyses en sonde ionique. Les résultats présentés ci-dessous comportent les rapports isotopiques des isotopes 206, 207 et 208 de cet élément chimique (Figures 3.6 et 3.7). Les mesures sont plus resserrées mais cependant une certaine variabilité intra-échantillon est visible, qu'il n'est pas possible de comparer, pour l'instant, avec des données de la littérature, puisqu'il n'existe pas de données publiées avec ce niveau de précision spatiale des mesures. En effet, les seules autres mesures isotopiques du plomb dans des turquoises ont été réalisées par une autre méthode, consommant plus de matière et dont nous ne connaissons donc qu'une valeur moyenne par échantillon (points noirs sur les graphiques). Outre cette variabilité intra-échantillon, les mesures montrent également de fortes différences entre les échantillons. L'échantillon français, en provenance de Montebrias (MO-1), semble par contre problématique au niveau de la mesure. Ses teneurs en plomb sont en effet bien plus basses que les autres échantillons et il est fort probable que cette pauvreté empêche toute mesure fiable du signal. Le même problème pourrait s'appliquer à GMBT-51 qui, lui aussi, montre des taux

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

de comptage très faibles. Basé sur ces rapports isotopiques du plomb, les échantillons archéologiques guadeloupéens ne semblent pas se distinguer des échantillons du Sud-Ouest des USA (Figure 3.7). Notre approche, globale, incluant des échantillons naturels non américains (un seul pour l'instant, MO-1 ayant trop peu de plomb), montre toutefois que l'échantillon égyptien entre également pleinement dans cette variabilité. La question de l'utilisation du plomb seul comme proxy de la provenance des turquoises semble donc compromise, mais il faudra vérifier cela par d'autres échantillons, l'échantillon égyptien pouvant n'être similaire que par un malheureux hasard.

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

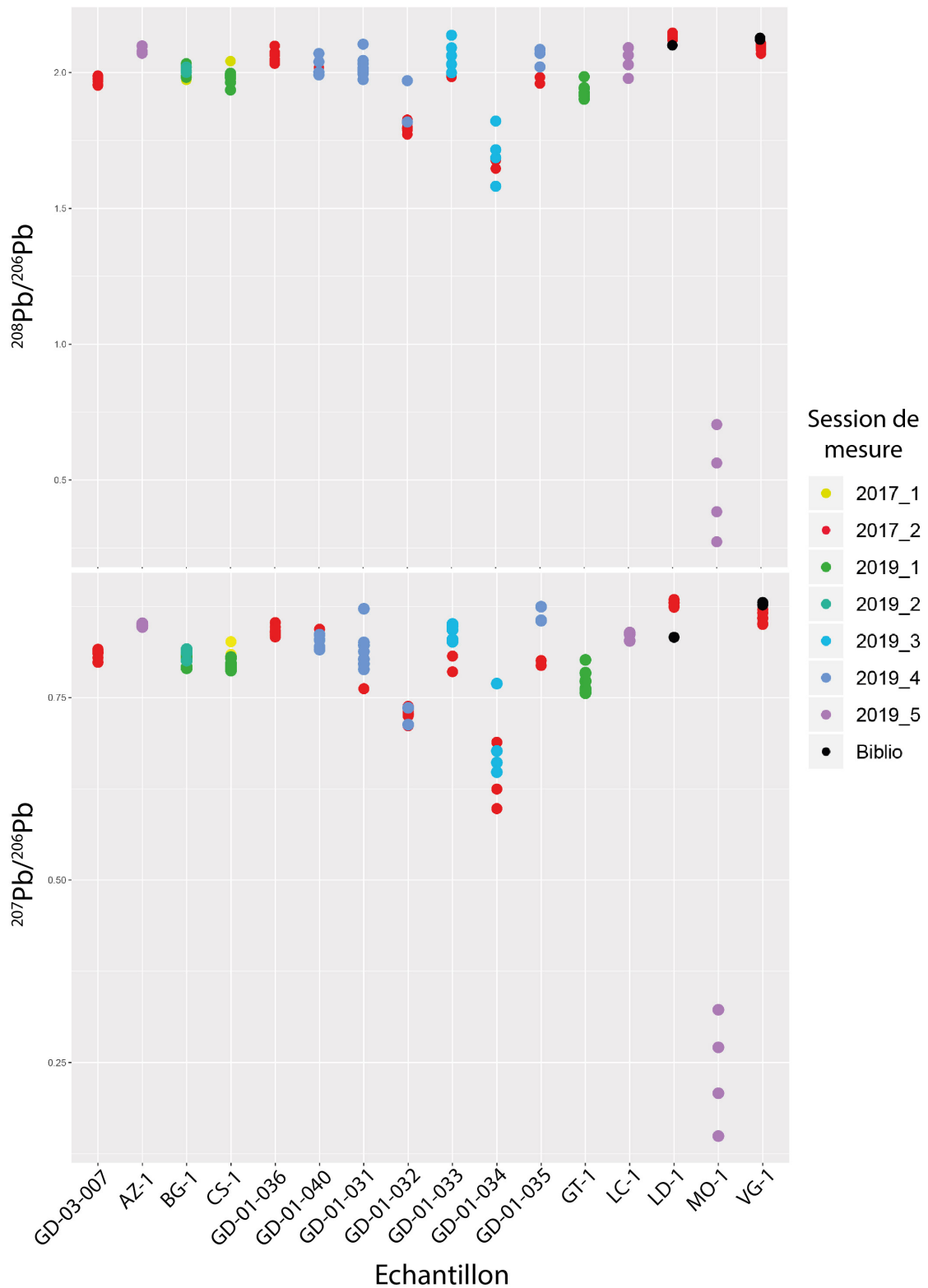


FIGURE 3.6 – Répartition des mesures, par échantillon, et par session de mesure, pour les isotopes du plomb.

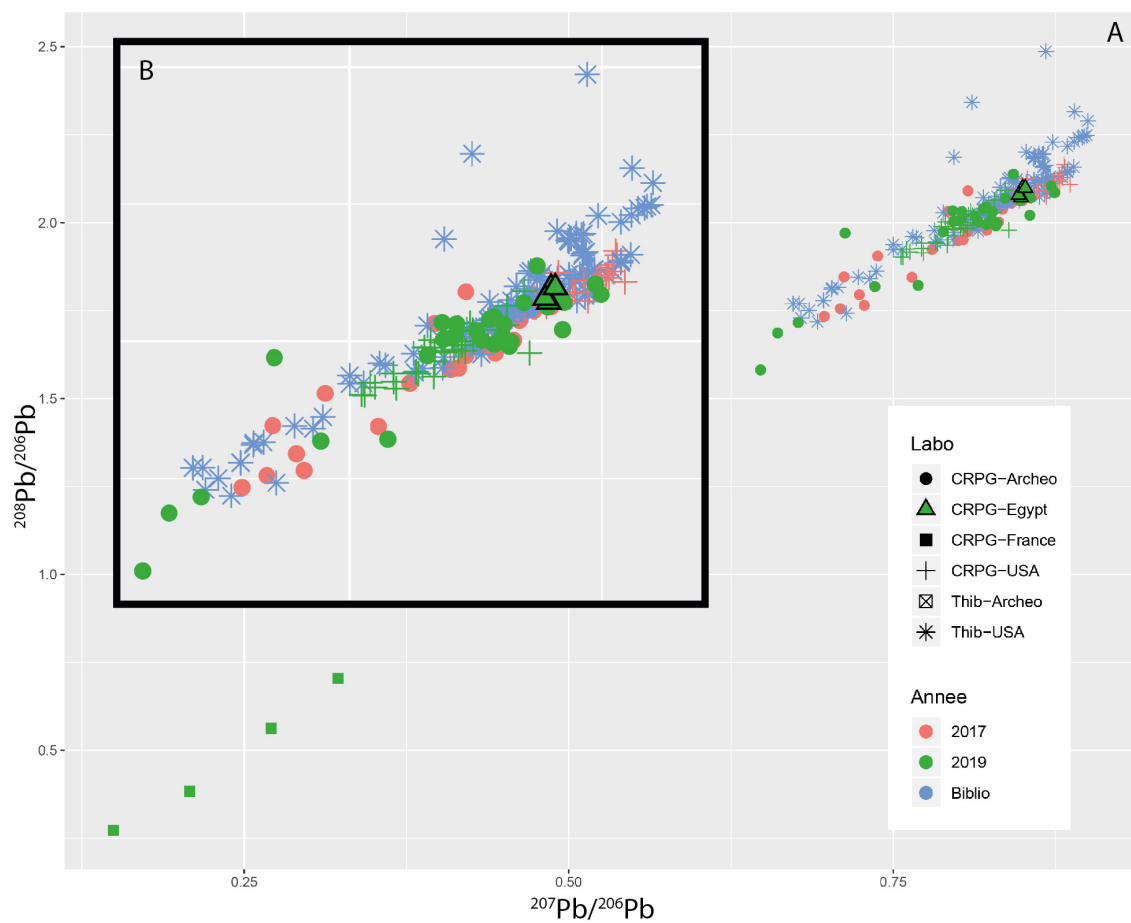


FIGURE 3.7 – Dispersion des mesures in situ des rapports isotopes du plomb, et comparée aux données en roche totale de la littérature (répartition générale (A) et zoom (B)).

3.4.2 Perspectives

Les travaux menés jusqu'à présent sur la turquoise ont montré un potentiel intéressant et ont permis de créer un premier groupe de travail intéressé par la question. Le travail demande à être largement poursuivi, mais nous avons d'ores et déjà évolué dans notre façon de voir ces analyses. La préparation des échantillons pour les analyses en sonde ionique n'étant pas satisfaisante pour nos échantillons archéologiques, nous avons testé une autre méthode d'analyse demandant moins de préparation : l'analyse par FemtoLA-ICP-HRMS (Femtosecond Laser Ablation - Inductive Coupled Plasma - Mass Spectrometry). Ces analyses ont récemment fait des sauts qualitatifs importants et pourraient permettre des mesures plus rapides, plus automatisées et demandant moins de préparation d'échantillon : un simple polissage très léger de la surface à analyser est nécessaire, sans nécessité de rendre l'échantillon conducteur, supprimant donc les étapes d'inclusion dans l'indium et la dorure. Un essai méthodologique a été réalisé à l'IPREM (Université de Pau et des Pays de l'Adour), grâce à C. Pecheyran, et s'est avéré concluant, les trous réalisés dans la turquoise avec le laser de l'appareil faisant exactement la taille prévue, permettant de réaliser tout sortes de formes, d'analyser toutes dimensions de volume de matière, sans brûler l'échantillon, ce qui était redouté. Ces tests ont également confirmé la trop faible teneur en strontium pour réaliser des analyses micro-destructives sur les turquoises pour cet élément. Nos premiers résultats semblent très prometteurs en ce qui concerne le cuivre. Il s'agira désormais de poursuivre la création de standards à partir d'échantillons naturels, avec dissolution des échantillons. Il faudra également travailler sur la cartographie du cuivre, des autres éléments chimiques pouvant interférer avec les mesures et essayer de cartographier les variations observées dans le $\delta^{65}\text{Cu}$ (Figure 3.5). Ceci nous permettra de mieux comprendre les variations internes dans ce matériau et ainsi d'interpréter plus facilement les mesures sur les objets archéologiques qui ne pourront être, elles, que ponctuelles. L'analyse de la composition isotopique des éléments lourds tels que le plomb a montré son efficacité et demandera à être testée en fsLA-ICP-HRMS afin de vérifier que leur concentration est suffisante pour cette méthode. L'étude de ces éléments permettra, nous l'espérons, d'avancer dans la connaissance des provenances par une approche géologique et de datation, afin de pouvoir cerner les potentielles régions d'origine des turquoises archéologiques en l'absence de référentiel intégral de toutes les turquoises potentiellement utilisées par les Amérindiens. En ce

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

qui concerne les éléments légers tels que l'hydrogène et l'oxygène, au contraire, nous considérons comme peu probable que nous puissions en tirer des résultats intéressants à une échelle plus large que le Sud-Ouest des USA. Aussi, il ne nous apparaît pas nécessaire de poursuivre dans cette voie.

3.5 La provenance des matières, un rêve inatteignable ?

Une des particularités de la parure lapidaire, nous l'avons noté (Section 1.2), est la possibilité de pouvoir remonter au lieu d'origine de la matière première, le plus souvent grâce à des analyses géochimiques. Les matériaux identifiés jusqu'à présent dans les sites de l'âge Céramique des îles Caraïbes ont fait l'objet de propositions de provenance par plusieurs archéologues (Tableau 3.3), en se basant uniquement sur l'existence de ces matériaux dans les contextes proposés, sans qu'aucune démarche supplémentaire soit engagée, si ce n'est la tentative très maladroite de KNAF et al. (2022), qui analysent les éléments traces d'objets de parure qui ne sont sans doute pas en jadéite, pour les comparer avec un référentiel de jadéite. Nombre de ces matériaux ne sont pas, aujourd'hui, sans un développement méthodologique complet et la création de référentiels, des matériaux utilisés dans les études de provenance en archéologie ou en gemmologie. Les travaux sur la turquoise n'ayant pas pu aboutir jusqu'à présent, au vu de la complexité des analyses et de la méthodologie à mettre en place, je n'ai malheureusement pas pu faire mieux. Il reste également la possibilité de la diorite (ANTONELLI et al., 2010), qui devrait faire l'objet de travaux dans un futur proche, ou encore la cornaline, qui a déjà fait l'objet d'études concluantes dans d'autres contextes (CARTER & DUSSUBIEUX, 2016; INSOLL et al., 2004; THEUNISSEN et al., 2000).

3. De l'identification des matériaux à l'étude de leur provenance

Gemme	Provenance proposée	Référence
Améthyste	Brésil	Cody 1991
	Amérique du Sud	Rodriguez 1993 ; Murphy 1999
	Martinique	Hofman 2007
	Pas Martinique	Queffelec et al. 2018
Aventurine	Brésil	Rodriguez 1993
Barityne	Antigua	Murphy 1999 ; Hofman et al. 2007
Calcite	Guadeloupe, Antigua, St. Martin, Anguilla, Porto Rico	Hofman et al. 2007
Cornaline	République Dominicaine	Cody 1993
	Amérique du Sud ou Grandes Antilles	Crock & Bartone 1998
	Inconnu	Murphy 1999
	Antigua	Murphy et al. 2000
Cristal de roche	Antigua	Murphy 1999
	Porto Rico, St. Martin, Antigua, Martinique et autres îles volcaniques	Hofman et al. 2007
Diorite	St. Martin	Murphy 1999
	Tobago	Mones 2007
Malachite	Porto Rico, Amérique du Sud	Rodriguez 1993
	Inconnu	Murphy 1999
	Antigua	Murphy 2000
Néphrite	Brésil	Cody 1991, 1993
	Amérique Centrale et du Sud	Rodriguez 1993 ; Murphy 1999
	Continent	Hofman et al. 2007
Serpentine	Grandes Antilles et Vénézuéla	Cody 1993
	Porto Rico	Rodriguez 1993
	Côte Vénézuéla, Porto Rico	Murphy 1999 ; Hofman et al. 2007
Sudoïte	Panama, Colombie, Hispaniola, Cuba	Queffelec et al. 2021
Turquoise	Nord Chili et Est Brésil	Cody 1993
	Brésil, Pérou, Autres	Rodriguez 1993
	Continent	Murphy 1999 ; Hofman et al. 2007

TABLEAU 3.3 – Provenances proposées dans la littérature archéologique pour les matériaux utilisés à l'âge Céramique

Chapitre 4

Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

4.1 Introduction

Si la production de nouvelles données sur les ensembles archéologiques dans cette thèse s'est uniquement concentrée sur des sites des îles françaises (Chapitre 2), et bien que le travail sur les matières premières intègre une géographie plus large (Chapitre 3), il est évidemment nécessaire de replacer ces résultats dans un cadre plus large d'un point de vue archéologique pour espérer répondre aux questions posées sur les sociétés de l'âge Céramique dans les îles Caraïbes. Pour ce faire, une base de données a été créée, intégrant non seulement les données nouvellement acquises pour les îles françaises, mais également une revue intensive de la littérature (Section 4.2). Ce travail de compilation est la base de l'analyse régionale de la parure lapidaire amérindienne fondée sur des analyses géographiques et statistiques permettant d'apporter enfin une vision quantifiée, tant en synchronie qu'en diachronie, de cette production matérielle si particulière des sociétés caraïbes (Section 4.3 et 4.4).

4.2 Une base de données à l'échelle des Antilles

4.2.1 Publication de la base de données

Les vestiges issus de la production d'artisanat lapidaire montrent une grande abondance et une grande diversité durant l'âge Céramique dans les Antilles, en particulier au début de cette période. La plupart des matériaux employés pour cette production n'existent pas à l'état naturel sur les îles des Petites Antilles, néanmoins, de nombreux sites archéologiques ont livré de tels objets. Au long d'un projet d'une durée de 4 ans, une base de données a été créée, regroupant nos propres observations, études et analyses, ainsi que la compilation de la littérature sur le sujet. **Il en résulte un jeu de données incluant plus de 80 sites et presque 8000 perles, pendentifs, ébauches et fragments de matière première.**

Ce travail a été mis en ligne sous la forme de prépublication (QUEFFELEC, FOUÉRE & CAVERNE, 2020), reviewé par quatre chercheurs et recommandé par *Peer Community In Archaeology* (MARWICK, 2021), puis publié (et assorti d'un corrigendum) dans la revue *Journal of Open Archaeology Data*, une revue *Open Access* (QUEFFELEC, FOUÉRE & CAVERNE, 2021). Il décrit la base de données mise en ligne et accessible à tous sur un serveur Filemaker hébergé par le TGIR Huma-Num (https://fm02.db.humanum.fr/fmi/webd/PACEA_PAAF). Il permet également de mettre en avant la mise à disposition de ces données sous forme de SIG en ligne et multilingue sur la plateforme ArkeoGIS (<https://arkeogis.org/en/>).



A Database of Lapidary Artifacts in the Caribbean for the Ceramic Age

DATA PAPER

ALAIN QUEFFELEC 

PIERRICK FOUÉRÉ

JEAN-BAPTISTE CAVERNE

**Author affiliations can be found in the back matter of this article*

]u[ubiquity press

ABSTRACT

Lapidary artifacts show an impressive abundance and diversity during the Ceramic period in the Caribbean islands, especially at the beginning of this period. Most of the raw materials used in this production do not exist naturally on the islands of the Lesser Antilles, nevertheless, many archaeological sites have yielded such artifacts on these islands. In the framework of a four-years-long project, we created a database by combining first hand observations and analysis, as well as a thorough literature survey. The result is a database including more than 100 sites and almost 5000 beads, pendants, blanks and raw material fragments.

CORRESPONDING AUTHOR:

Alain Queffelec

PACEA UMR5199 CNRS, Univ.
Bordeaux, Ministère de la
Culture, Pessac, F-33615, FR
alain.queffelec@u-bordeaux.fr

KEYWORDS:

Caribbean; Lapidary artifacts;
Ceramic Age; Beads; Pendants;
Raw materials

TO CITE THIS ARTICLE:

Queffelec A, Fouéré P, Caverne
J-B 2021 A Database of
Lapidary Artifacts in the
Caribbean for the Ceramic Age.
*Journal of Open Archaeology
Data*, 9: 2, pp. 1–11. DOI:
<https://doi.org/10.5334/joad.74>

(1) OVERVIEW

CONTEXT

The PAAF Project

This database has been created in the framework of the PAAF Project (**Parures Amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles Françaises**), which were funded from 2016 until 2019 by the French Ministry of Culture and the Guadeloupe Regional Council. This project consisted in three workpackages, including *chaînes opératoires* studies, gemology, and the creation of a regional database and GIS. More information on the other results obtained during this project can be found in [1–3].

Archaeological context

Early ceramic sites in the Antilles, comprising ancient cedrosan Saladoid and huecan Saladoid sites, are well known to deliver remarkable collections of lapidary artwork (e.g. [4–8]). These first formative occupations of the Antillean archipelago are dated back to the second half of the first millennium BC until the end of the fourth century AD. Linked to a pioneering agro-ceramic dynamic, these groups are characterized by a predetermined economic system based on horticulture, fishing, hunting, foraging, and associated with the introduction of animal and vegetal species from the continent [9]. They are also distinguished by a ceramic and lapidary production testifying of an exceptional social, technological and symbolic investment, and by the settling of important long distance networks. After this specific period of time when the lapidary craftsmanship seems to be at the center of the symbolic production of the inhabitants of the Antilles, the middle, recent and late Ceramic periods decrease their investment in this type of personal ornaments (e.g. [2, 9–12]).

Quite surprisingly, little work has been specifically dedicated to the study of the lapidary personal ornaments in the Antilles, despite the potential information one could extract from it. The most comprehensive study of these artifacts is clearly the one made by Cody [5, 13] based on a survey she sent by post to every archaeologist working in the Caribbean area to build a database. This major work enabled her to compare the results she obtained for the site of Pearls, on Grenada [14], to the rest of the Antilles by building a first framework of inter-islands relationship.

Since the work done at the beginning of the 1990's, no comprehensive analysis of this part of the material production of the Amerindians has been conducted on a regional scale. Putting together the older data with the recent one will hopefully allow the research community to better understand the changes in the society of the first phases of the Ceramic age.

SPATIAL COVERAGE

The geographic distribution of the dataset encompasses the complete archaeological record of the Caribbean islands. However, some islands did not yield any lapidary artifacts, or at least none that we could find in the literature. We registered the lapidary artifacts for all the regions of the Caribbean arc which can be divided in the Lesser Antilles (Leeward Islands and Windward Islands), the Greater Antilles (Puerto Rico, Hispaniola, Jamaica, Cuba) and the Lucayan archipelago (Bahamas, Turks and Caicos Islands). The northernmost site in our dataset is Minnis-Ward, the southernmost is Erin Bay, the easternmost is Lovers Retreat (TOB-69) and the westernmost is E2 Fort Charles ([Figure 1](#), [Table 1](#)).

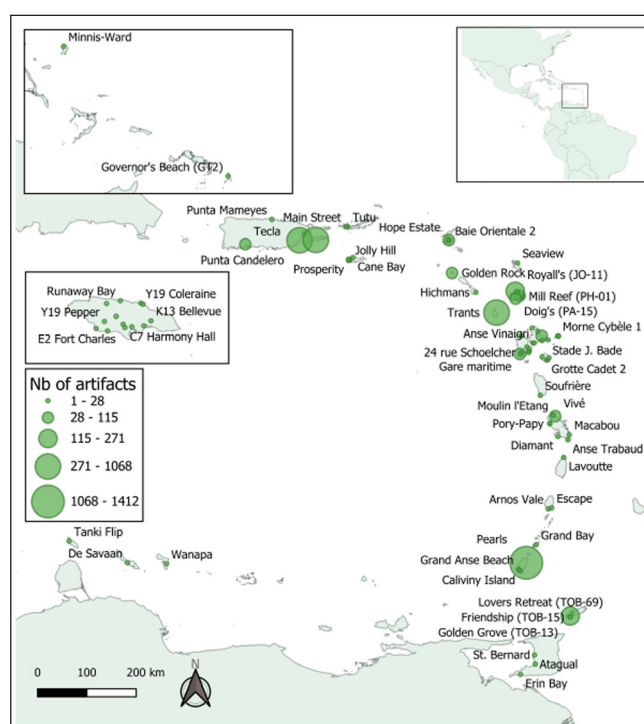


Figure 1 Map of the distribution of the sites registered in the database. Bahamian and Jamaican sites are represented in inserts.

ISLAND	INDEX_SITE	SITE	LONGITUDE	LATITUDE	REF_BIBLIO_1
Trinidad	TR-03	Erin Bay	-61.72190	10.08838	Fewkes 1914
Bahamas	BH-01	Minnis-Ward	-74.51969	24.09849	Blick et al. 2010
Jamaica	JA-04	E2 Fort Charles	-77.80000	17.91667	Roobol & Lee 1976
Tobago	TO-01	Lovers Retreat (TOB-69)	-60.77424	11.22533	Harris 1980

Table 1 Spatial coverage of the dataset.

TEMPORAL COVERAGE

The database compiled in this study aims at consolidating and disseminating data about lapidary artifacts in the Caribbean islands recovered from archaeological excavations or surveys for the period before the arrival of the Europeans in the archipelago. Thus, while the end limit is well known around the end of the 15th century (depending on the islands), the start limit may be different for each island based on the current knowledge of the first human occupations in the Antilles [15]. However, the start of Early Ceramic period, supposed to represent the beginning of lapidary production in this region, is generally set to ca. 400 cal BC. Most of the archaeological sites registered in the database relates to the Early and Middle Ceramic period (mainly Saladoid culture) and some to the Late/Final Ceramic period (mainly Troumassoid and Barrancoid cultures). Only one site from the Contact Period (Cayo culture) is registered. The periodization used in this work is the one proposed by Bérard [16].

(2) METHODS

STEPS

The database compiled in this work has been created based on two different methodologies: piece by piece first-hand analysis, and literature screening. Both methods were used in parallel for the duration of the project. Presently, the dataset of lapidary artifacts contains 4991 entries, originating from 87 sites. Data about lapidary artifacts in the French islands of the Antillean (from south to north: Martinique, Guadeloupe, St. Barthelemy and St. Martin) have been registered thanks to missions in the museums, the storage of the Ministry of Culture, and by extracting some collections to study them in continental France. The detailed methodology is described in the case studies articles [1–2] and includes mainly photography, classic measurements with digital caliper, technological study, and mineralogical determination by eye and systematically confirmed by Raman spectroscopy. The literature review, which accounts for the most part of the dataset, has been conducted as a long-term job. As for every literature review, it includes the reading of the major works on the subject and the literature cited by these major works. In the case of our specific study, one of the major sources of information has been the proceedings of the twenty-eight International Association for Caribbean Archaeology (IACA) congresses,

in which the words bead, pendant, perle, pendentif, cuenta, pendiente, perla, have been systematically searched for. Some unpublished information has also been recovered by directly contacting the archaeologists currently excavating sites, as well as diving into the reports from French commercial archaeology. Numeric literature was the main source of documentation and the search for specific words was thus done thanks to the pdf reading software. For less recent literature or scanned documents, Optical Character Recognition (OCR) was first applied to the documents. In physical books, we read the text, looked at figures and tables, and we used the index to find the information we were looking for.

SAMPLING STRATEGY

The artifacts integrated in this database relates to the lapidary production *chaîne opératoire* from the raw material until the finished object. From sites located on French islands, they were exhaustively studied, measured, and analyzed. There was no sampling either as for the findable literature data.

QUALITY CONTROL

The data that entered in the database is of heterogeneous quality. It goes from high resolution macro photos to no image at all, from Raman spectroscopy and X-Ray diffraction mineralogical studies to nakedeye *greenstone* determination, from recent excavations with complete sieving to surface collection. The authors made their best to find the best data about each artifact, including dissecting fieldwork reports, but the quality of the literature is very diverse. Data cleaning and consistency have been realized thanks to the use of standardized thesaurus with dropdown menus to avoid typos for most of the fields. For other fields, we created lists of values for each variable to spot the discrepancies. For numeric variable, graphics based on the measurements were explored in order to spot any outlier and check on its values. The mapping of the sites helped in checking the geographical coordinates values, since any typo would have probably set the archaeological site in the sea.

CONSTRAINTS

Most of the constraints relate to the literature-based part of the database, since the French artifacts have all been photographed, measured and analyzed during the project. The quality of the information in the literature is

very heterogeneous, because of the seniority and/or the lack of exhaustiveness of the publications. The quality of information has been problematic for several topics of the database, including:

- the mineralogical determination of the raw material used by the Amerindians, mostly done by naked eye by untrained archaeologists
- the quality of the reproduction of ancient photographs in scanned or photocopied documents
- the lack of complete description of lapidary assemblages in most of the sites. The table or text of the articles may list tens of artifacts, while the figures only depict 5 of them.
- the difficulty of assessing the origin of the artifacts in multicomponents archaeological sites
- the difficulty of cultural attribution for ancient excavations

Beyond these constraints related to the existing artifacts' collections, the major issue related to the completeness of the archaeological record is of course very significant. An important part of the artifacts registered in this database come from ancient excavations or surface collections by amateur archaeologists or collectors. Therefore, even if the quality of the archaeological literature would be excellent, and we could have a perfect recording in the database of the artifacts recovered since the beginning of the 20th century, it would still lack much information for technological studies of the *chaînes opératoires* due to the lack of sieving, the picking of nice and complete artifacts by collectors etc. It is also necessary to underline the differences in comprehension of the archaeological stratigraphy between ancient and modern excavations, with or without radiocarbon dating, etc.

(3) DATASET DESCRIPTION

The database created in this project is made of four related tables (*Figure 2*), in which the Source table is still a work in progress. Each table exists in French and English. For the sake of simplicity we will describe here only the English version.

ISLANDS TABLE (ISLANDS AND ILES)

Island is the name of the island.

Country is the country from which the island is part of.

Region is the large area in which the island is located (Lesser Antilles, Greater Antilles, Central America, South America, North America). It includes the continent surroundings the Caribbean because this table is also used for the database of potential sources of raw materials, which is a work in progress.

Index_Island is a combination of two letters used as short notation.

ID_Island is an unique integer for each Island of the Caribbean, taken from the **Global Administrative database (GADM)** which gives a unique integer for each administrative subdivision in the world.

SITES TABLE (SITES_EN AND SITES_FR)

This table is related to the Islands table by the *ID_Island* field. It therefore automatically integrates the *Island* parameter from this table.

Index_Site is the unique chain of characters identifying the site. It is composed of the *Index_Island*, a dash, and two digits for the number of the site on this island. For example, GD-01 is the first recorded site for Guadeloupe.

Site is the name of the archaeological site.

ID_Island is an unique integer for each Island of the Caribbean, taken from the **Global Administrative database (GADM)** which gives a unique integer for each administrative subdivision in the world.

City is the name of the city in which the archaeological site is situated.

Longitude and *Latitude* are the geographic coordinates of the site. They are expressed in WGS84 decimal degrees.

Precision explains the origin of the geographic coordinates, whether from a GPS tracker, the reported data from a map or from an address given in a publication, the centroid of the city or of the island.

Dist_coast is the shortest calculated distance from the geographic coordinates to the coast.

Altitude is the altitude of the geographical coordinates taken from the SRTM Digital Elevation Model.

Type_site is the type of archaeological site, whether a cave, a village, a funerary site etc.

Nb_artifacts is the calculated number of artifacts related to this site in the BEADS table.

Period and *Culture* are the chronological and cultural attributions of the main occupation of the site that yielded the lapidary artifacts. They are based on the work by Bérard [16].

Date1_BP is the calendar age associated with its error *Date1_BP_error* and the material dated when it is known as *Date1_BP_material*. This is repeated three times with *Date2_BP* and *Date3_BP* and their associated errors and materials. *Date1_IntCal20_S* and *Date1_IntCal20_E* are respectively the starting and ending calibrated age using the OxCal online tool for calibration based on the IntCal and Marine20 calibration curves [17–18]. For marine shell dates, the mean regional correction to the reservoir effect has been used (–146 +/- 114 year) based on DiNapoli et al. [19].

ref_biblio_1, 2, 3, 4 are the short citations of the references related to the archaeological site. *ref_date* refers to the document from which the date has been retrieved.

BEADS TABLE (BEADS AND PERLES)

This table is related to the Sites table using the *Site* field. Some fields are thus used directly in the BEADS table thanks to the relation between both tables, so that the

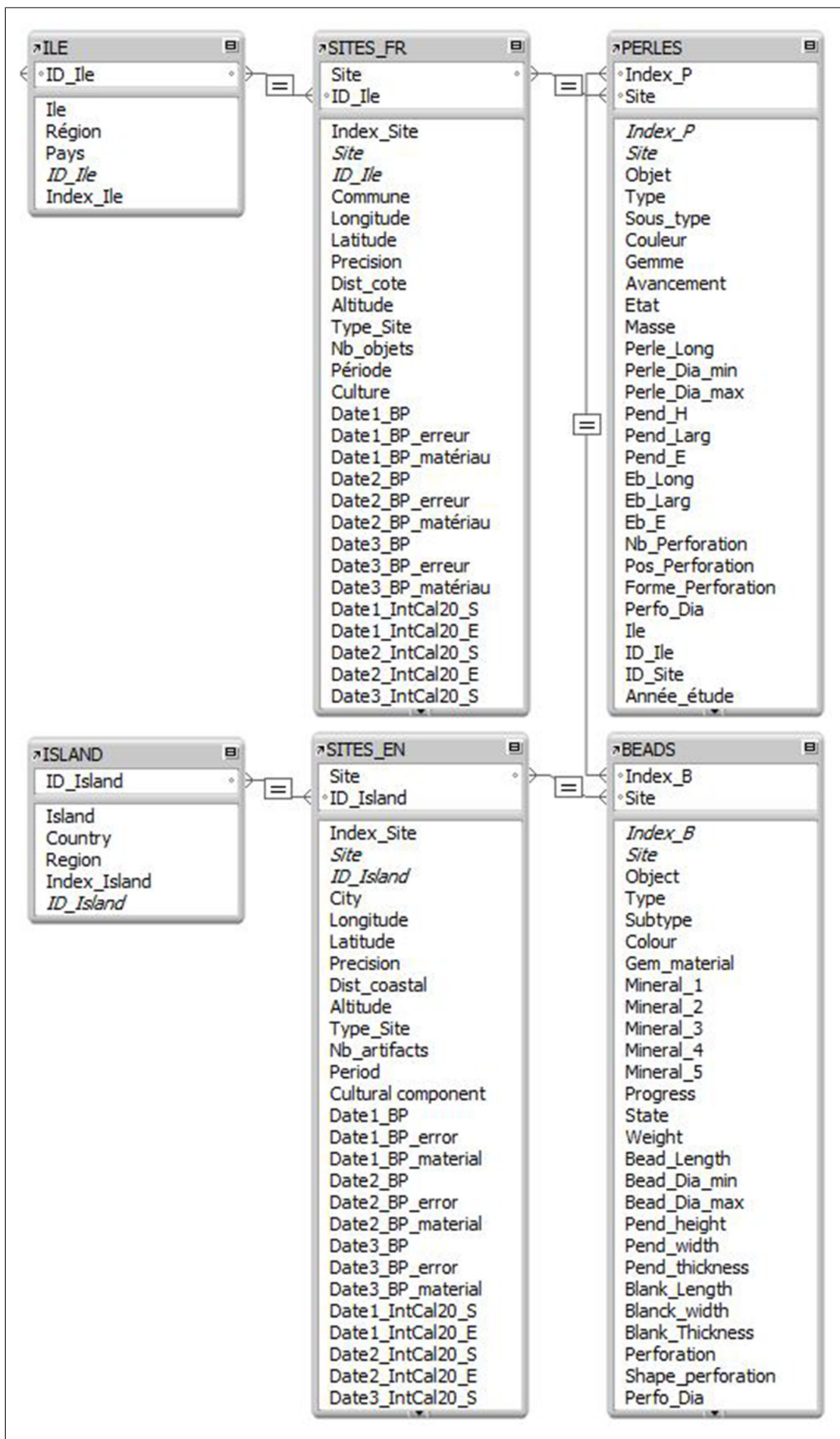


Figure 2 Relational map of the database.

final user does not have to relate both tables himself. This is the case for *Island*, *Longitude*, *Latitude*, *Period*, and *Culture*.

Index_B is the unique character chain composed of the *Index_Site*, a dash, and the number of the artifact in the site.

Site is the name of the archaeological site.

Object is the kind of object that the artifact is, for example bead, pendant, raw material.

Type and *Subtype* specifies the shape of the object, for example a pendant can be from type zoomorphic and from subtype frog.

Colour relates to the visible main color of the artifact.

Gem_material is the gem material used to produce the artifact, it is based on the *Mineral_1, 2, 3, 4, 5* and uses a list of values coming from the gemological vocabulary.

Progress states the advancement in the production of the artifact, it can be a finished object or a blank for example.

State specifies if the object is complete or broken.

Weight, *Bead_length*, *Bead_dia_min*, *Bead_dia_max*, *Pend_Height*, *Pend_width*, *Pend_thickness*, *Blank_length*, *Blank_width*, *Blank_thickness* are the measurement, expressed in millimeters, of beads, pendant and blanks respectively.

Nb_perforation, *Pos_Perforation* and *Shape_Perforation* specify the number, position and shape of the perforation(s).

Perfo_Dia is the smallest diameter of the perforation thus usable to hang the artifact.

Structure is the type of archaeological structure in which the artifact was unearthed, for example, a midden, a pot-hole, a burial etc.

US is the stratigraphical unit which the artifact comes from.

Square, *Level* and *Z* are the coordinates of origin of the object in the excavators' system.

Year_excavation is the year of excavation of the site when this artifact was discovered.

Excavator contains the name of the archaeologist responsible for the excavation at the time of the discovery of this artifact.

Ref_storage and *Inv_site* are the references of the artifact in the curating location and the excavators' system respectively.

Storage_Island, *Storage_City*, and *Storage_Location* resume the actual curating location of the artifact.

Year_study is the year of study for the artifacts that have been investigated by the PAAF project.

Method_carac is the analytical method used to determine the composition of the artifact.

RawMat_estim is the raw material estimated in the literature, or before the use of analytical techniques.

Notes contains remarks about the artifact that was noted during the literature screening.

Ref_biblio_1, 2, 3, 4, 5, 6 specifies the publications where the artifact has been described.

Some general information are summarized in the [Table 2](#).

DATA TYPE

The database contains mainly text and numerical information, being the description of the artifacts, their context, and their measurements. It is encoded with UTF-16. The database available via the Filemaker application also contains pictures and drawings of the artifacts.

FORMAT NAMES AND VERSIONS

It contains the ISLANDS, SITES_EN, BEADS, ILES, SITES_FR and PERLES tables as csv files, and a bibtex file containing the references cited in the dataset.

CREATION DATES

The database have been created during the PAAF Project, funded from 2016 until 2019. Minor additions have been made until the publication of this article and will continue. Updated versions of this database will be uploaded, thanks to the DOI versioning support in online archives.

DATASET CREATORS

The database has been created in the framework of the PAAF project, led by Alain Queffelec and Pierrick Fouéré, with the technical assistance of Jean-Baptiste Caverne. The information about lapidary artifacts from French islands are the result of analysis done by Alain Queffelec, Pierrick Fouéré and Ludovic Bellot-Gurlet. The literature based records are the result of the work done by Alain Queffelec with the help of Pierrick Fouéré and Jean-Baptiste Caverne.

LANGUAGE

The database is proposed both in French and English, in the repository and in the web application. As for the GIS online application, it is proposed in French, English, Spanish and German.

LICENSE

License CC-BY 4.0

REPOSITORY LOCATION

Download

The full dataset is available in the Data folder at <https://osf.io/bg9va/>. It contains the ISLANDS, SITES_EN, BEADS, ILES, SITES_FR and PERLES tables as csv files, and a bibtex file containing the references cited in the dataset.

Filemaker server

The database, including photos and drawings, is accessible as a Filemaker server application managed

ISLAND	SITE	NB_ARTIFACTS	PERIOD	CULTURE	REF_BIBLIO_1
Antigua	Elliot's (PH-03)	64	(Middle?) Ceramic	Middle Cedrosan Saladoid	Murphy et al. 2000
Antigua	Mill Reef (PH-01)	2	Late Ceramic	Mamorán Troumassoid (Mill Reef)	Hoffman 1970
Antigua	Royall's (JO-11)	199	(Middle?) Ceramic	Middle Cedrosan Saladoid	Murphy et al. 2000
Antigua	Doig's (PA-15)	43	Early/Middle Ceramic	Early/Middle Cedrosan Saladoid	Gent & deMille 2003
Antigua	Winthorpe Bay	1	(Middle?) Ceramic	Middle/Late Cedrosan Saladoid	deMille et al. 1999
Aruba	Tanki Flip	2	Late Ceramic	Dabajuroid	Rostain 1995
Barbuda	Seaview	18	Early/Middle Ceramic	Early/Middle Cedrosan Saladoid	Kendall et al. 2011
Bahamas	Minnis-Ward	1	Late/Final Ceramic	Lucayan	Blick et al. 2010
Bonaire	Wanapa	3	Ceramic		Haviser 1990
Carriacou	Grand Bay	17	(Middle?) Ceramic	Late Cedrosan Saladoid	Sutty 1990
Curacao	De Savaan	4	Ceramic		Haviser 1990
Dominique	Soufrière	1	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoid	Bérard 2009
Guadeloupe	Gare maritime	59	Early Ceramic	Huecan Saladoid	Romon et al. 2013
Guadeloupe	Morel	61	Early/Middle Ceramic	Cedrosan Saladoid/huecan	Delpuech et al. 1996
Guadeloupe	Anse à la Gourde	28	Late Ceramic	Troumassoid	Delpuech et al. 1997
Guadeloupe	24 rue Schoelcher	1	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoid	Etrich 2003a
Guadeloupe	Allée Dumanoir	2	Early/Middle Ceramic	Early/Middle Cedrosan Saladoid	Etrich 2003b
Guadeloupe	Anse à la Barque	1	Undertermined	Undertermined	Turpin 2015
Guadeloupe	Anse Bertrand	2	Undertermined	Undertermined	Turpin 2015
Guadeloupe	Anse Ste Marguerite	4			Delpuech 2007
Guadeloupe	Cathédrale	6	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Bonnissent & Romon 2004
Guadeloupe	Butel	1	Undertermined	Undertermined	
Guadeloupe	Grand Carbet	1	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoid	ToledoIMur 2003
Guadeloupe	Ilet Gosier	1	Late/Final Ceramic	Troumassoid	Romon et al. 2003
Guadeloupe	Les Mineurs	3	Undertermined	Undertermined	
Guadeloupe	Plage de Roseau	1	Contact	Cayo	LeLay 2013
Guadeloupe	Anse Vinaigri	3	Undertermined	Undertermined	
Guadeloupe	La Ramée	3	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Casagrande 2013
Grenada	Pearls	1412	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Murphy et al. 2000
Grenada	Grand Anse Beach	3	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Cody 1993
Grenada	Caliviny Island	3	Early/Middle Ceramic	Undertermined	Bullen & Bullen 1968
Grand Turk	Governor's Beach (GT2)	5	Final Ceramic	Ostionoid meillacan	Carlson 1995
Jamaica	C12 Logie Green	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	C7 Harmony Hall	3	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	C8 Wallman Town	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	E2 Fort Charles	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	E5 Alligator Pond	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	K13 Bellevue	6	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	Y19 Pepper	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	Runaway Bay	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	S12 Naggo Head	2	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	S8 Marlie Mount	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	T1 New Forest	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	Y19 Coleraine	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
Jamaica	Y21 Fort Haldane	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol & Lee 1976
La Désirade	Morne Cybèle 1	1	Final Ceramic	Suazan Troumassoid	Hofman 1995

(Contd.)

ISLAND	SITE	NB_ ARTIFACTS	PERIOD	CULTURE	REF_BIBLIO_1
La Désirade	Petite Rivière	4	Late/Final Ceramic	Troumassoid	deWaal 2006
Martinique	Anse Trabaud	2	Late/Final Ceramic	Troumassoid	Mattioni 1983
Martinique	Vivé	40	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoïd	Mattioni 1979
Martinique	Moulin l'Etang	1	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoïd	Bérard 2004
Martinique	Macabou	1	Final Ceramic	Suazan Troumassoid	Allaire 1977
Martinique	Diamant	1	(Middle?) Ceramic	Middle Cedrosan Saladoïd	Vidal 1995
Martinique	Pory-Papy	3	(Middle?) Ceramic/final	Cedrosan Saladoïd – Troumassoid	
Martinique	Perrinon-Doume	1	(Middle?) Ceramic/final	Cedrosan Saladoïd – Troumassoid	
Marie Galante	Cocoyer St Charles	1	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoïd	Stouvenot 1999
Marie Galante	Grotte Cadet 2	1	Late/Final Ceramic	Troumassoid	Courtaud et al. 2005
Marie Galante	Stade J. Bade	4	Late Ceramic	Troumassoid	Serrand et al. 2016
Marie Galante	Taliseronde	1	Early/Middle Ceramic	Early/Middle Cedrosan Saladoïd	Durand & Petitjean-Roget 1991
Montserrat	Trants	602	Early/Middle Ceramic	Saladoïd	Crock & Bartone 1998
Nevis	Hichmans	1	Ceramic	Saladoïd - Post-Saladoïd	Wilson 1989
Puerto Rico	Hacienda Grande	16	Early Ceramic	Huecan Saladoïd	Crock & Bartone 1998
Puerto Rico	Tecla	72	Early Ceramic	Huecan Saladoïd	NarganesStorde 1995
Puerto Rico	Punta Candelero	592	Early Ceramic	Huecan Saladoïd	Rodriguez 1991
Puerto Rico	Punta Mameyes	4	Early Ceramic/récent	Cedrosan Saladoïd – Ostionoid elenan	Ortiz-Montanez et al. 2019
Sainte Croix	Prosperity	26	Early/Middle Ceramic	Cedrosan Saladoïd	Hardy 2009
Sainte Croix	Cane Bay	2	Late Ceramic	Ostionoid	Hardy 2008
Sainte Croix	Jolly Hill	2	Late Ceramic	Early Ostionoid	Hardy 2008
Sainte Croix	O30. Krause	9	Early Ceramic	Cedrosan Saladoïd/huécan	Toftgaard 2019
Sainte Croix	O18. Spratt Hall	2	Early Ceramic	Cedrosan Saladoïd/huécan	Toftgaard 2019
Sint Eustatius	Golden Rock	81	Early/Middle Ceramic	Saladoïd	Versteeg 1999
Saint Lucia	Lavoutte	1	Final Ceramic	Suazan Troumassoid	Hofman 2012
Saint Martin	Baie Orientale 2	17	Late/Final Ceramic	Troumassoid marmoran (Mill Reef)	Bonnissent 2008
Saint Martin	Hope Estate	115	Early Ceramic	Cedrosan Saladoïd/huecan	Bonnissent 2008

Table 2 Summary of the Site dataset.

by the Huma-Num service, an institutional repository of the **Centre National de la Recherche Scientifique** (CNRS) (**Figure 3**). Users can use the database in reading mode only or, if interested in participating in improving the quality of the database, can have more advanced rights by directly asking the authors.

The database is located here: https://fm02.db.humanum.fr/fmi/webd/PACEA_PAAF (click on “se connecter en tant qu’invité” if you just want to be in reading mode). Database is available in French and English, by changing the model (arrow in the top left corner).

GIS availability (ArkeoGIS)

An online, free and multilingual GIS application allows to visualize the database with a cartographic projection (**Figure 4**). A simplified version of the dataset is indeed accessible via the ArkeoGIS platform (<https://arkeogis.org/en/>). Users must register first to access this geographical application, since it is controlled in order to prevent archaeological looting.

PUBLICATION DATE

The last version of the database has been uploaded on the 28/02/2021.

(4) REUSE POTENTIAL

This database will be very helpful for spatial and temporal analysis research in the Caribbean, including GIS and social networks studies. It provides information on the evolution and distribution of the raw materials, types of personal ornaments, stylistic evolution and distribution, for one of the major kind of personal ornaments for this region of the world.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors want to thank the funders of the PAAF project: the Regional Service of Archaeology of

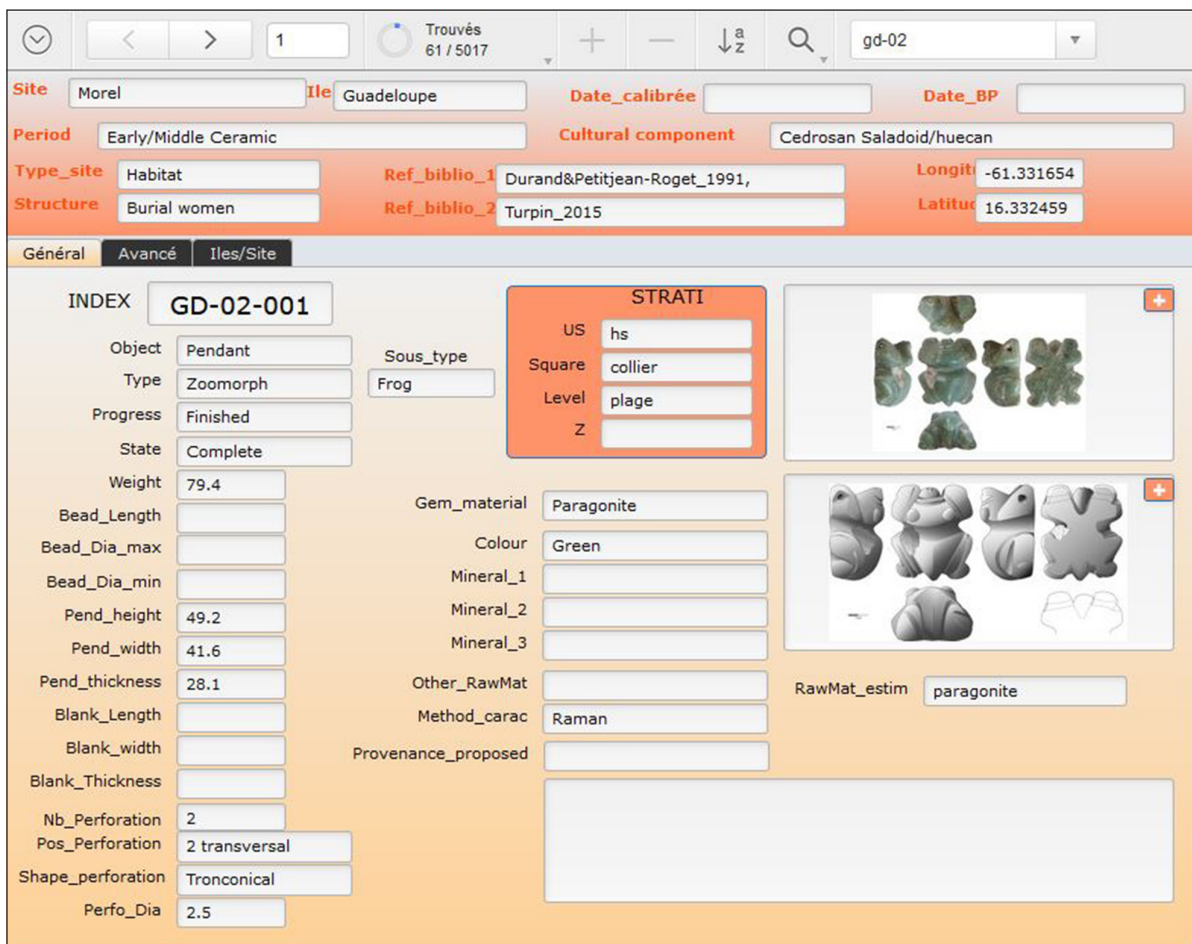


Figure 3 Screenshot of the online application.

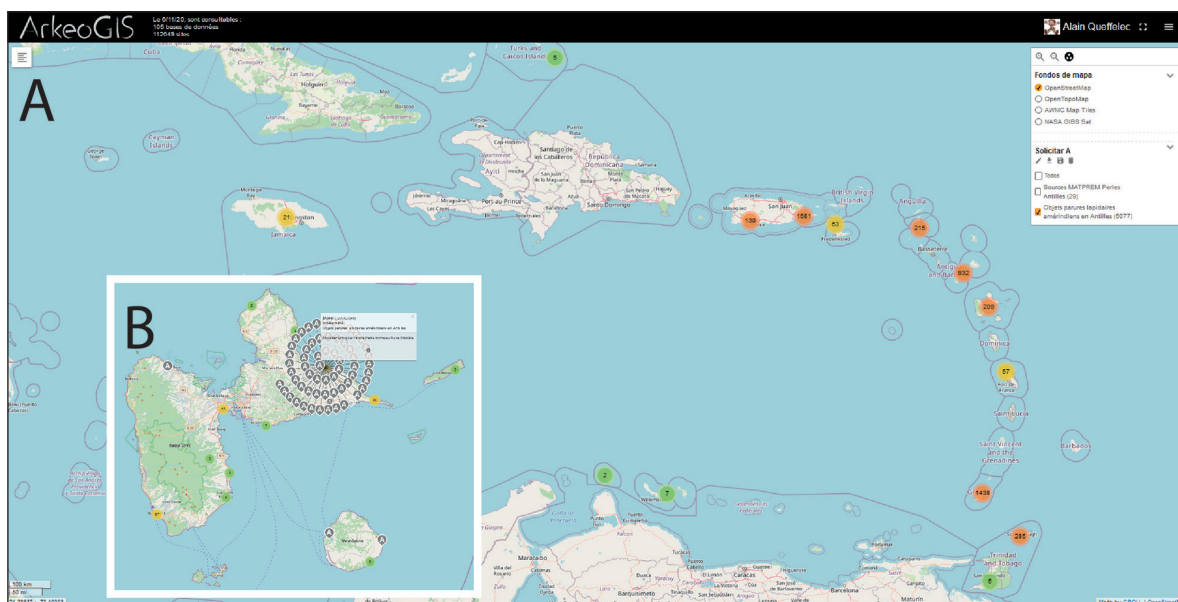


Figure 4 A. Screenshot of the ArkeoGIS application, a simplified GIS online system. B. Zoom on Guadeloupe, showing the potential of the ArkeoGIS visualization tool.

Guadeloupe, the Regional Council of Guadeloupe and the Regional Service of Martinique. We are also in debt with everyone that helped us accessing the artifacts: the Regional Services of Guadeloupe and Martinique, the Edgar Clerc Museum in Guadeloupe, the Musée d'Archéologie et de Préhistoire de Martinique, the

society EVEHA for very recent excavations. Some of the entries of the database have been filled thanks to the information kindly provided by Catarina Guzzo Falci in the framework of the project NEXUS1492 ((FP7/2007-2013)/ERC Grant agreement n°319209), and by Quetta Kaye, Scott Fitzpatrick and Michiel Kappers for data on

Carriacou. The Filemaker application for the database is hosted by the CNRS HumaNum service. We thank Loup Bernard for allowing our dataset to be hosted in the ArkeoGIS application and supporting our integration into this platform. This work has been previously peer-reviewed and recommended by Peer Community In Archaeology (<https://doi.org/10.24072/pci.archaeo.100009>).


FUNDING INFORMATION

This work originates from a project funded by the Regional Service of Archaeology of Guadeloupe, the Regional Council of Guadeloupe and the Regional Service of Archaeology of Martinique.

COMPETING INTERESTS

The authors have no competing interests to declare.

AUTHOR AFFILIATIONS

Alain Queffelec  orcid.org/0000-0002-9763-7600
PACEA UMR5199 CNRS, Univ. Bordeaux, Ministère de la Culture, Pessac, F-33615, FR

Pierrick Fouéré
INRAP, Bègles, F-33130;
TRACES UMR5608 CNRS, Univ. Toulouse Jean-Jaurès, Toulouse, F-31058, FR

Jean-Baptiste Caverne
A.P.R.A.G.E., Besançon, F-25000, FR

REFERENCES

- Queffelec A, Fouéré P, Paris C, Stouvenot C, Bellot-Gurlet L.** Local production and long-distance procurement of beads and pendants with high mineralogical diversity in an early Saladoid settlement of Guadeloupe (French West Indies). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2018; 21: 275–288. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.07.011>
- Queffelec A, Fouéré P, Bellot-Gurlet L, Bérard B.** Stone ornaments from Guadeloupe and Martinique Early Ceramic period sites (200 BC – AD 400), detailed analysis and comparison with a Late Ceramic period site (AD 750 – 1000). *Journal of Caribbean Archaeology*, 2020; 20.
- Queffelec A, Bellot-Gurlet L, Foy E, Lefrais Y, Fritsch E.** First identification of sudoite in the Caribbean Ceramic Age lapidary craftsmanship. *Gems and Gemology*, 2021; 57(3).
- Boomert A.** Gifts of the Amazons: Green stone pendants and beads as items of ceremonial exchange in Amazonia and the Caribbean. *Antropologica*, 1987; 67: 33–54.
- Cody AK.** Distribution of exotic stone artifacts through the Lesser Antilles: their implications for prehistoric interaction and exchange. In *Proceedings of the 14th International Congress for Caribbean Archaeology*, 1993; 204–226. Barbados.
- Crock JG, Bartone RN.** Archaeology of Trants, Montserrat. Part 4. Flaked stone and stone bead industries. *Annals of Carnegie Museum Pittsburgh*, 1998; 67(3): 197–224.
- Murphy AR, Hozjan DJ, de Mille CN, Levinson AA.** Pre-Columbian gems and ornamental materials from Antigua, West Indies. *Gems and Gemology*, 2000; 36(2): 234–245. DOI: <https://doi.org/10.5741/GEMS.36.3.234>
- Narganes Storde YM.** La lapidaria de Sorce, Vieques y Tecla, Guayanilla, Puerto Rico. In *Proceedings of the 16th International Congress for Caribbean Archaeology*, 1995; 17–26. Basse-Terre.
- Bérard B.** The Saladoid. In *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology*, 2013; 184–197. Keegan W, Hofman C, Rodriguez Ramos R (eds.).
- Hofman CL, Bright AJ, Boomert A, Knippenberg S.** Island Rhythms: The Web of Social Relationships and Interaction Networks in the Lesser Antillean Archipelago between 400 B.C. and A.D. 1492. *Latin American Antiquity*, 2007; 18(3): 243. DOI: <https://doi.org/10.2307/25478180>
- Knippenberg S.** *Stone artefact production and exchange among the Lesser Antilles*, 2007. Amsterdam University Press. DOI: <https://doi.org/10.5117/9789087280086>
- Rodriguez M.** Early trade networks in the Caribbean. In *Proceedings of the 14th International Congress for Caribbean Archaeology*, 1993; 306–314.
- Cody AK.** *Prehistoric patterns of exchange in the Lesser Antilles: materials, models, and preliminary observations*, 1990. San Diego State University.
- Cody AK.** From the site of Pearls, Grenada: exotic lithics and radiocarbon dates. In *Proceedings of the 13th International Congress for Caribbean Archaeology*, 1991; 589–604. Curaçao.
- Napolitano MF,** et al. Reevaluating human colonization of the Caribbean using chronometric hygiene and Bayesian modeling. *Science Advances*, 2019; 5(12). DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aar7806>
- Bérard B.** About Boxes and Labels: A Periodization of the Amerindian Occupation of the West Indies. *Journal of Caribbean Archaeology*, 2019; 19: 17.
- Heaton TJ,** et al. Marine20—The Marine Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55,000 cal BP). *Radiocarbon*, 2020; 62(4): 779–820. DOI: <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.68>
- Reimer PJ,** et al. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 2020; 62(4): 725–757. DOI: <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- DiNapoli RJ,** et al. Marine reservoir corrections for the Caribbean demonstrate high intra- and inter-island variability in local reservoir offsets. *Quaternary Geochronology*, 2021; 61: 101–126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2020.101126>

TO CITE THIS ARTICLE:

Queffelec A, Fouéré P, Caverne J-B 2021 A Database of Lapidary Artifacts in the Caribbean for the Ceramic Age. *Journal of Open Archaeology Data*, 9: 2, pp. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.5334/joad.74>

Published: 08 June 2021

COPYRIGHT:

© 2021 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited. See <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Journal of Open Archaeology Data is a peer-reviewed open access journal published by Ubiquity Press.





Correction: A Database of Lapidary Artifacts in the Caribbean for the Ceramic Age

ALAIN QUEFFELEC 

PIERRIRCK FOUÉRE

JEAN-BAPTISTE CAVERNE

**Author affiliations can be found in the back matter of this article*

CORRECTION

]u[ubiquity press

ABSTRACT

This article details a correction to: Queffelec, A., Fouéré, P. and Caverne, J.-B., 2021. A Database of Lapidary Artifacts in the Caribbean for the Ceramic Age. *Journal of Open Archaeology Data*, 9, p.2. DOI: <http://doi.org/10.5334/joad.74>

CORRESPONDING AUTHOR:

Alain Queffelec

PACEA UMR5199 CNRS, Univ. Bordeaux, Ministère de la Culture, Pessac, F-33615, FR
alain.queffelec@u-bordeaux.fr

KEYWORDS:

Caribbean; Lapidary artifacts; Ceramic Age; Beads; Pendants; Raw materials

TO CITE THIS ARTICLE:

Queffelec A, Fouéré P, Caverne J-B 2021 Correction: A Database of Lapidary Artifacts in the Caribbean for the Ceramic Age. *Journal of Open Archaeology Data*, 9: 5, pp. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.5334/joad.82>

CORRECTION

The number of sites included in the database is mistakenly reported in the abstract as over 100 when the correct number is 88 [1]. Similarly, the total number of beads is quoted in the abstract as almost 5000 when the correct number is 7852. The same errors occur in the methods section.

Table 2 in [1], including a summary of the site dataset, is missing fifteen rows. The correct table is published here.

This error was introduced during authors' revisions but was overlooked at the time of proof-reading. The authors noticed it after publication.

ISLAND	SITE	NB_ ARTIFACTS	PERIOD	CULTURE	REF_BIBLIO_1
Antigua	Elliot's (PH-03)	64	Middle? Ceramic	Middle Cedrosan Saladoid	Murphy-etal_2000
Antigua	Mill Reef (PH-01)	2	Late Ceramic	Mamorán Troumassoid (Mill Reef)	Hoffman_1970
Antigua	Royall's (JO-11)	199	Middle? Ceramic	Middle Cedrosan Saladoid	Murphy-etal_2000
Antigua	Doig's (PA-15)	43	Early/Middle Ceramic	Early/Middle Cedrosan Saladoid	Gent&deMille_2003
Antigua	Winthorpe Bay	1	Middle? Ceramic	Middle/Late Cedrosan Saladoid	deMille-etal_1999
Aruba	Tanki Flip	2	Late Ceramic	Dabajuroid	Rostain_1995
Barbuda	Seaview	18	Early/Middle Ceramic	Early/Middle Cedrosan Saladoid	Kendall-etal_2011
Bahamas	Minnis-Ward	1	Late/Final Ceramic	Lucayan	Blick-etal_2010
Bonaire	Wanapa	3	Ceramic	Undertermined	Haviser_1990
Carriacou	Grand Bay	17	Middle? Ceramic	Late Cedrosan Saladoid	Sutty_1990
Curacao	De Savaan	4	Ceramic	Undertermined	Haviser_1990
Dominique	Soufrière	1	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoid	Bérard_2009
Guadeloupe	Gare maritime	59	Early Ceramic	Huecan Saladoid	Romon-etal_2013
Guadeloupe	Morel	61	Early/Middle Ceramic	Cedrosan Saladoid/huecan	Delpuech-etal_1996
Guadeloupe	Anse à la Gourde	28	Late Ceramic	Troumassoid	Delpuech-etal_1997
Guadeloupe	24 rue Schoelcher	1	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoid	Etrich_2003a
Guadeloupe	Allée Dumanoir	2	Early/Middle Ceramic	Early/Middle Cedrosan Saladoid	Etrich_2003b
Guadeloupe	Anse à la Barque	1	Undertermined	Undertermined	Turpin_2015
Guadeloupe	Anse Bertrand	2	Undertermined	Undertermined	Turpin_2015
Guadeloupe	Anse Ste Marguerite	4	Undertermined	Undertermined	Delpuech_2007
Guadeloupe	Cathédrale	6	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Bonnissent&Romon_2004
Guadeloupe	Butel	1	Undertermined	Undertermined	
Guadeloupe	Grand Carbet	1	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoid	ToledoIMur_2003
Guadeloupe	Ilet Gosier	1	Late/Final Ceramic	Troumassoid	Romon-etal_2003
Guadeloupe	Les Mineurs	3	Undertermined	Undertermined	
Guadeloupe	Plage de Roseau	1	Contact	Cayo	LeLay_2013
Guadeloupe	Anse Vinaigri	3	Undertermined	Undertermined	
Guadeloupe	La Ramée	3	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Casagrande_2013
Grenada	Pearls	1412	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Murphy-etal_2000
Grenada	Grand Anse Beach	3	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Cody_1993
Grenada	Caliviny Island	3	Early/Middle Ceramic	Undertermined	Bullen&Bullen_1968
Grand Turk	Governor's Beach (GT2)	5	Final Ceramic	Meillacan Ostionoid	Carlson_1995
Jamaica	C12 Logie Green	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
Jamaica	C7 Harmony Hall	3	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
Jamaica	C8 Wallman Town	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
Jamaica	E2 Fort Charles	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
Jamaica	E5 Alligator Pond	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
Jamaica	K13 Bellevue	6	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
Jamaica	Y19 Pepper	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
Jamaica	Runaway Bay	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
Jamaica	S12 Naggo Head	2	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
Jamaica	S8 Marlie Mount	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
Jamaica	T1 New Forest	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976

(Contd.)

ISLAND	SITE	NB_ARTIFACTS	PERIOD	CULTURE	REF_BIBLIO_1
Jamaica	Y19 Coleraïne	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
Jamaica	Y21 Fort Haldane	1	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Roobol&Lee_1976
La Désirade	Morne Cybèle 1	1	Final Ceramic	Suazan Troumassoid	Hofman_1995
La Désirade	Petite Rivière	4	Late/Final Ceramic	Troumassoid	deWaal_2006
Martinique	Anse Trabaud	2	Late/Final Ceramic	Troumassoid	Mattioni_1983
Martinique	Vivé	40	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoid	Mattioni_1979
Martinique	Moulin l'Etang	1	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoid	Bérard_2004
Martinique	Macabou	1	Final Ceramic	Suazan Troumassoid	Allaire_1977
Martinique	Diamant	1	Middle? Ceramic	Middle Cedrosan Saladoid	Vidal_1995
Martinique	Pory-Papy	3	Middle?/Final Ceramic	Cedrosan Saladoid – Troumassoid	
Martinique	Perrinon-Doume	1	Middle?/Final Ceramic	Cedrosan Saladoid – Troumassoid	
Marie Galante	Cocoyer St Charles	1	Early Ceramic	Early Cedrosan Saladoid	Stouvenot_1999
Marie Galante	Grotte Cadet 2	1	Late/Final Ceramic	Troumassoid	Courtaud-etal_2005
Marie Galante	Stade J. Bade	4	Late Ceramic	Troumassoid	Serrand-etal_2016
Marie Galante	Taliseronde	1	Early/Middle Ceramic	Early/Middle Cedrosan Saladoid	Durand&Petitjean-Roget_1991
Montserrat	Trants	602	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Crock&Bartone_1998
Nevis	Hichmans	1	Ceramic	Saladoid - Post-Saladoid	Wilson_1989
Puerto Rico	Hacienda Grande	16	Early Ceramic	Huecan Saladoid	Crock&Bartone_1998
Puerto Rico	Tecla	72	Early Ceramic	Cedrosan Saladoid	NarganesStorde_1995
Puerto Rico	Punta Candelero	592	Early Ceramic	Huecan Saladoid	Rodriguez_1991
Puerto Rico	Punta Mameyes	4	Early/Late Ceramic	Cedrosan Saladoid – Elenan Ostionoid	Ortiz-Montanez-etal_2019
Sainte Croix	Prosperity	26	Early/Middle Ceramic	Cedrosan Saladoid	Hardy_2009
Sainte Croix	Cane Bay	2	Late Ceramic	Ostionoid	Hardy_2008
Sainte Croix	Jolly Hill	2	Late Ceramic	Early Ostionoid	Hardy_2008
Sainte Croix	O30. Krause	9	Early Ceramic	Cedrosan/Huecan Saladoid	Toftgaard_2019
Sainte Croix	O18. Spratt Hall	2	Early Ceramic	Cedrosan/Huecan Saladoid	Toftgaard_2019
Sint Eustatius	Golden Rock	81	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Versteeg_1999
Saint Lucia	Lavoutte	1	Final Ceramic	Suazan Troumassoid	Hofman_2012
Saint Martin	Baie Orientale 2	17	Late/Final Ceramic	Troumassoid marmoran (Mill Reef)	Bonnissent_2008
Saint Martin	Hope Estate	115	Early Ceramic	Cedrosan Saladoid/huecan	Bonnissent_2008
Saint Martin	Grand Case BK77	12	Late/Final Ceramic	Troumassoid marmoran (Marmora Bay)	Sellier-etal_2020
Saint Martin	Grand Case BK78	3	Late/Final Ceramic	Troumassoid	Baillif-Ducros-etal_2019
Saint Thomas	Tutu	6	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Righter_2003
Saint Thomas	Main Street	15	Early/Middle Ceramic	Saladoid	Carlson_2019
Saint Vincent	Arnos Vale	1	Middle Ceramic	Middle Cedrosan Saladoid	Cody_1993
Saint Vincent	Escape	5	Middle Ceramic	Saladoid (late?)	Moravetz&Callaghan_2011
Tobago	Lovers Retreat (TOB-69)	4	Late Ceramic	Troumassoid	Harris_1980
Tobago	Milford 1 (TOB-03)	1	Undertermined	Undertermined	Mones_2007
Tobago	Golden Grove (TOB-13)	271	Late Ceramic	Undertermined	Mones_2007
Tobago	Friendship (TOB-15)	7	Early/Middle Ceramic	Barrancoid	Mones_2007
Trinidad	Atagual	1	Early/Middle Ceramic	Cedrosan Saladoid	Boomert_1987
Trinidad	St. Bernard	1	Undertermined	Undertermined	Boomert_1987
Trinidad	Erin Bay	1	Undertermined	Undertermined	Fewkes_1914
Vieques	Sorcé	1068	Early Ceramic	Cedrosan Saladoid	Narganes Storde_1999
Vieques	Sorcé La Hueca	2877	Early Ceramic	Huecan Saladoid	Narganes Storde_1995

Table 2 Summary of the Site dataset.

The screenshot shows a web-based data entry application. At the top, there's a navigation bar with a search box labeled 'Recherche rapide' and a 'Total 7894' indicator. Below this, a header section contains filters for 'Site' (Morel), 'Island' (Guadeloupe), 'Date_calibrated', 'Date_BP', 'Period' (Early/Middle Ceramic), and 'Cultural component' (Cedrosan Saladoid/huecan). The main form is organized into tabs: 'General', 'Advanced', and 'Island/Site'. The 'General' tab is active, showing fields for 'Object' (Pendant), 'Type' (Zoomorph), 'Progress' (Finished), 'State' (Complete), 'Weight' (79.4), 'Bead_Length', 'Bead_Dia_max', 'Bead_Dia_min', 'Pend_height' (49.2), 'Pend_width' (41.6), 'Pend_thickness' (28.1), 'Blank_Length', 'Blank_width', 'Blank_Thickness', 'Nb_Perforation' (2), 'Pos_Perforation' (2 transversal), 'Shape_perforation' (Tronconical), and 'Perfo_Dia' (2.5). A 'STRATI' section includes 'US' (hs), 'Square' (collier), 'Level' (plage), and 'Z'. Material fields include 'Gem_material' (Paragonite), 'Colour' (Green), and 'Mineral_1-3'. 'Method_carac' is set to 'Raman'. Two image galleries are present: the top one shows photographs of the artifact, and the bottom one shows 3D models. A 'RawMat_estim' field is set to 'paragonite'.

Figure 3 Screenshot of the online application.

An updated version of [Figure 3](#) [1], a screenshot of the application, is published here to reflect the correct number of records in the database and the content of each record.

Finally, Narganes Storde Y.M. [2] is referenced as published in 1995 when the correct publication date is 1999.

Pierrirck Fouéré

INRAP, Bègles, F-33130, FR;
TRACES UMR5608 CNRS, Univ. Toulouse Jean-Jaurès, Toulouse, F-31058, FR

Jean-Baptiste Caverne

A.P.R.A.G.E., Besançon, F-25000, FR

COMPETING INTERESTS

The authors have no competing interests to declare.

AUTHOR AFFILIATIONS

Alain Queffelec orcid.org/0000-0002-9763-7600

PACEA UMR5199 CNRS, Univ. Bordeaux, Ministère de la Culture, Pessac, F-33615, FR

REFERENCES

1. **Queffelec A, Fouéré P, Caverne J-B.** A Database of Lapidary Artifacts in the Caribbean for the Ceramic Age. *Journal of Open Archaeology Data*. 2021; 9: 2. DOI: <https://doi.org/10.5334/joad.74>
2. **Narganes Storde YM.** La lapidaria de Sorce, Vieques y Tecla, Guayanilla, Puerto Rico. In *Proceedings of the 16th International Congress for Caribbean Archaeology*. Basse-Terre; 1999.

TO CITE THIS ARTICLE:

Queffelec A, Fouéré P, Caverne J-B 2021 Correction: A Database of Lapidary Artifacts in the Caribbean for the Ceramic Age. *Journal of Open Archaeology Data*, 9: 5, pp. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.5334/joad.82>

Published: 03 August 2021

COPYRIGHT:

© 2021 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited. See <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Journal of Open Archaeology Data is a peer-reviewed open access journal published by Ubiquity Press.



4.2.2 Un inventaire encore largement améliorable

L'observation de statistiques générales issues de la base de données¹ permet de mettre en évidence plusieurs informations intéressantes qui, sans ce travail d'inventaire, n'étaient pas observables. On peut tout d'abord noter que quelques sites seulement forment la majorité du corpus inventorié, quand la très grande majorité des sites n'a livré que moins de 10 objets (Figure 4.1). Seuls 5 sites sortent vraiment du lot avec plus de 500 objets : Sorcé - La Hueca, Pearls, Sorcé, Trants et Punta Candelero, trois d'entre eux se situant à Porto Rico/Vieques, un à Montserrat et un Grenade. Ces sites ont été fouillés sur de grandes surfaces, ou on fait l'objet de ramassages de surface importants. Les surfaces et volumes fouillés, bien entendu, ont un rôle non négligeable dans le nombre d'éléments de parure lapidaire retrouvés.

Il est nécessaire également de constater que, si cette base de données recense certainement une très grande partie des sites archéologiques de la période Céramique ayant livré des objets de parure en pierre, les données qu'elle contient sont encore largement améliorables. La distribution des matières premières employées indique clairement la prédominance de l'indétermination dans la base de données : les éléments de parure en pierre dont la matière première est indéterminée représentent presque la moitié du corpus ! Il est important de le noter ici, car tous ces objets seront, dans la suite de l'analyse, invisibilisés, puisqu'ils n'apparaîtront pas dans les analyses statistiques ni dans les cartes de répartition. Cette statistique handicapante souligne encore le besoin de poursuivre les études de séries archéologiques afin d'augmenter la robustesse de nos interprétations dans le futur. Lorsque l'on se concentre sur les matières premières déterminées, le corpus est largement dominé par la diorite et la serpentine, suivies assez loin derrière du cristal de roche et, ensuite, d'un ensemble formé de calcite, cornaline, jadéite, turquoise et améthyste (Figure 4.2).

L'explication de cet état des connaissances se trouve facilement en croisant les

1. Le travail d'inventaire ayant continué encore après la production de cet article, et puisqu'il sera encore amendé dans le futur, les chiffres donnés dans les sections suivantes diffèrent légèrement des chiffres présentés dans l'article de *Journal of Open Archaeology Data*. Les graphiques de statistiques générales présentés ci-après et la base de données complétées ont été mise en ligne sous forme de preprint (<https://osf.io/preprints/socarxiv/c3wbx>) avant soumission comme actes du colloque de l'AIAC de 2019 organisé à la Barbade, puisque ce travail d'inventaire y avait été présenté. Ces actes incluent aussi des planches décrivant les objets archéologiques issus de sites ayant livré peu d'objets et n'ayant jusqu'à présent pas fait l'objet de publication. Ces actes n'étant pas revus par les pairs, leur contenu est conservé ici sous forme de chapitre de ce manuscrit.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

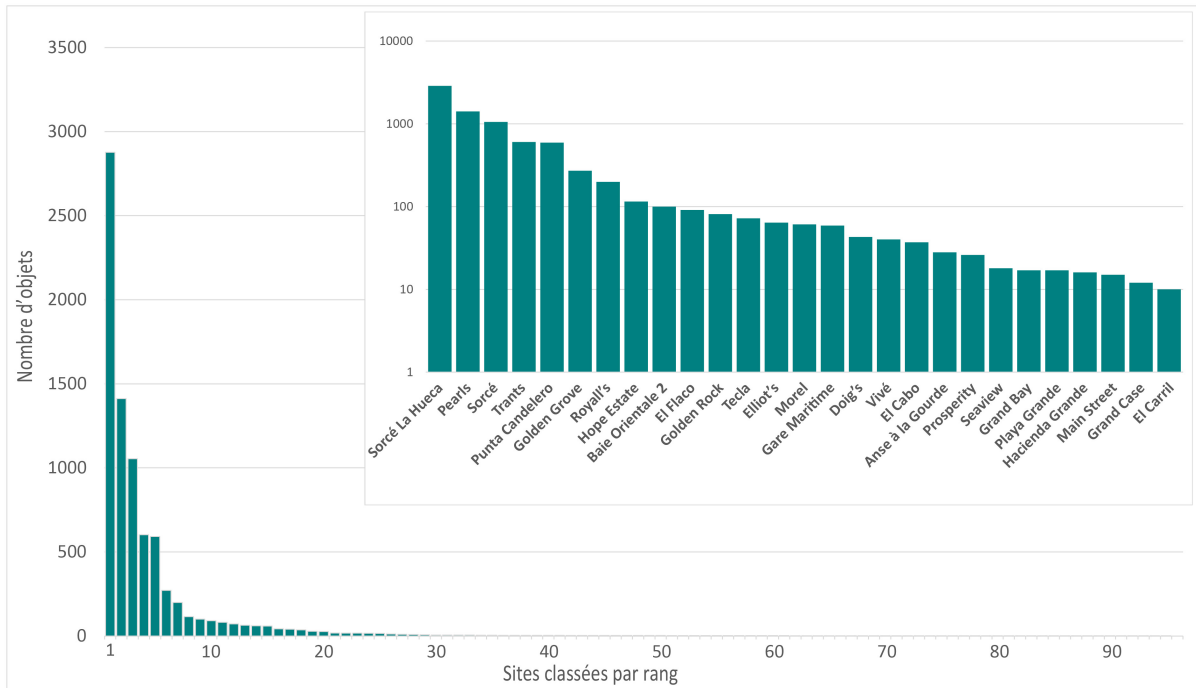


FIGURE 4.1 – Distribution du nombre d'objets par site avec insert, en échelle Log, des sites ayant livré au moins 10 objets.

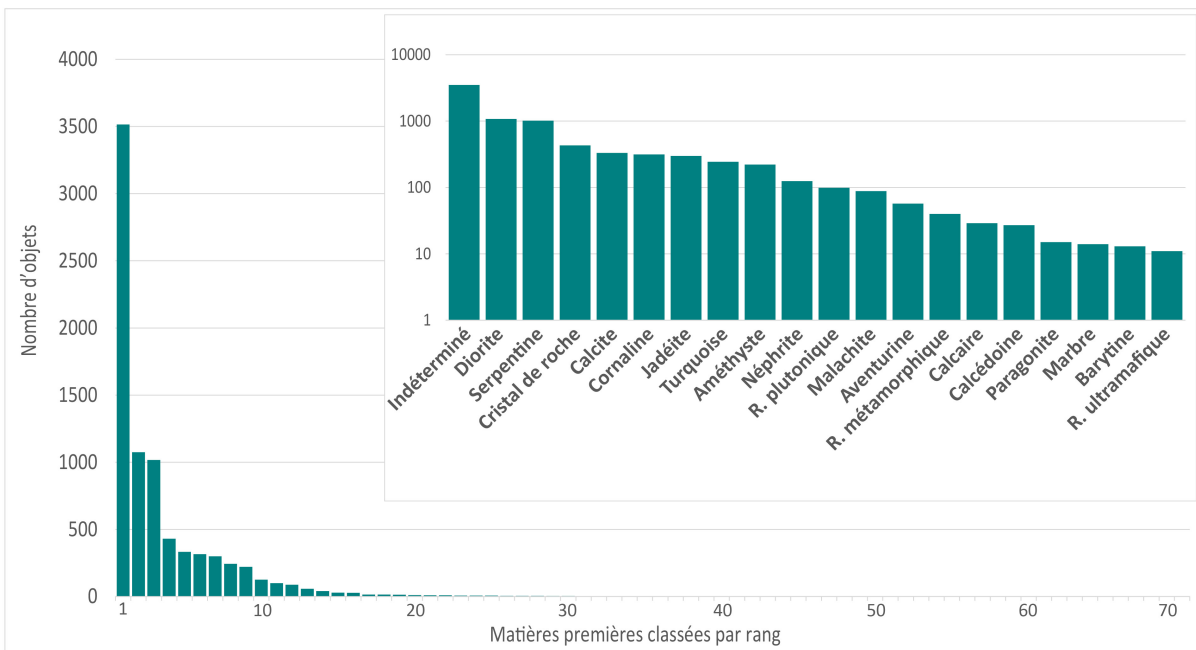


FIGURE 4.2 – Distribution du nombre d'objets par matière première avec insert, en échelle Log, des matières utilisées pour produire au moins 10 objets.

informations issues des deux paragraphes précédents : deux des sites les plus riches de la base de données (Figure 4.1), Sorcé - La Hueca et Sorcé (NARGANES STORDE, 1995, 1999), sont publiés de façon très incomplète, du fait même, probablement, du très grand nombre d'objets. Ces données sont finalement assez peu exploitables dans un contexte plus large car le niveau de détail ne permet que très difficilement de les intégrer dans le registre régional. Chaque assemblage est décrit dans une suite de paragraphes centrés chacun sur un type, dont on ne connaît donc de façon systématique que le nombre. Chaque type dispose d'un ou deux dessin(s), il n'y a pas de photographie, et la distribution des matières premières est décrite sommairement, d'après une détermination gemmologique à l'œil nu. C'est évidemment un énorme travail que de renseigner une base de données objet par objet pour une telle collection et nous n'avons eu à traiter, pour les îles françaises, que des séries faisant au maximum un quinzième de celles-ci. Si ces sites porto-ricains sont très peu documentés, d'autres sites étudiés plus récemment font également preuve, malheureusement, de parcimonie quant aux aspects qui nous auraient intéressés pour être compatibles à 100% avec notre propre travail et donc y être parfaitement intégrés. Par exemple, le site de Pearls, ayant fait l'objet d'une publication récente (FALCI, KNAF et al., 2020) venant compléter le travail pionnier de Cody (1991), n'a pas fait l'objet d'une étude exhaustive de la collection et aucune détermination minéralogique robuste n'a été entreprise pour les roches vertes. Ce serait, par exemple, un des rares sites à livrer de nombreuses parures en jadéite, quand l'intégralité de notre travail portant sur les îles françaises n'en a pas identifié une seule, malheureusement sans aucune analyse minéralogique pour étayer ces déterminations.

Si l'état de la base de données concernant les matières premières pose des questions quant à la forte proportion d'indéterminés, probablement en lien avec l'absence de connaissances gemmologiques de la plupart des archéologues, les informations concernant la typologie sont de bien meilleure qualité. Une simple classification des objets en grandes catégories permet dans un premier temps de mesurer la prédominance de la production de perles et, dans une moindre mesure, de pendentifs, dans la production lapidaire de l'âge Céramique (Figure 4.3). On peut également observer que les sites sont plutôt pauvres en autres éléments de la chaîne opératoire, ceci pouvant être un fait archéologique réel ou bien, et c'est une possibilité à ne pas écarter, lié à l'absence d'enregistrement de ces objets lors de l'une ou l'autre des étapes de la recherche archéologique, depuis la fouille (absence de tamisage) jusque la publication (non mention des

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

matériaux bruts). Cinq sites seulement regroupent 88% des objets classés comme matière première (tout fragment de roche très probablement destiné à la production lapidaire mais n'ayant pas encore atteint le stade de préforme), mais il est à noter que l'absence de décompte des éclats de matière première dans les sites très riches de Porto-Rico, bien qu'indiqués comme étant présents "en grande quantité" (NARGANES STORDE, 1995), oblitère ici encore une partie certainement non négligeable du registre archéologique car ils ne peuvent intégrer la base de données.

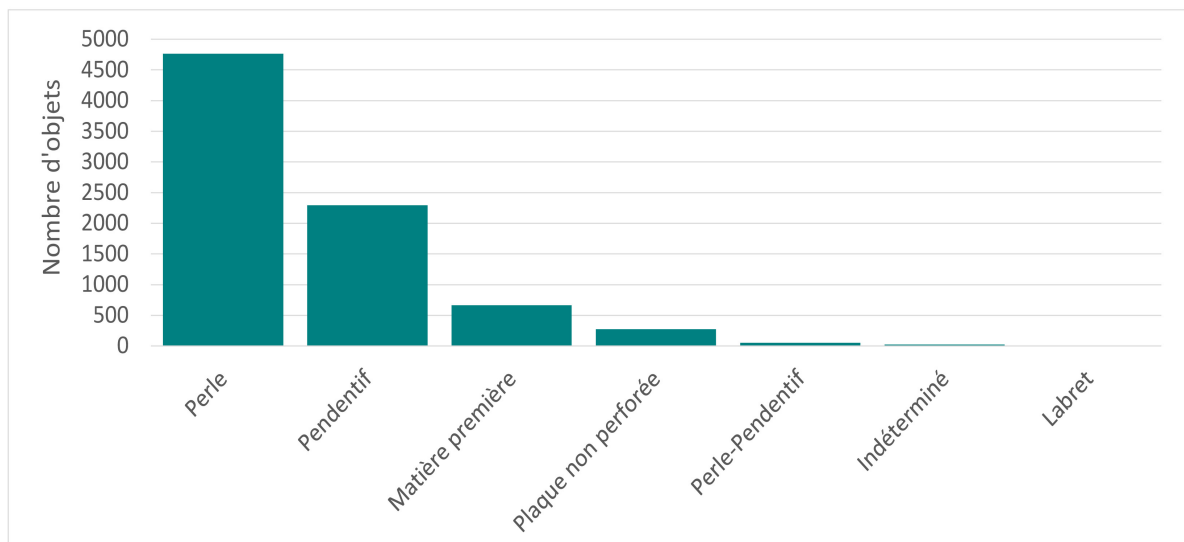


FIGURE 4.3 – Distribution du nombre d'objets par grand type d'objet.

Lorsque l'on classe les grands types d'objets en sous-types, on observe que les perles sont majoritairement de forme discoïde, puis cylindrique, puis de forme planoconvexe ou en tonneau à même hauteur (Figure 4.4). Les autres sous-types sont clairement plus rares. Au vu des collections étudiées en détail pour les îles Caraïbes françaises, cette troisième position des perles planoconvexes est surprenante, et il est intéressant de noter que leur nombre est très largement tiré vers le haut par quelques sites tels que Sorcé - La Hueca qui représente 72% de leur effectif, tandis que les perles en tonneau sont réparties de façon plus homogène même si le site de Pearls compte pour 56% du total. Les objets classés comme pendentifs sont très largement dominés par le sous-type zoomorphe, qui représente 91% du corpus ! Il est même possible d'être plus précis sur ce point, puisque 85% de ces pendentifs zoomorphes sont interprétés comme représentant des grenouilles (Figure 4.5). On note donc ici une prédominance extrêmement poussée

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

de la représentation de grenouille dans la production de pendentifs en pierre à l'âge Céramique, prédominance déjà observée mais jamais quantifiée jusqu'à présent. Une fois de plus, cependant, il est important de noter le poids extrême que prend le site de Sorcé - La Hueca dans ce décompte, car il a livré presque 95% de ces grenouilles !

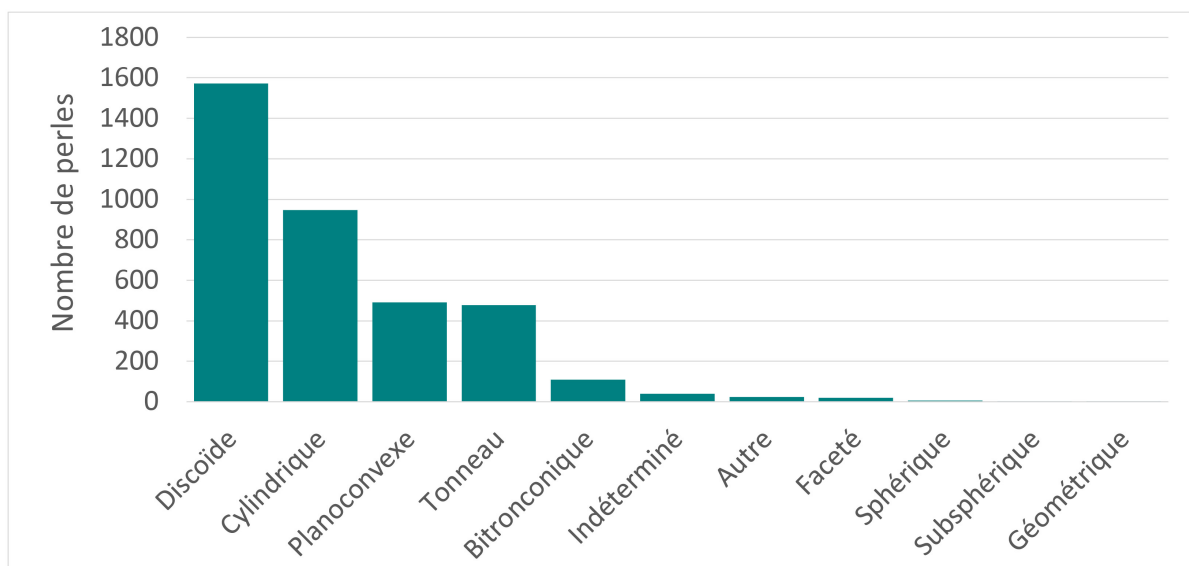


FIGURE 4.4 – Distribution du nombre de perles dans chaque sous-type.

Cet inventaire correspond donc à un état des connaissances en 2022 et demandera à être poursuivi dans les années à venir. C'est le propre de la recherche que d'améliorer constamment les connaissances scientifiques sur un domaine et nous nous attacherons à le poursuivre dans les années à venir, afin de faire avancer cette jambe du géant (cf. Section 1.4). Un travail important de documentation pièce à pièce doit être poursuivi, en particulier pour les sites majeurs que sont Sorcé - La Hueca, Sorcé (partie Saladoïde cedrosan), Punta Candelero, Trants et, dans une moindre mesure du fait du statut de collection privée issue de ramassage de surface, pour Pearls.

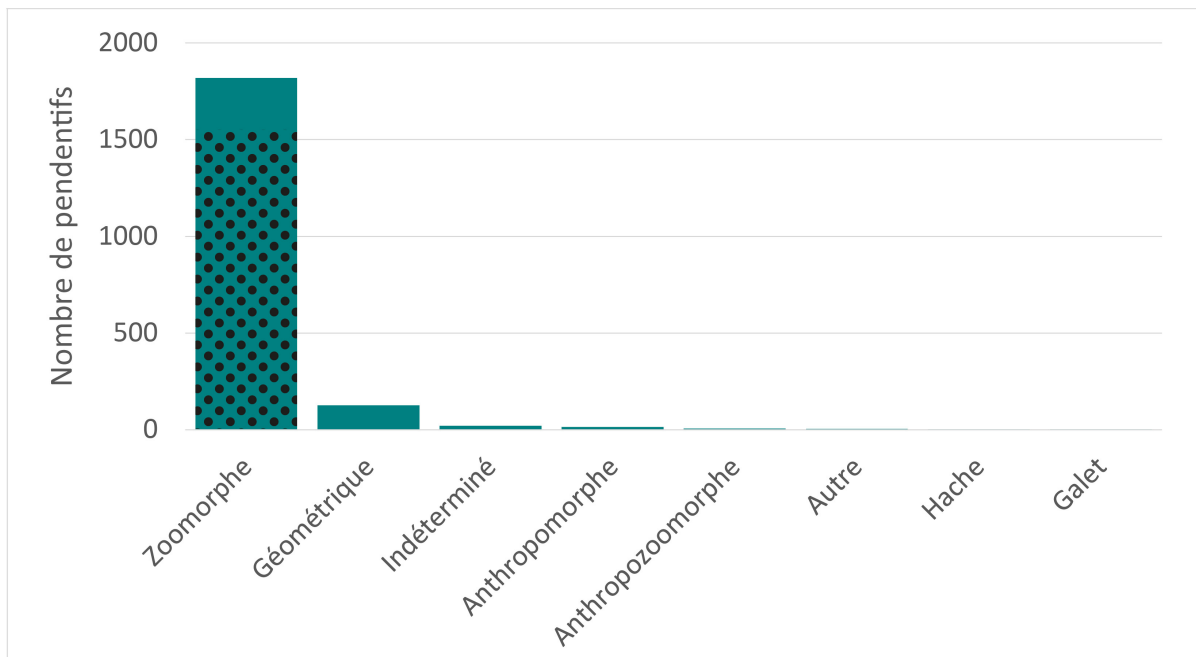


FIGURE 4.5 – Distribution du nombre de pendentifs dans chaque sous-type. La part de grenouille dans les pendentifs zoomorphes est représentée en motif surimposé.

4.3 Analyse de la distribution chronologique des productions lapidaires

Comme exposé précédemment, la périodisation de l'âge Céramique pour les îles Caraïbes est principalement basée sur les styles de production de céramiques (Section 1.1.2.2). Si les recherches archéologiques récentes intègrent désormais d'autres parties du registre archéologique pour mieux cerner l'évolution des modes de vie des Amérindiens de cette période, force est de constater que la segmentation Saladoïde / Post-saladoïde est tenace et semble bien perdurer, même en prenant en compte d'autres critères d'analyse. Cette distinction majeure s'est régulièrement appuyée également sur les changements dans la production lapidaire, attribuant à la période Saladoïde une production importante et diversifiée, tandis que les populations occupant les Antilles lors des périodes plus récentes auraient été moins orientées vers cet artisanat (BÉRARD, 2013 ; HOFMAN et al., 2007 ; HOFMAN et al., 2014 ; KNIPPENBERG, 2007 ; RODRIGUEZ, 1993). Toutefois, ces interprétations sont basées sur des observations générales, qualitatives, et non sur des

données robustes telles que nous les avons produites dans ce travail. Grâce à ces données, et suivant le travail initié dès 2020 (Section 2.3), nous testerons dans cette section cette hypothèse de façon quantitative.

Bien que certains sites soient difficilement attribuables à l'une ou l'autre des périodes, et que certains autres soient attribués à plusieurs périodes sans que les objets de parures eux-mêmes puissent être attribués de façon plus précise, la répartition du nombre de sites et celle du nombre d'objets inventoriés par période archéologique montre une préférence extrêmement marquée pour le Céramique ancien et, dans une moindre mesure, le Céramique moyen (Figure 4.6). Cette répartition, en outre, est à mettre en parallèle avec le nombre de sites archéologiques connus dans l'arc Caraïbes qui augmente de façon générale entre les périodes anciennes et récentes de l'âge Céramique (CROCK & PETERSEN, 2004 ; CURET, 2005 ; HOFMAN, 2013 ; KEEGAN & HOFMAN, 2017), bien que ce ne soit pas le cas ici quand on se concentre uniquement sur les sites ayant livré de l'artisanat lapidaire.

L'analyse de la distribution chronologique des productions lapidaires de l'âge Céramique est réalisée dans ce chapitre selon plusieurs axes de réflexion. La comparaison sera réalisée d'une part sur la base de la distribution des matières premières et d'autre part en fonction des types d'objets façonnés. Dans un troisième temps une version plus complexe de la base de données, combinant ces deux aspects, sera explorée.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

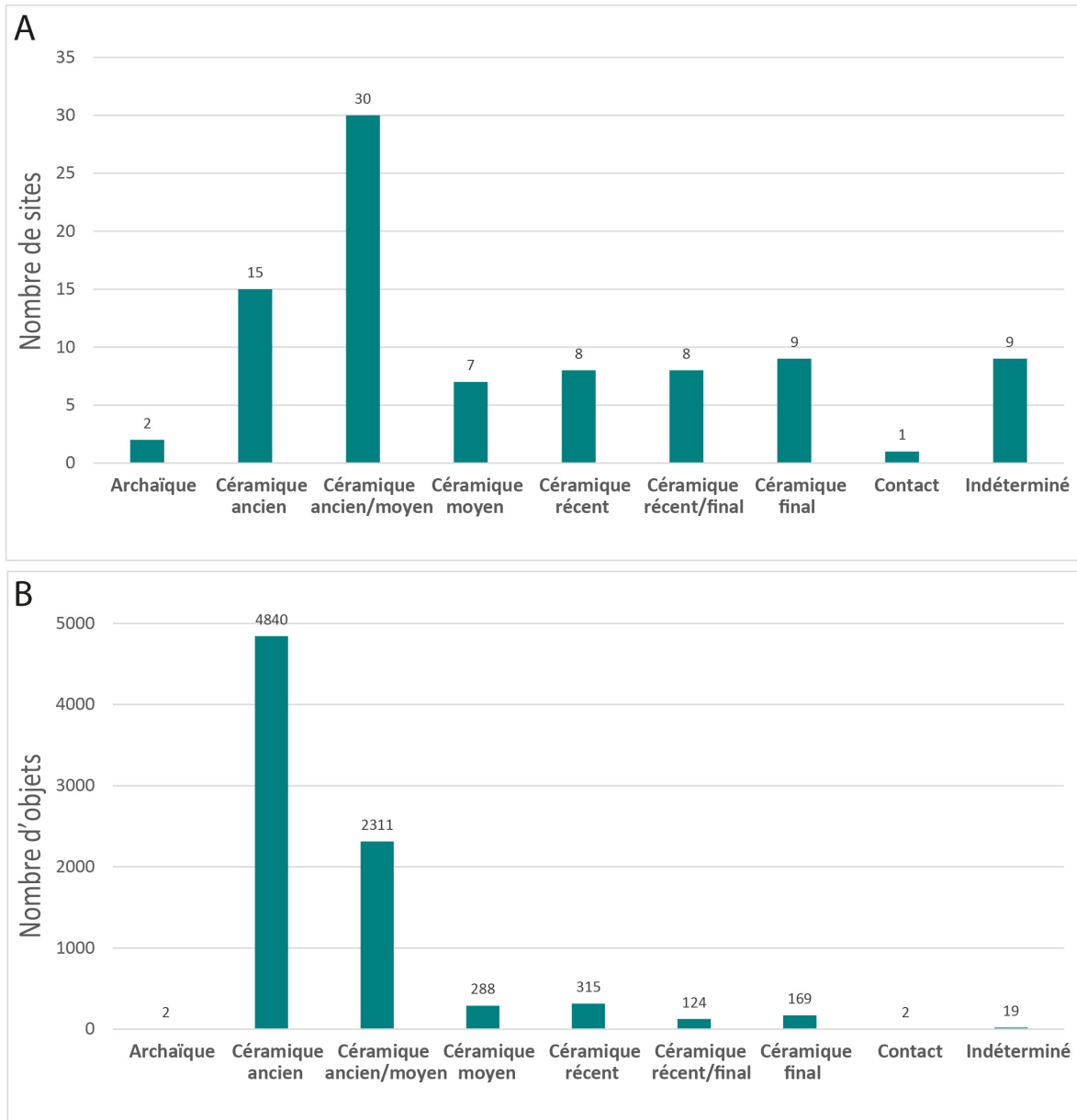


FIGURE 4.6 – A. Distribution du nombre de sites de la base de données régionale par période archéologique. B. Distribution du nombre d'objets de la base de données régionale par période archéologique.

4.3.1 Matières premières

Plusieurs jeux de données peuvent être extraits en fonction de la qualité des informations dont on dispose selon les sites. Dans un premier temps, une analyse de la diversité (sous-section 4.3.1.1) se concentrera uniquement sur les sites dont les données sont les plus fiables et les mieux quantifiées. Dans un second temps des analyses de similarité (sous-section 4.3.1.2) à l'échelle des Antilles intègrent un nombre plus conséquent de sites, sélectionnés selon des critères plus lâches. Seules les matières premières identifiées dans plusieurs sites archéologiques, et au moins une fois de façon fiable, sont conservées. Ainsi des matières premières identifiées dans un seul site n'ont pas été conservées car elle n'apporteront pas d'information très intéressante en termes de comparaison de sites et des matières premières surprenantes, identifiées dans plusieurs sites mais uniquement par un même auteur n'ayant jamais fait d'analyse minéralogique, ne seront pas non plus conservées. Enfin, je n'ai conservé dans ce jeu de données que les sites présentant au moins 10 objets une fois les critères précédents appliqués. Ce tri, pourtant effectué avec des critères très modérés, amène à réduire l'analyse à 22 sites seulement (Tableau 4.1), mais assure la robustesse des informations.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

Site	Index	Période	Série ou Sous-série	Anorthite	Améthyste	Aventurine	Barytine	Calcaire	Calcedoine	Calcite	Cornaline	
Anse à la Gourde	GD-03	C. récent	Troumassoïde	1	0	0	0	0	0	12	0	
Baie Orientale	SM-01	C. récent	Troumassoïde	0	0	0	0	0	0	99	0	
Doig's	AN-04	C. ancien/moyen	Saladoïde cedrosan	0	0	0	0	0	0	2	0	
El Cabo	HI-04	C. récent/final	Ostionoïde	0	0	0	0	0	0	6	0	
El Flaco	HI-01	C. récent/final	Ostionoïde	0	0	0	0	0	0	65	0	
Elliot's	AN-01	C. moyen	Saladoïde cedrosan	0	1	0	4	12	10	5	3	
Gare Maritime	GD-01	C. ancien	Saladoïde huecan	0	9	1	0	0	0	3	0	
Golden Grove	TO-02	C. récent	Troumassoïde/Barrancoïde	0	0	0	0	0	0	0	0	
Golden Rock	SE-01	C. moyen	Saladoïde cedrosan	0	0	0	0	0	0	0	0	
Grand Bay	CA-01	C. moyen/récent	Saladoïde cedrosan	0	0	0	0	0	0	1	3	
Grand Case	SM-03	C. récent	Troumassoïde	0	0	0	0	0	0	11	0	
Hope Estate	SM-02	C. ancien	Saladoïde cedrosan/huecan	2	8	0	0	1	1	24	3	
La Hueca	VI-02	C. ancien	Saladoïde huecan	0	4	10	0	0	2	9	2	
Main Street	ST-02	C. ancien	Saladoïde cedrosan	0	0	0	0	1	0	1	1	
Morel	GD-02	C. ancien	Saladoïde cedrosan/huecan	0	13	1	0	0	0	4	9	
Pearls	GR-01	C. ancien	Saladoïde cedrosan	0	23	0	0	0	2	0	0	
Playa Grande	HI-05	C. récent/final	Ostionoïde	0	0	0	0	0	0	2	0	
Punta Candeleró	PR-04	C. ancien	Saladoïde huecan	0	0	27	0	0	0	0	0	
Royall's	AN-03	C. moyen	Saladoïde cedrosan	0	2	2	8	23	8	59	56	
Sorcé	VI-01	C. ancien	Saladoïde cedrosan	0	2	2	0	0	2	3	1	
Trants	MO-01	C. ancien	Saladoïde cedrosan	1	23	13	0	0	0	0	146	
Vivé	MA-02	C. ancien	Saladoïde cedrosan	1	6	0	1	0	2	1	3	
Site	Index	Cristal de roche	Diorite	Jaspe	Malachite	Marbre	Néphrite	Paragonite	Serpentine	Stalactite	Sudôite	Turquoise
Anse à la Gourde	GD-03	0	4	0	0	1	0	0	1	1	0	1
Baie Orientale	SM-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doig's	AN-04	2	2	0	0	0	3	0	2	0	0	0
El Cabo	HI-04	0	25	0	0	0	0	0	0	1	0	0
El Flaco	HI-01	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elliot's	AN-01	9	6	0	1	0	2	0	1	0	0	0
Gare Maritime	GD-01	3	1	1	17	0	1	1	17	0	3	7
Golden Grove	TO-02	0	271	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Golden Rock	SE-01	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grand Bay	CA-01	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grand Case	SM-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hope Estate	SM-02	14	11	0	1	1	1	11	5	0	2	2
La Hueca	VI-02	10	3	0	5	1	9	0	677	0	0	3
Main Street	ST-02	6	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Morel	GD-02	13	10	0	0	1	3	1	1	1	2	0
Pearls	GR-01	22	14	0	0	0	26	0	9	0	0	10
Playa Grande	HI-05	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Punta Candeleró	PR-04	63	0	0	75	8	4	0	257	0	0	24
Royall's	AN-03	18	15	3	0	0	1	0	3	0	0	1
Sorcé	VI-01	4	2	0	3	0	8	0	39	0	0	2
Trants	MO-01	49	270	0	0	0	2	0	1	0	0	11
Vivé	MA-02	2	5	1	0	0	2	2	0	0	1	9

TABLEAU 4.1 – Jeu de données nettoyé utilisé pour les analyses régionales de la distribution des matières premières utilisées dans l'artisanat lapidaire de l'âge Céramique dans les Antilles.

4.3.1.1 Analyses de la diversité

Les données exhaustives et fiables pour les sites archéologiques analysés dans ce travail et quelques travaux récents et complets permettent de faire des observations quant à la diversité des productions lapidaires du point de vue des matières premières. Ce travail, amorcé en 2020 (QUEFFELEC, FOUÉRÉ, BELLOT-GURLET & BÉRARD, 2020), est ici complété grâce aux données obtenues depuis pour le site de Hope Estate et avec les données les plus fiables et complètes issues de la littérature, à savoir Baie Orientale 2 (Fouéré dans BONNISSENT et al., 2013), Royall's et Elliot's (MURPHY et al., 2000), ainsi que El Flaco, El Cabo et Playa Grande en République Dominicaine (FALCI, NGAN-TILLARD et al., 2020). La méthode d'analyse est expliquée dans (QUEFFELEC, FOUÉRÉ, BELLOT-GURLET & BÉRARD, 2020) et je la retranscris ici en français. La diversité de la production lapidaire retrouvée dans chaque site archéologique (caractérisée par les fréquences de chaque type ou matière première) est évaluée selon des méthodes quantitatives issues de l'écologie. La diversité est évaluée à différentes échelles, donnant plus ou moins de poids aux éléments les plus rares (MARCON, 2018 ; TÓTHMÉRÉSZ, 1995). Ceci permet d'éviter, au contraire des indices de diversités classiquement utilisés, les incohérences parfois observées quand on essaie de réduire la complexité d'une entité multidimensionnelle en un seul chiffre (TÓTHMÉRÉSZ, 1995), par exemple avec l'indice de richesse, fortement impacté par la taille de l'échantillon (KINTIGH, 1984 ; SHOTT, 2010). Avec cette méthode, la diversité à l'ordre q est noté qD . 0D correspond ainsi à la richesse (le nombre de matières premières différentes), 1D est directement lié à l'indice de diversité de Shannon [${}^1D = \exp(\text{Shannon index})$], tandis que 2D est une valeur de diversité bien moins sensible aux matériaux rares, équivalent à l'indice de diversité de Simpson (HILL, 1973). Bien que ces valeurs d'ordre spécifiques soient utiles et régulièrement utilisées dans les études archéozoologiques (e.g. BEAVER & DEAN, 2019 ; GRAYSON & DELPECH, 2002 ; LÓPEZ-GARCÍA et al., 2014), l'application la plus intéressante de cette méthode est celle permettant de représenter un graphique des profils de diversité. Un profil situé au dessus d'un autre sera considéré comme plus divers. Si les profils se croisent, il peut être intéressant d'analyser le point de croisement puisque plus la valeur d'ordre est basse, plus l'impact des matériaux rares sera important. Enfin, l'indice d'équitabilité de Pielou (PIÉLOU, 1966), qui correspond à l'indice de diversité de Shannon divisé par le logarithme népérien de la richesse, mesure l'homogénéité de la distribution des matières premières,

indiquant ou non une surconcentration d'une matière première par rapport aux autres. Tous ces calculs ont été réalisés grâce au package R *entropart* (MARCON & HERAULT, 2019 ; MARCON & HÉRAULT, 2015). Les profils de diversité obtenus mettent en évidence une diversité clairement liée à la période d'occupation des sites archéologiques (Figure 4.7). Les profils de diversité des sites du Céramique ancien sont situés dans la partie haute du graphique, en particulier pour les valeurs d'ordre de diversité relativement faibles, indiquant une richesse importante et une diversité de matériaux dont certains sont plutôt peu représentés. Ceci est en particulier le cas pour Hope Estate, ce qui pourrait provenir du fait de la double occupation Saladoïde huécan et Saladoïde cedrosan du site. Les deux sites d'Antigua, attribués au Céramique moyen, ont une richesse plus faible, mais le site d'Elliot's montre un profil de diversité qui croise tous les profils des sites du Céramique ancien, indiquant que lorsque l'on diminue le poids des matériaux rares, c'est finalement lui le plus diversifié. Anse à la Gourde et Baie Orientale 2, les deux sites du Céramique récent intégrés dans ce jeu de données, montrent deux comportements bien différents. Anse à la Gourde montre un profil ressemblant fortement aux sites plus anciens, mais simplement plus bas dans le graphique, tandis que Baie Orientale 2, qui ne présente que deux matériaux (99 objets en calcite et 1 objet en roche volcanique), est situé tout en bas du graphique. Si Anse à la Gourde avait été interprété comme peu diversifié dans une première version de ce travail (QUEFFELEC, FOUÉRÉ, BELLOT-GURLET & BÉRARD, 2020), on peut noter que le graphique est désormais bien différent avec des sites vraiment très peu diversifiés, Baie Orientale 2, comme indiqué précédemment, mais aussi les trois sites du Céramique final, que sont El Cabo, El Flaco et Playa Grande. L'indice d'équitabilité de Piélou montre quant à lui trois groupes (Figure 4.8). Le premier groupe de sites, majoritaire, dont l'équitabilité est relativement haute, comprise entre 0.74 et 0.91, montre un continuum descendant dans lequel il est difficile de situer une séparation nette. Ces sites n'ont pas de matériaux très sur-représentés par rapport à d'autres. Le second groupe, composé de El Cabo et Playa Grande, dont les valeurs se situent entre 0.56 et 0.62, est interprété comme ayant une prédominance d'un matériau par rapport aux autres, ici en diorite et calcite respectivement. Enfin, Baie Orientale 2, comme noté ci-dessus, montre un déséquilibre très fort en faveur de la calcite, qui se retrouve dans l'indice d'équitabilité de Piélou, avec une valeur de 0.08.

Afin d'estimer plus avant la robustesse des observations menées sur la diversité, et en particulier sur la richesse, il est possible d'appliquer un test proposé par K.W. Kintigh

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

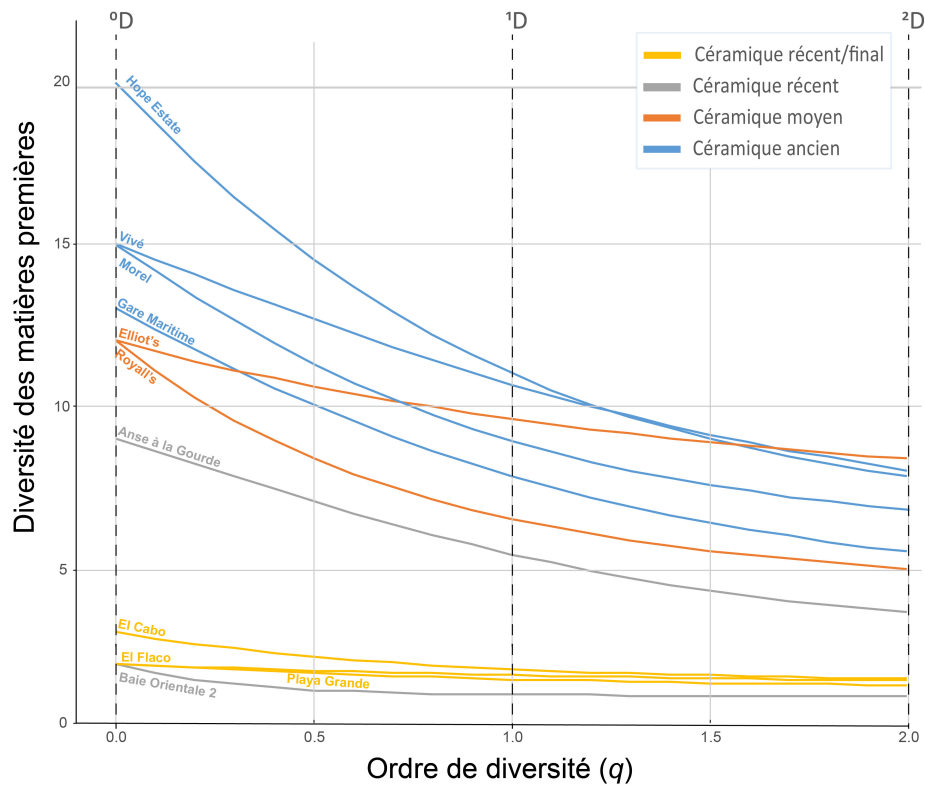


FIGURE 4.7 – Profils de diversité des matières premières utilisées dans les différents sites riches en artisanat lapidaire des Antilles dont les données sont les plus fiables et complètes.

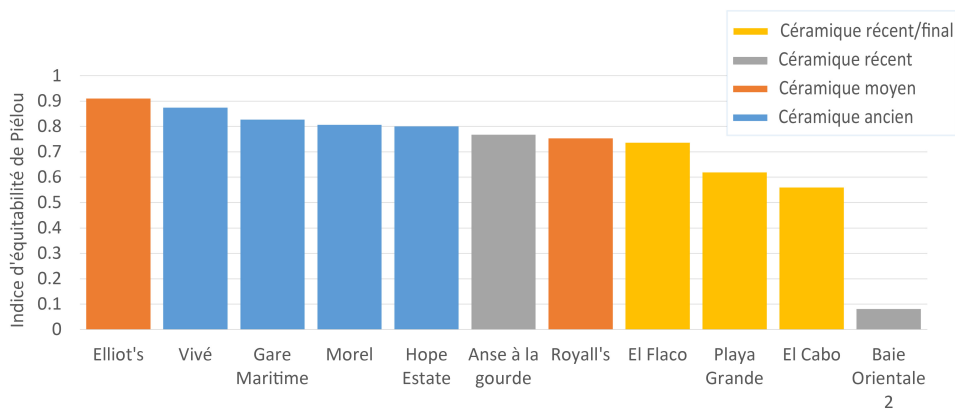


FIGURE 4.8 – Indices d'équitabilité de Pielou, classés dans l'ordre décroissant, concernant les matières premières utilisées dans les différents sites riches en artisanat lapidaire des Antilles dont les données sont les plus fiables et complètes.

(1984) et codé sous forme de fonction dans R par M. Peeples (2018). Cet article propose en effet de comparer la richesse² observée de chaque site avec la richesse que l'on aurait pu attendre statistiquement pour un échantillon de cette taille. Afin de calculer cette richesse moyenne et son intervalle de confiance pour chaque taille d'échantillon, 10000 tirages aléatoires pour chaque taille d'échantillon, de 1 jusqu'à l'effectif observé maximal augmenté de 5% ont été réalisés dans un échantillon modèle composé de la somme des données de tous les sites étudiés. Ce modèle, agrégeant l'ensemble des données des 11 sites, est donc supposé être représentatif de la distribution en fréquence des différentes matières premières ou types dans l'ère Caraïbe, à la période Céramique. Le même calcul a été réalisé en ne conservant que les sites du Céramique ancien et moyen. Ces hypothèses étant relativement fortes, nous prendrons ici comme intervalle de confiance 80% comme dans la publication originelle, mais également 95%.

On peut alors observer que les richesses en matières premières de l'ensemble des sites du Céramique ancien rentrent dans la variabilité possible calculée pour le nombre d'objets qu'ils ont livrés, si l'on tirait 10000 fois, au hasard, ce même nombre d'objets dans le pool composé de la totalité des objets lapidaires des 11 sites (Figure 4.9A). Ils se situent même plutôt dans la partie haute de l'intervalle de confiance, Hope Estate et Vivé se trouvant respectivement en dehors de l'intervalle à 80 et 95%. Royall's, site du Céramique moyen, ayant livré un nombre conséquent d'objets, se situe bien en deçà de ce qui serait attendu par un tirage aléatoire d'un tel nombre d'objets, et montre donc une sélection assez forte des matières premières par rapport à l'ensemble des matériaux disponibles. Les sites plus récents sont très largement en dessous de ce que l'on pourrait attendre s'il s'agissait d'un tirage aléatoire de ce nombre d'objets, sauf Anse à la Gourde, qui montre une richesse comparable à la moyenne des tirages aléatoires. Les sites récents sont donc bel et bien très sélectifs en ce qui concerne la matière première utilisée, et ce n'est pas un artefact lié à la taille de l'échantillon, même pour Playa Grande qui est le site ayant livré le moins d'objets (13). Ces interprétations restent vraies lorsque l'on supprime les sites du Céramique récent et final de l'échantillon dans lequel sont réalisés les tirages aléatoires, en particulier, Royall's est toujours largement en dehors de ce que l'on pourrait attendre si les 199 objets lapidaires étaient tirés aléatoirement dans le pool total des sites du Saladoïde (Figure 4.9B).

Ces analyses quantifiées de diversité montrent donc clairement une diversité plus

2. équivalent donc ⁰D pour la méthode précédente

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

importante pour les sites du Céramique ancien et du Céramique moyen, et dans une moindre mesure, Anse à la Gourde (Céramique récent), puis, une diversité très faible pour Baie Orientale 2 (Céramique récent) et l'ensemble des sites du Céramique final. En terme de richesse, les sites du Céramique ancien sont plus divers que les sites du Céramique moyen, avec, en particulier, pour Royall's, dont la collection est la plus importante de ce sous-jeu de données, une richesse très éloignée de ce qui serait attendu pour une collection de cette taille. Cette interprétation des profils de diversité et de la richesse observée comparée à des simulations numériques permet de distinguer très clairement les sites à composante culturelle saladoïde des sites contenant des céramiques des séries plus récentes. Surtout, l'application d'une telle méthodologie permet de **quantifier** cet aspect déjà largement mis en évidence de façon qualitative par les différents archéologues spécialistes de l'arc caribéen, comme je l'ai déjà écrit précédemment, et d'apporter ainsi une interprétation bien plus robuste.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

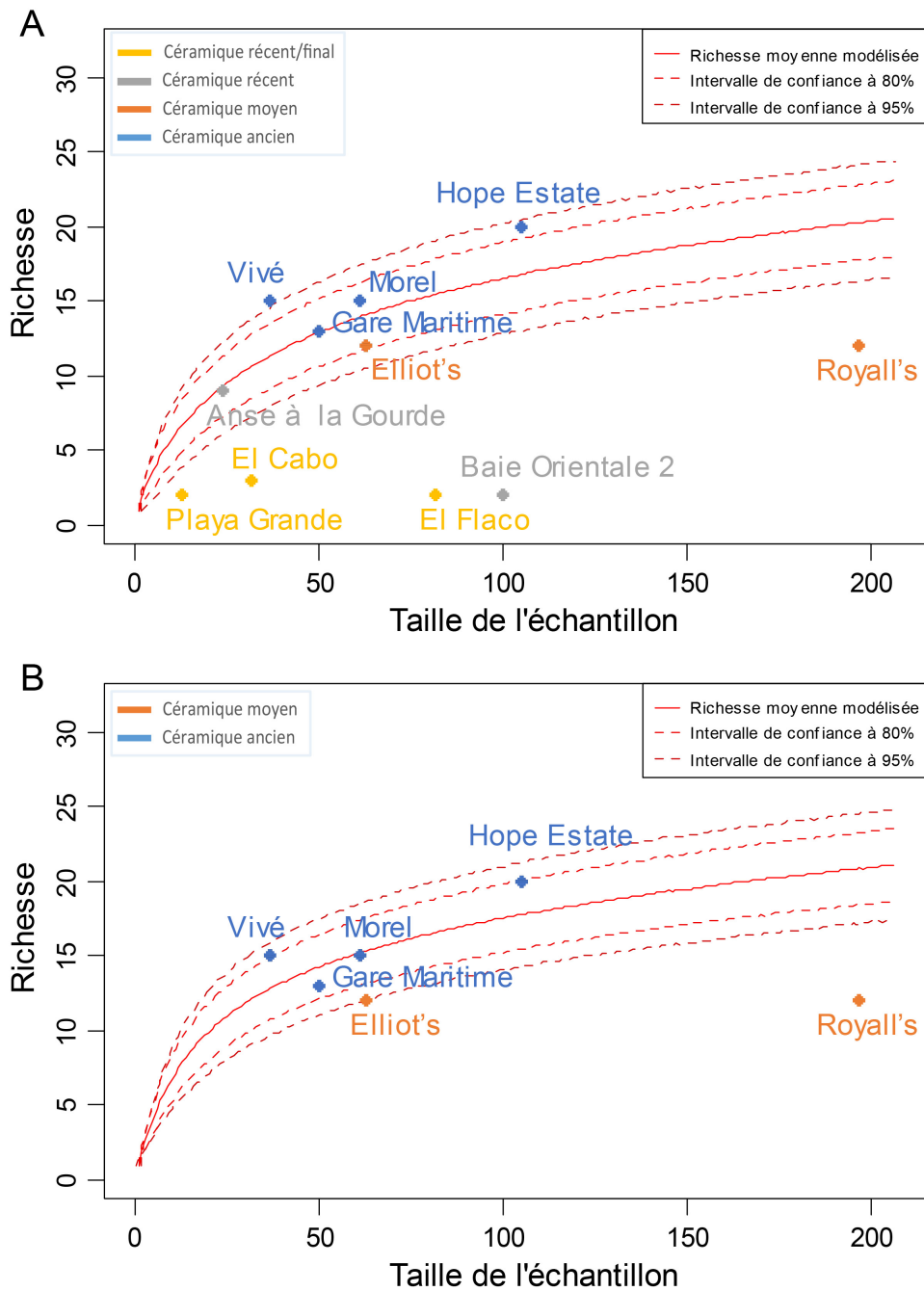


FIGURE 4.9 – A. Comparaison des richesses observées avec le modèle créé par 10000 tirages aléatoires de matières premières dans l'échantillon composé de la fusion des 11 sites, avec un intervalle de confiance à 80% et 95%. B. Comparaison des richesses observées avec le modèle créé par 10000 tirages aléatoires de matières premières dans l'échantillon composé de la fusion des 6 sites du Céramique ancien et moyen, avec un intervalle de confiance à 80% et 95%.

4.3.1.2 Analyse de similarité

Les analyses de similarité par sériation sont utilisées de longue date pour répondre à des problématiques diverses à l'échelle d'un site ou d'une comparaison inter-sites (IHM, 2005). De nombreuses applications différentes en ont été proposées, que ce soit en fonction du matériel archéologique retrouvé dans des sépultures comme lors de la première utilisation de cette méthode (PETRIE, 1899), ou en fonction des types de céramiques (TORVINEN & NELSON, 2020, et exemples listés page 68), des décors d'épées en bronze (GOLDMANN, 1968), mais aussi en fonction des types de parure ou des techniques de fabrication des parures (D'ERRICO et al., 2021 ; VANHAEREN & D'ERRICO, 2006). Ces méthodes statistiques permettant de représenter graphiquement la similarité entre les sites archéologiques, peuvent se baser sur des matrices d'incidence (présence/absence) ou sur des matrices d'abondance (fréquences, tables de contingence) (IHM, 2005). J'utiliserai ici la matrice d'abondance présentée plus haut (Tableau 4.1) pour effectuer des analyses par sériation et par Analyses Factorielles des Correspondances (AFC, *Correspondence Analysis* en anglais), l'un dérivant, historiquement, de l'autre, grâce à l'avènement de l'informatique (IHM, 2005). La première méthode repose sur la création d'une liste ordonnée des sites archéologiques. Cet ordre peut être calculé de nombreuses façons, et j'ai choisi ici tout d'abord de centrer les données (pour éviter de comparer des sites avec 10 perles et des sites avec 3000 perles sans prendre en compte cette énorme différence), puis de baser la sériation sur la méthode 'Heatmap' qui applique dans un premier temps une classification ascendante hiérarchique³ (*Hierarchical Clustering* = HC) sur les distances euclidiennes calculées entre les sites, puis qui ordonne les 'feuilles' de l'arbre ainsi créé de façon optimale (*Optimal Leaf Ordering* = OLO). J'ai également testé d'autres algorithmes pour la sériation, sans observer de différences significatives. Ceci a été réalisé avec le package R *seriation* (HAHSLER et al., 2008), selon le script disponible en annexe C. La seconde méthode, l'Analyse Factorielle des Correspondances est une analyse de réduction de l'information du même type qu'une Analyse en Composante principale, mais applicable à une table de contingence telle qu'un décompte d'objets par site. Elle permet la représentation des sites et des matières premières sur un même graphique et s'interprète comme une ACP.

La figure 4.10, résultat de la sériation telle qu'expliquée ci-dessus en prenant en compte

3. plusieurs algorithmes de classification ont été testés (*single, average, complete, Ward*) sans observer de changement notable

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

toutes les matières premières individualisées, met en évidence quatre groupes de sites. Les sites Saladoïde huecan sont regroupés du fait de leur forte teneur en serpentine. Un second groupe se distingue, basé sur la présence importante de calcite, intégrant des sites du Céramique récent (Anse à la Gourde, Baie Orientale 2, Grand Case) et final (El Flaco) et, avec une similarité plus faible, Hope Estate (Céramique ancien) et Royall's (Céramique moyen). Un troisième groupe correspond aux sites riches en cristal de roche et présentant une diversité de matériaux tels que néphrite, améthyste, diorite etc. Ce sont majoritairement des sites du Céramique ancien. Enfin, un groupe présentant des proportions importantes de diorite et, dans une moindre mesure, de cornaline, est mis en évidence. Il regroupe des sites de plusieurs périodes, tel que le Céramique ancien (Trants) mais surtout des sites récents et finaux (Golden Grove, atelier de production de perles en diorite, El Cabo, Playa Grande). Dans ce groupe, mais relativement éloigné des autres, se trouve le site de Vivé qui, s'il présente en effet plusieurs objets en diorite et en cornaline, se distingue aussi par une forte proportion de turquoise et d'améthyste.

Afin de supprimer un potentiel biais créé par les sites étudiés plus en détails d'un point de vue gemmologique (les sites d'Antigua et ceux des îles françaises) et, également, de s'approcher peut-être plus de la vision amérindienne de ces matériaux qui n'avaient pas les moyens analytiques de distinguer toutes les roches vertes, ni même peut-être le besoin ou l'envie de le faire, j'ai tenté deux regroupements différents pour les roches vertes. Tout d'abord, j'ai considéré que la turquoise pouvait être laissée à part, du fait de sa reconnaissance assez aisée pour les archéologues non gemmologues ainsi que, potentiellement, par les Amérindiens. Ceci permet d'obtenir la *heatmap* présentée en figure 4.11. J'ai également regroupé toutes les roches vertes ensemble, ce qui produit la *heatmap* présentée en figure 4.12. On observe sur ces deux figures des regroupements similaires : un groupe diorite (+ cornaline) intégrant des sites de différentes périodes, un groupe orienté calcite comprenant principalement des sites récents, un groupe diversifié (cristal de roche + améthyste + turquoise + roches vertes) intégrant des sites anciens, et enfin un groupe très orienté sur les roches vertes intégrant des sites du Céramique ancien dans lequel les sites huecan se regroupent encore plus fortement.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

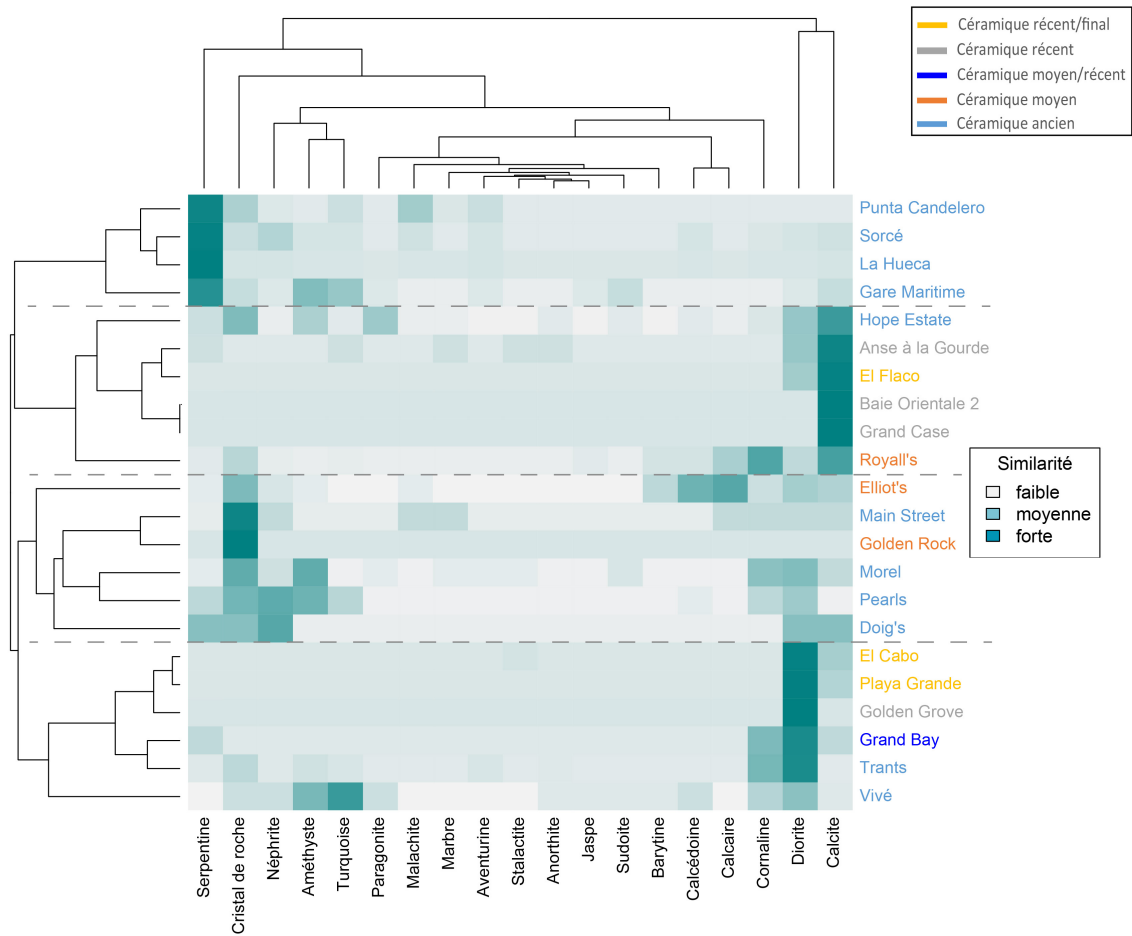


FIGURE 4.10 – Sériation des sites archéologiques et des matières premières (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

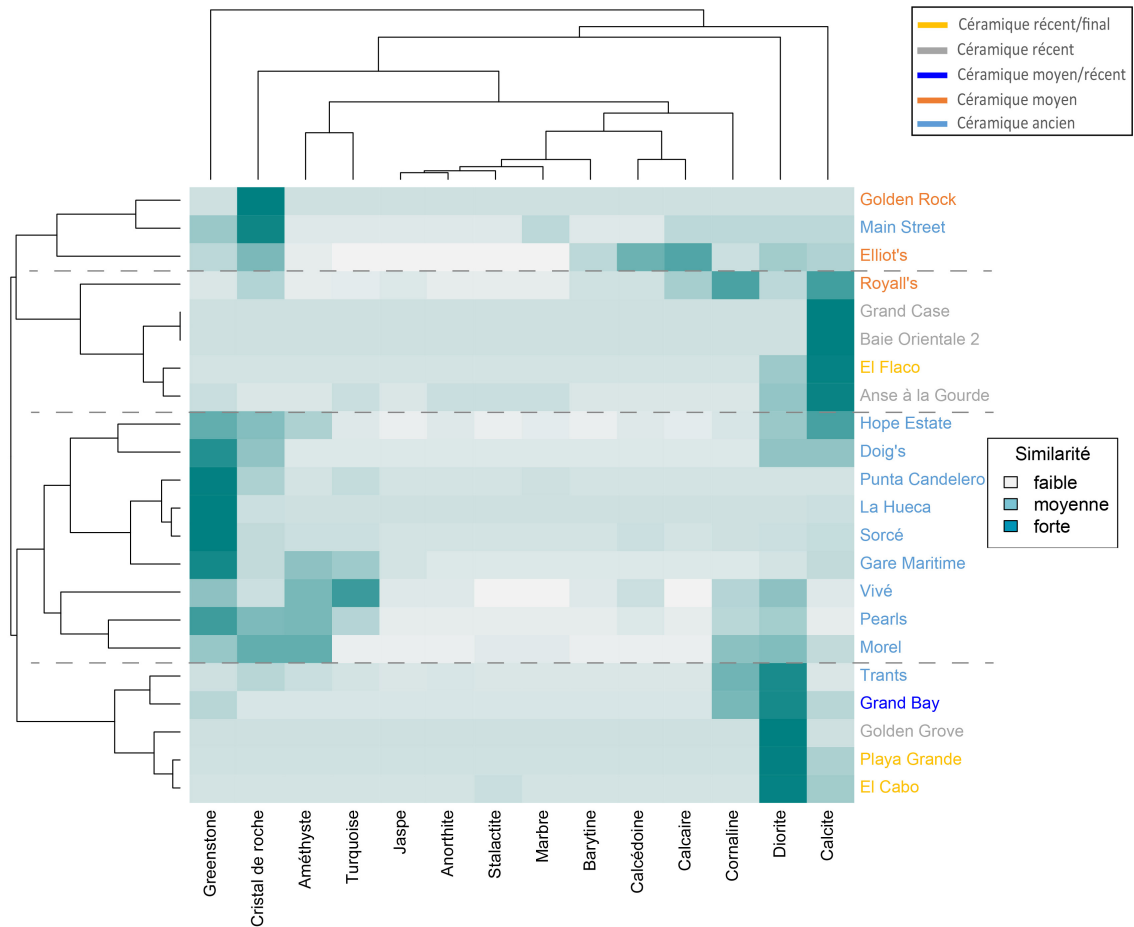


FIGURE 4.11 – Sériation des sites archéologiques et des matières premières, roches vertes regroupées sauf la turquoise (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

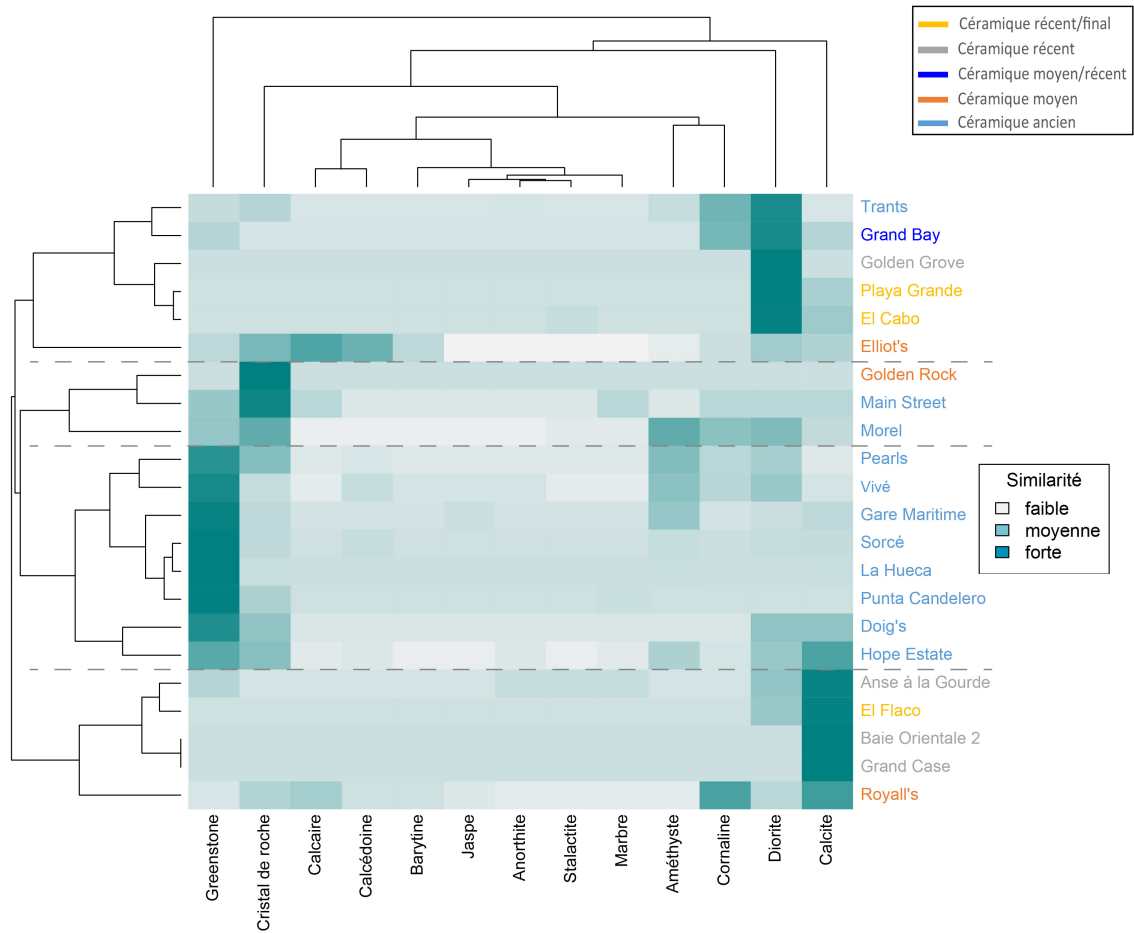


FIGURE 4.12 – Sériation des sites archéologiques et des matières premières, toutes roches vertes regroupées (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).

Un autre moyen de représenter les affinités entre sites, entre matières premières et entre sites et matières premières, est l'Analyse Factorielle de Correspondances. La figure 4.13 représente les trois premières dimensions de cette analyse. La première dimension correspond très clairement à la distinction entre les sites riches en roches vertes et les autres, on retrouve ainsi un noyau de sites anciens dont les sites huecan à gauche du graphique, et les sites plus récents sur la partie droite. La seconde dimension, quant à elle, distingue les sites riches en calcite de ceux riches en diorite, comme il était déjà possible de le voir sur les sériations. La troisième dimension, quant à elle, intègre la variance autour de la proportion en cristal de roche principalement. En ne conservant que les dimensions 1 et 3 (Figure 4.13B), cette analyse sépare de façon extrêmement efficace les sites en fonction de leur attribution archéologique. Les résultats obtenus par l'AFC confirment donc largement les résultats des sériations, soulignant la robustesse de cette méthodologie quantitative.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

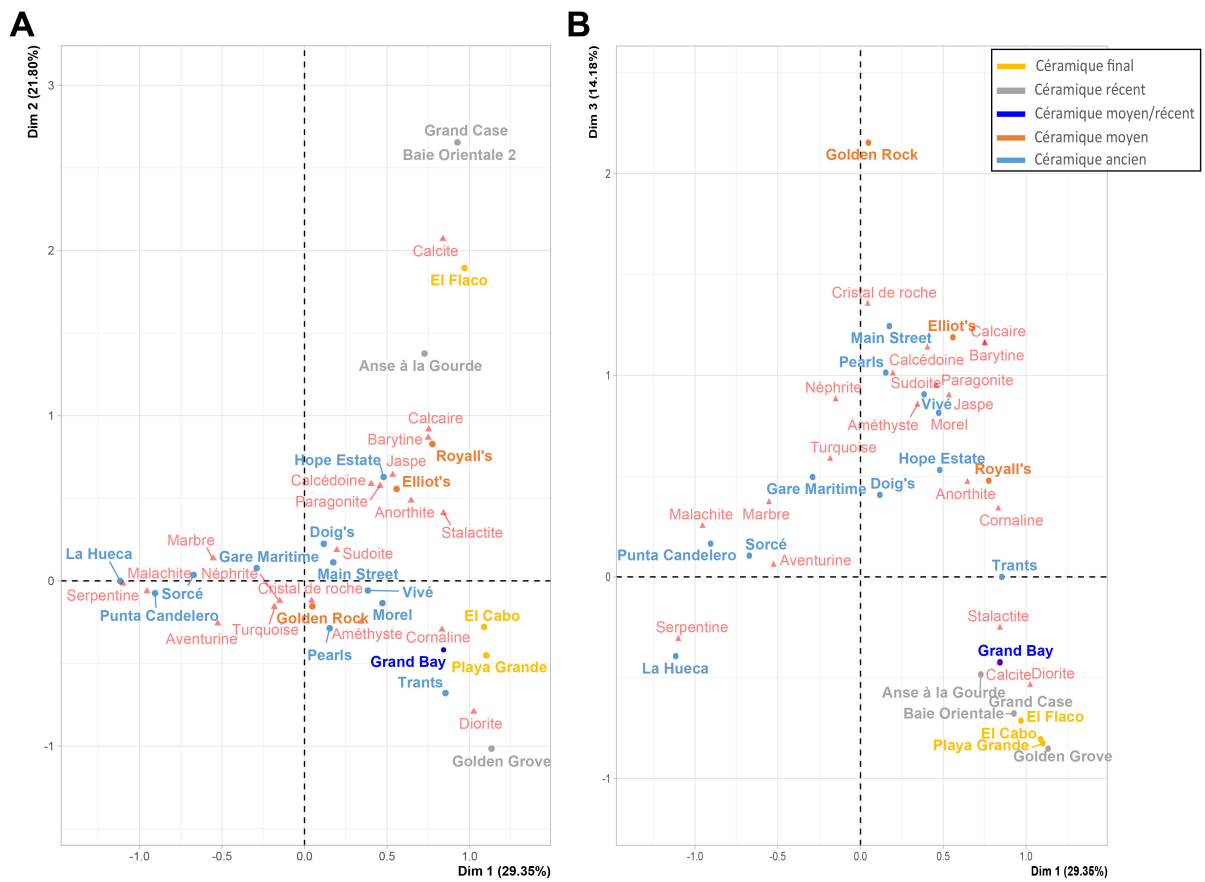


FIGURE 4.13 – Analyse Factorielle des Correspondances représentée selon les dimensions 1 et 2 (A) et selon les dimensions 1 et 3 (B).

Dans le cas de données archéologiques sous forme de matrice d'abondance, une des mesures de similarité les plus utilisées est celle de Brainerd-Robinson qui quantifie la similarité entre les sites sur la base des proportions de chaque matière première dans chaque site (ROBINSON, 1951). Je présenterai donc ci-dessous des résultats de sériation se basant sur cette similarité, qui donne des résultats légèrement différents de la classifications hiérarchique ascendante basée sur des distances euclidiennes comme utilisée plus haut. Cette matrice a été calculée grâce au script R proposé par Peebles (2011) et donne donc un score de similarité pour chaque paire de sites. Ici, on gagne donc en applicabilité de la méthode à nos données, en utilisant un calcul développé spécifiquement pour nos problématiques archéologiques, tout en perdant l'information de quelle matière(s) première(s) rendent tels couples de sites similaires ou différents. Sur la *heatmap* créée à partir de cette matrice de similarité (Figure 4.14), la couleur de la case à la croisée de deux sites a et b correspond donc à cette valeur de similarité, et la sériation ordonne les sites afin de rapprocher les sites les plus similaires les uns des autres. On remarque immédiatement le regroupement des sites récents en bas à droite du graphique, en particulier les sites très riches en calcite qui forment un groupe compact. Les sites riches en diorite s'écartent un peu et se rapprochent des autres sites, plus anciens, qui ont livré plusieurs perles en diorite. Le cœur du graphique regroupe des sites diversifiés du Saladoïde cedrosan, et lorsque l'on remonte encore vers la partie en haut à droite, un groupe de sites Saladoïde huecan s'individualise, juste avant le site de Golden Rock que l'on peut considérer comme un outlier du fait de l'unicité du cristal de roche comme gemme utilisée pour produire un collier retrouvé dans une sépulture. Les neuf combinaisons possibles combinant les trois précisions de données (toutes matières premières distinctes, roches vertes regroupées sauf turquoise, toutes roches vertes regroupées) et les trois algorithmes de sériation (*Heatmap*, *PCA*, *PCA-Angle*) ont été testées, pour très peu de variations visibles si ce n'est une migration du site de Golden Rock qui, en tant qu'*outlier*, passe d'un bout à l'autre du graphique selon les calculs mathématiques appliqués du fait de la classification ascendante hiérarchique qui peut le mettre à un bout ou à l'autre de l'arbre, ou des inversions dans les proximités des sites du Céramique récent et final.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

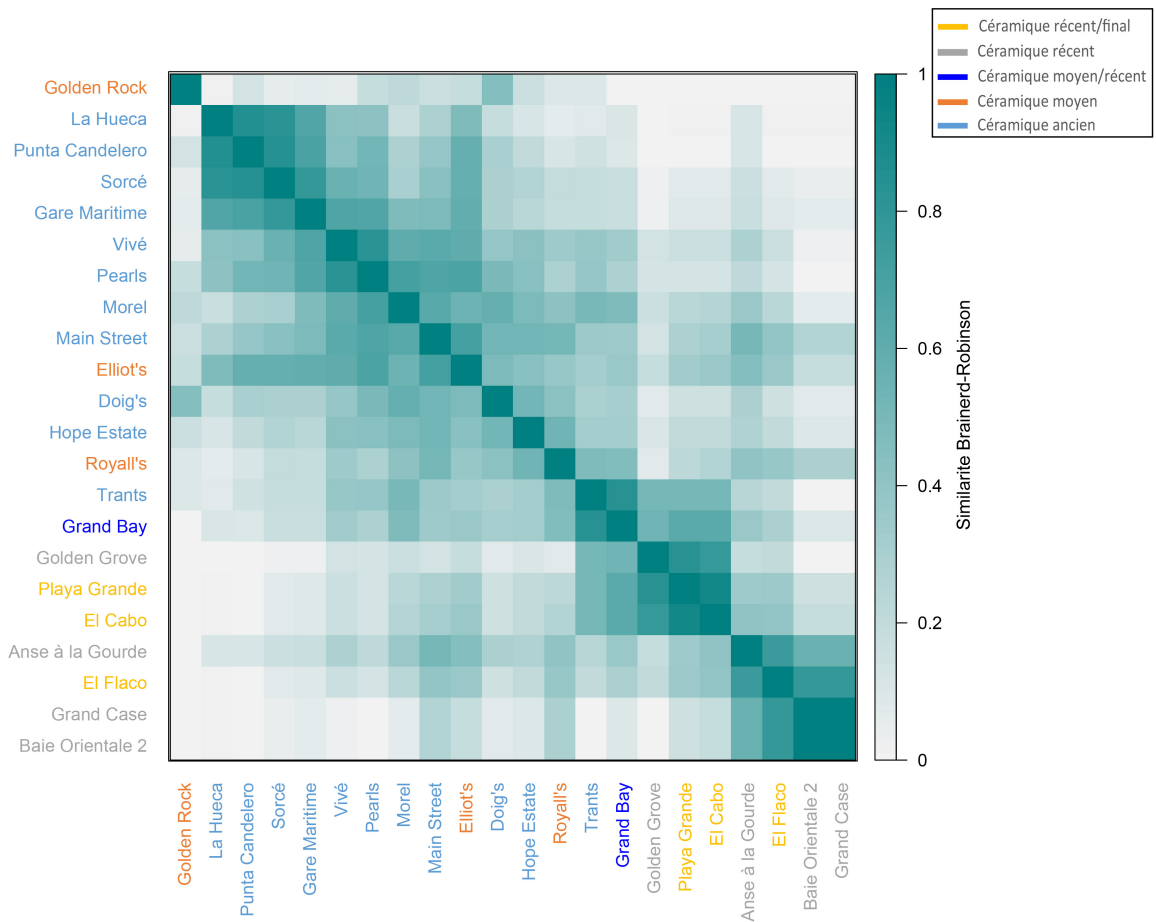


FIGURE 4.14 – Heatmap des sites archéologiques en fonction des matières premières utilisées (indices de similarité de Brainerd-Robinson, algorithme 'Heatmap').

4.3.1.3 Analyses de réseaux

Les analyses de réseaux sont un autre moyen pour explorer les données et en particulier ici pour mettre en évidence les relations qui existent entre des sites archéologiques, ces sites étant les nœuds du réseaux, reliés par des liens de différentes natures (e.g. BRUGHMANS, 2013 ; BRUGHMANS & PEEPLES, 2018 ; KNAPPETT, 2013). Ces analyses, complémentaires des sériations ou des AFC (ÖSTBORN & GERDING, 2014), permettent de quantifier les liens entre les sites et les sites eux-mêmes, sans perdre par exemple l'information spatiale ou temporelle. Les sites peuvent ainsi être rapprochés, connectés, selon des critères très divers (interconnexions par des routes, inter-visibilités, proximité géographique, partage de caractéristiques ou de catégories de matériel archéologique etc.) et peuvent aussi avoir un score en fonction de l'importance qu'ils revêtent dans le réseau sur différents critères (nombre de liens avec d'autres sites, nombre de lien entre deux autres sites qui passent obligatoirement par lui, etc.). C'est un type d'analyse particulièrement répandu dans les études archéologiques d'archipels (DAWSON, 2020), qu'il s'agisse des îles du Pacifique (e.g. COCHRANE & LIPO, 2010 ; O'CONNOR et al., 2017), de celles de la Méditerranée (e.g. FREUND & BATIST, 2014 ; KNAPPETT et al., 2008) et, pour ce qui concerne plus précisément ce travail, les îles Caraïbes qui ont également fait l'objet d'une nombre surprenant de travaux de ce type (AMATI et al., 2020 ; KEEHNEN & MOL, 2020 ; MOL, 2013, 2014 ; MOL & MANS, 2013). Plus particulièrement pour mon travail, j'intégrerai la catégorie "*material networks*" de MILLS (2017), qui comprend la possibilité de représenter les liens entre les nœuds du réseaux (ici donc les sites) en fonction de la similarité de leur contenu en matériel archéologique. Comme de nombreux auteurs, j'utiliserai ici la similarité de Brainerd-Robinson, déjà utilisée plus haut, afin de conserver l'information quantitative de notre jeu de données, comme il est suggéré de le faire lorsque cela est possible (PEEPLES & ROBERTS, 2013 ; WEIDELE et al., 2016). L'option de transformer les données en matrice de présence/absence a tout de même été explorée, tandis qu'une autre mesure de similarité, la distance χ^2 , a été explorée mais ne sera pas présentée car cette distance donne un poids important aux matériaux rares, ce qui, au vu de notre jeu de donnée déjà très imparfait et en particulier en ce qui concerne la détermination des matières premières, donnerait trop de poids à des déterminations minéralogiques possiblement douteuses.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

Comme déjà évoqué précédemment, les données concernant les productions lapidaires dans les îles Caraïbes sont loin d'être parfaites et il est important de garder à l'esprit que "[n]etworks, in and of themselves, do not represent past phenomena, but rather are merely a formal way of exploring our archaeological data and theories about relationships" (BRUGHMANS & PEEPLES, 2018) ou encore, comme le précisent ÖSTBORN et GERDING (2014) : "At best, similarity network analysis is a versatile, yet systematic tool to formulate qualitative hypotheses". Les analyses de réseau à partir de données archéologiques doivent en effet prendre en compte des biais souvent inexistantes dans les approches de sociologie ou d'autres disciplines ayant créé ces méthodes, en particulier en ce qui concerne l'incomplétude des données, l'approximation de contemporanéité des sites et les nombreuses possibilités de relations sociales pouvant être à l'origine de la distribution d'un type d'objet ou d'une matière première spécifique (voir GJESFJELD, 2015, pour une description de ces biais).

Dans un premier temps, j'utiliserai le jeu de données multi-périodes, afin d'explorer les données et de poursuivre l'analyse diachronique de la production lapidaire dans les Antilles. Dans un second temps, je subdiviserai les données par période chronologique comme cela est fait classiquement (e.g. FREUND & BATIST, 2014 ; MILLS et al., 2013) et m'attarderai sur la période présentant le plus de sites, à savoir le Céramique ancien, pour explorer la structure du réseau. Comme expliqué précédemment, ce réseau même sur une période précise n'est pas interprétable comme le réseau réel qui aurait existé au Céramique ancien avec la possibilité de visualiser les réelles interactions ou absences d'interactions entre les sites, car il comportera des faux-positifs et des faux-négatifs inhérents à l'impossibilité de synthétiser la réalité d'un réseau social régional durant plusieurs siècles à travers les données archéologiques dont nous disposons (ÖSTBORN & GERDING, 2014).

L'exploration des résultats d'analyse de réseaux peut être rendue difficile par l'enchevêtrement de trop nombreux liens entre les nœuds ou de la superposition des nœuds. Plusieurs méthodes existent pour représenter de tels réseaux (HENRY & FEKETE, 2008), et l'une d'elle correspond à la représentation par cluster ou par matrice comme réalisée précédemment. Ici, pour conserver le type de représentation nœuds/liens, des seuils sont appliqués à la liste des liens entre les sites afin de ne conserver que les liens ayant une similarité supérieure ou égale au seuil choisi. La figure 4.15A représente ainsi le

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

réseau des sites archéologiques lorsque le seuil est fixé pour supprimer le maximum de liens entre les sites tout en conservant un réseau unique et entièrement connecté, c'est-à-dire que tous les sites sont reliés en un seul réseau. On observe alors que les plus fortes similarités se situent entre les sites des périodes récentes, à savoir entre les sites du Céramique final (Playa Grande et El Cabo) ou du Céramique récent (Baie Orientale 2 et Grand Case). Deux groupes de sites récents sont reliés au groupe des sites du Céramique ancien et moyen à travers Hope Estate pour le groupe formé des sites riches en calcite, et à travers Trants pour les sites riches en diorite et cornaline, formant en cela un système similaire à celui déjà observé auparavant (Figure 4.10). On peut également noter la présence d'un groupe de sites du Céramique ancien excentré, en haut de la figure, qui regroupe les sites attribués au Saladoïde huécan et Sorcé, le site voisin de La Hueca sur l'île de Vieques. Ces sites se rattachent aux sites attribués au Saladoïde cedrosan à travers le site guadeloupéen de Gare Maritime. On peut enfin remarquer la position des sites du Céramique moyen⁴, qui se situent à une sorte d'interface entre les sites récents riches en diorite, et les sites du Saladoïde cedrosan. Le site de Grand Bay, attribué au Céramique moyen et récent, sans pouvoir distinguer plus précisément la provenance des objets lapidaires, est ici clairement situé dans un des groupes du post-Saladoïde. Pour ne pas s'arrêter au choix arbitraire d'un seul seuil pour représenter le réseau, aussi intéressant soit-il que le seuil permettant d'obtenir au moins un lien par site, il est important d'observer les réseaux formés avec d'autres seuils (PEEPLES & ROBERTS, 2013). Avec le seuil le plus bas représenté ici, 0.3, on remarque que les sites du Céramique récent et du Céramique final forment un seul ensemble avec des similarités très fortes (Figure 4.15B). L'échelle de couleur des liens, tout comme celle de l'épaisseur des liens, représentant une fourchette de valeurs plus large, on distingue mieux les fortes différences entre les groupes. Ainsi les sites récents, présentant largement moins de diversité que les sites plus anciens, peuvent montrer des similarités bien plus fortes car il ne s'agit que de deux ou trois matières premières. Le cœur du réseau, formé des sites Saladoïde cedrosan, possède bien plus de connexions (ce qui le place au centre via l'algorithme de positionnement des nœuds), mais les liens sont moins forts, les matières premières étant plus diverses, il est difficile d'atteindre des similarités très élevées. Dès le seuil de 0.4 (Figure 4.15C), les deux groupes au sein des sites récents se distinguent,

4. hormis Golden Rock qui est excentré, toujours à cause de son échantillon très particulier composé d'un unique collier de perles en cristal de roche

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

et le réseau ressemble fortement au réseau décrit précédemment pour un seuil de 0.461. Au seuil de 0.462 (non représenté ici), le réseau n'est plus complet, et c'est bien sûr le site de Golden Rock qui est le premier à sortir du réseau. Au seuil de 0.5 (Figure 4.15D), les groupes de sites récents sont également séparés des sites du Céramique ancien et du Céramique moyen, indiquant clairement que c'est bien là, chronologiquement, et possiblement culturellement, que se situe la limite si l'on souhaite dichotomiser la production lapidaire de l'âge Céramique. Enfin, le réseau se disloque avec le seuil de 0.6 (Figure 4.15E), seuls les sites les plus similaires sont encore connectés, à savoir les deux groupes de sites récents et, comme indiqué plus haut, les sites de du Céramique ancien de Vieques et Porto Rico, majoritairement Saladoïde huecan. Morel, Pearls, et Doig's, ne sont pas encore isolés, mais déjà ils ne sont plus reliés tous les trois entre eux mais seulement deux à deux. Le résultat est extrêmement similaire lorsque les roches vertes sont toutes regroupées (Figure 4.16), ou lorsqu'elles sont regroupées sauf la turquoise (Figure 4.17).

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

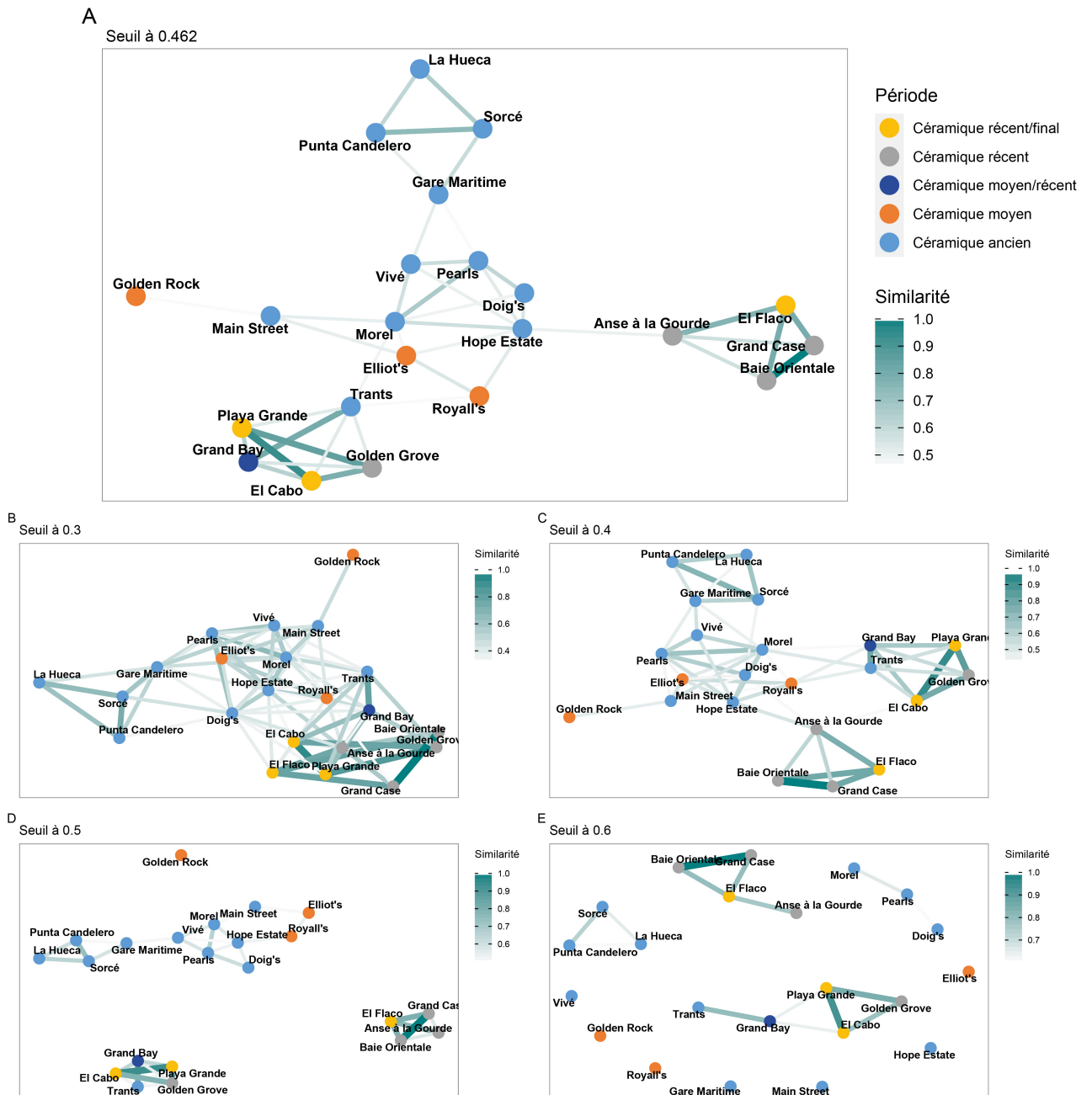


FIGURE 4.15 – Légende sur la page suivante.

FIGURE 4.15 – A. Réseau basé sur la similarité Brainerd-Robinson des matériaux lorsque le seuil pour conserver les liens est mis au plus haut possible pour conserver un réseau entièrement connecté. Les nœuds sont positionnés selon l'algorithme Kamada & Kawai (kk). La couleur et l'épaisseur des liens est fonction de la force du lien, tandis que la couleur des nœuds est fonction de l'attribution chronologique du site (sans effet sur l'analyse la création du réseau). B-E. Réseaux basés sur la similarité de Brainerd-Robinson, pour différents seuils de similarité, permettant de voir l'évolution du réseau lorsque la plupart des liens sont conservés ou au contraire lorsqu'il ne reste plus que les liens les plus forts.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

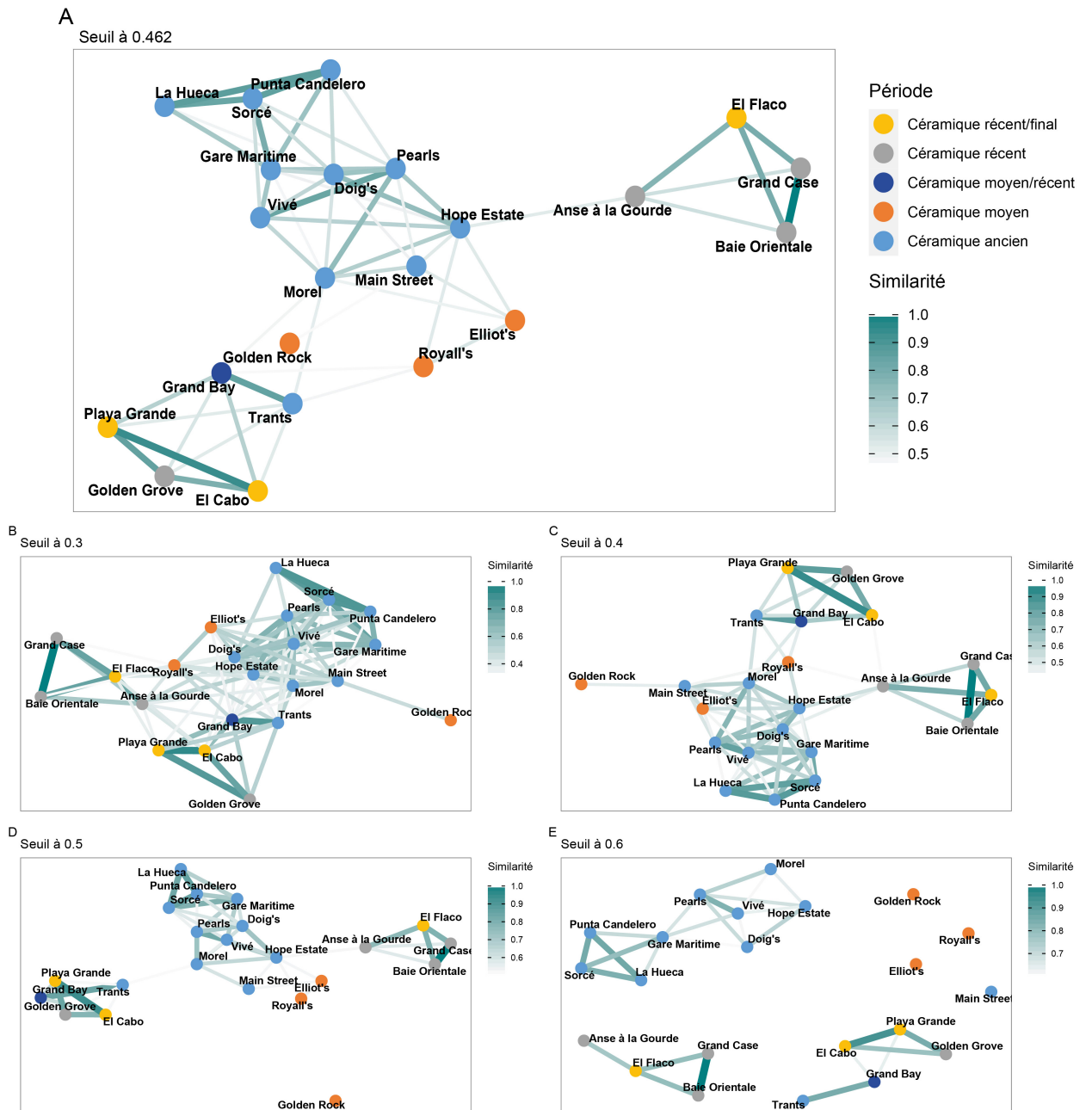


FIGURE 4.16 – Légende sur la page suivante.

FIGURE 4.16 – A. Réseau basé sur la similarité Brainerd-Robinson des matériaux (toutes roches vertes regroupées) lorsque le seuil pour conserver les liens est mis au plus haut possible pour conserver un réseau entièrement connecté. Les nœuds sont positionnés selon l'algorithme Kamada & Kawai (kk). La couleur et l'épaisseur des liens est fonction de la force du lien, tandis que la couleur des nœuds est fonction de l'attribution chronologique du site (sans effet sur l'analyse la création du réseau). B-E. Réseaux basés sur la similarité de Brainerd-Robinson, pour différents seuils de similarité, permettant de voir l'évolution du réseau lorsque la plupart des liens sont conservés ou au contraire lorsqu'il ne reste plus que les liens les plus forts.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

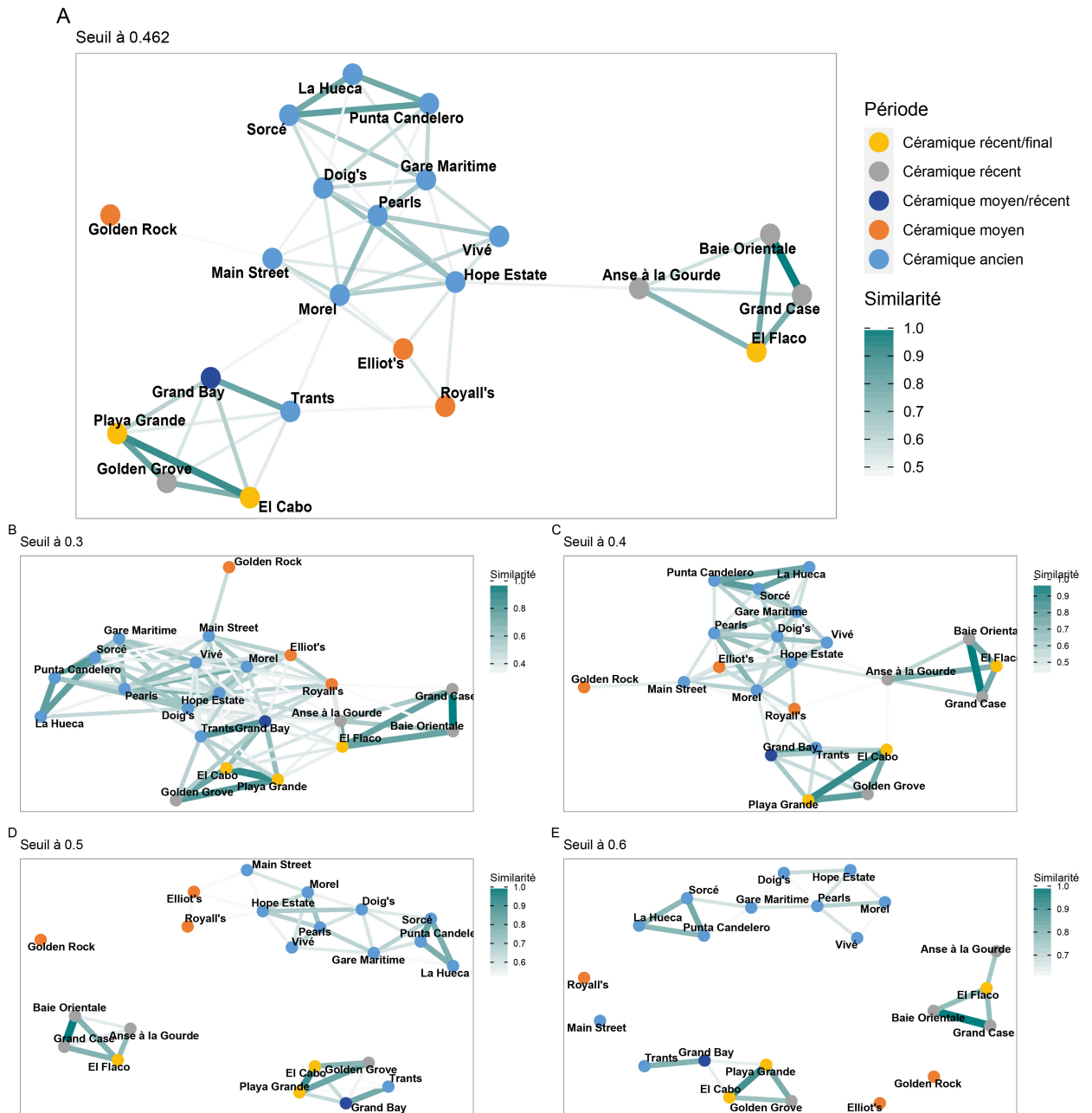


FIGURE 4.17 – Légende sur la page suivante.

FIGURE 4.17 – A. Réseau basé sur la similarité Brainerd-Robinson des matériaux (toutes roches vertes regroupées sauf turquoise) lorsque le seuil pour conserver les liens est mis au plus haut possible pour conserver un réseau entièrement connecté. Les nœuds sont positionnés selon l'algorithme Kamada & Kawai (kk). La couleur et l'épaisseur des liens est fonction de la force du lien, tandis que la couleur des nœuds est fonction de l'attribution chronologique du site (sans effet sur l'analyse la création du réseau). B-E. Réseaux basés sur la similarité de Brainerd-Robinson, pour différents seuils de similarité, permettant de voir l'évolution du réseau lorsque la plupart des liens sont conservés ou au contraire lorsqu'il ne reste plus que les liens les plus forts.

Lorsque la matrice de co-présence est utilisée pour réaliser le même type d'analyse de réseau, il est important de noter qu'il est impossible pour un site de dépasser en score de similarité le nombre de matières premières différentes qui composent son assemblage. Ceci implique que les sites anciens, diversifiés, peuvent avoir des scores de similarité importants, tandis qu'il est impossible de faire de même pour les sites post-saladoïdes (Figure 4.18), quand bien même la similarité de Brainerd-Robinson nous a montré qu'ils étaient similaires entre-eux. Cette autre façon de comparer les sites n'est donc pas adaptée à nos données diachroniques, les sites sortant du réseau au fur et à mesure de l'augmentation du seuil simplement par manque de diversité. La figure 4.18A, qui inclut tous les sites, montre bien que les sites récents ont tous des similarités faibles, fonction tout simplement de leur faible diversité.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

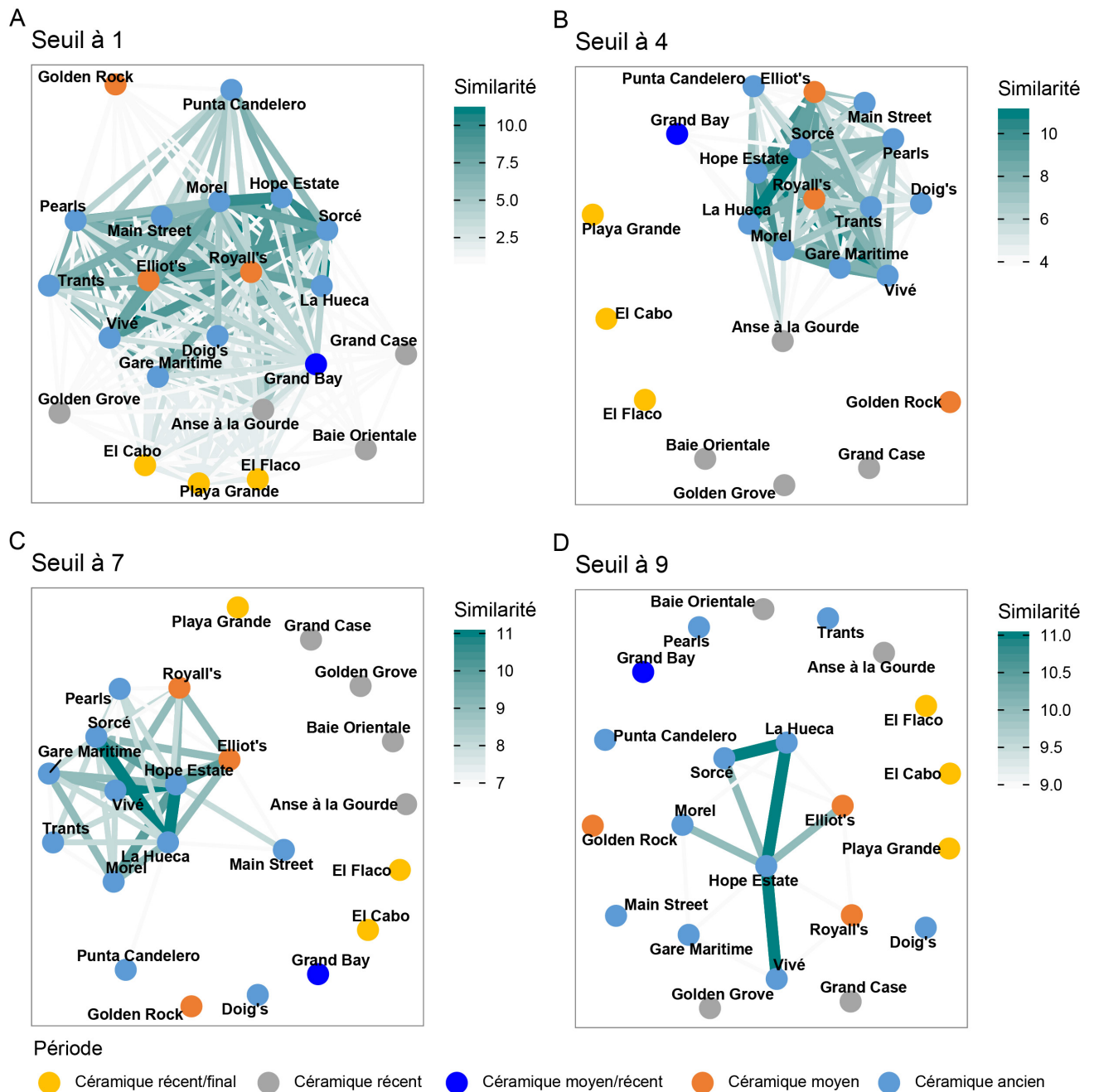


FIGURE 4.18 – A-D. Réseaux basé sur la similarité co-présence, avec une variation de seuils pour conserver ou non les liens. Les nœuds sont positionnés selon l'algorithme Kamada & Kawai (kk). La couleur et l'épaisseur des liens est fonction de la force du lien, tandis que la couleur des nœuds est fonction de l'attribution chronologique du site (sans effet sur l'analyse la création du réseau).

Les analyses de réseaux ne permettent pas seulement de visualiser les liens entre les nœuds, mais ils permettent également de visualiser l'importance des nœuds dans le réseau, en particulier par des calculs de centralité des nœuds. Chaque nœud est ainsi caractérisé par sa propre centralité dans le réseau, qui peut être calculée de différentes façons. Pour le type d'application archéologique qui m'intéresse, les métriques de centralités les plus couramment utilisées sont le degré (*degree* en anglais), l'intermédiarité (*betweenness* en anglais) et la centralité de vecteur propre (*eigenvector* en anglais) (PEEPLES & ROBERTS, 2013). Le degré correspond au nombre de liens connectant le nœud au réseau, l'intermédiarité correspond au nombre de plus courts chemins entre deux nœuds passant par le nœud en question, la centralité de vecteur propre mesure la connexion du nœud avec d'autres nœuds à forte connectivité dans le réseau. La figure 4.19 expose ces trois métriques de centralités pour le réseau formé des liens de force minimale pour que le réseau soit unique et complet (seuil à 0.484), en ne conservant que les sites attribués au Céramique ancien. Bien qu'ils ne soient pas strictement contemporains et puisqu'il est établi que ce type d'analyses de réseaux n'a pas pour objectif de reconstituer une réalité inatteignable, un réseau pour cette période comprenant suffisamment de sites permet de visualiser l'importance des différentes collections archéologiques dans cet ensemble de sites aux productions céramiques cohérentes et dont nous avons vu auparavant que les assemblages lapidaires étaient fortement similaires. Ainsi, selon GJESFJELD (2015) : *"interpretations of the archaeological record are often based on material culture that is temporally aggregated. Thus, the construction of any discrete archaeological network model is also based on artifact assemblages comprised of artifacts from a wide range of temporal contexts"*. On remarque que le site de Morel, dans ce réseau, a le degré le plus haut, c'est lui qui a le plus de liens avec d'autres sites, en particulier du fait de la position de connecteur entre deux sites plus périphériques que sont Trants et Main Street et le reste des sites du Saladoïde cedrosan (Figure 4.19A). Si l'on regarde les collections de ces trois sites, c'est la teneur en cristal de roche et en cornaline relativement importante à Morel qui assure cette connexion avec Trants et Main Street. A part ces deux sites plus périphériques, les différences entre les sites en ce qui concerne le degré de centralité ne sont pas très prononcées et le sont encore moins lorsque la spécificité de caractérisation minéralogique des sites étudiés dans les îles françaises est largement supprimée en regroupant les roches vertes entre elles (Figure 4.19D). Cette spécificité des sites dont les matériaux ont été caractérisés le plus finement est encore plus visible en ce qui

concerne l'intermédiarité (Figure 4.19B), pour laquelle trois sites sont visiblement plus centraux que les autres, il s'agit de Morel toujours, qui fait ce lien avec les deux sites déjà mentionnés, mais aussi de Vivé et Gare Maritime qui sont les sites faisant le lien entre les sites Saladoïdes cedrosan et les sites Saladoïde huécan (+ Sorcé). Lorsque les minéraux verts sont regroupés entre eux, sauf la turquoise, considérée comme plutôt facile à identifier à l'œil nu et sans être gemmologue, le site de Morel conserve une position importante dans le réseau, mais c'est le site de Pearls qui devient le site ayant la plus forte intermédiarité (Figure 4.19E). Ce type de sites à forte intermédiarité sont souvent appelés "*hubs*" et peuvent avoir une influence importante dans le réseau, que ce soit en termes d'échanges de biens ou d'informations, selon les raisons de l'existence du réseau. Enfin, lorsque la centralité de vecteur propre est utilisée pour représenter la taille des nœuds du réseau, on peut alors observer l'importance d'un nœud dans l'ensemble du réseau, et non plus uniquement en fonction de ceux avec qui il est en lien direct (PEEPLES & ROBERTS, 2013). On remarque alors que les 5 sites fortement interconnectés du Saladoïde cedrosan (Morel, Doig's, Pearls, Hope Estate et Vivé), ont une importance primordiale dans ce réseau du Céramique ancien, au contraire des sites périphériques que sont Trants et Main Street, mais aussi du trinôme de la sous-série huécan complété du site de Sorcé, si l'on conserve le degré de précision maximal concernant les matières premières (Figure 4.19C). Toutefois, lorsque les matériaux verts sont regroupés entre eux, aucun site ne ressort franchement du réseau comme étant mieux connecté que les autres (Figure 4.19F). Ce que l'on note de plus marquant est la faible connectivité de Trants, qui, uniquement relié au site de Morel grâce à sa teneur relativement importante en diorite, semble bien peu connecté à ce réseau de sites du Céramique ancien en ce qui concerne les matières premières. Les périodes plus récentes que le Céramique ancien, malheureusement, ne permettent pas de réaliser ce type d'analyse, ne comportant que trop peu de sites.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

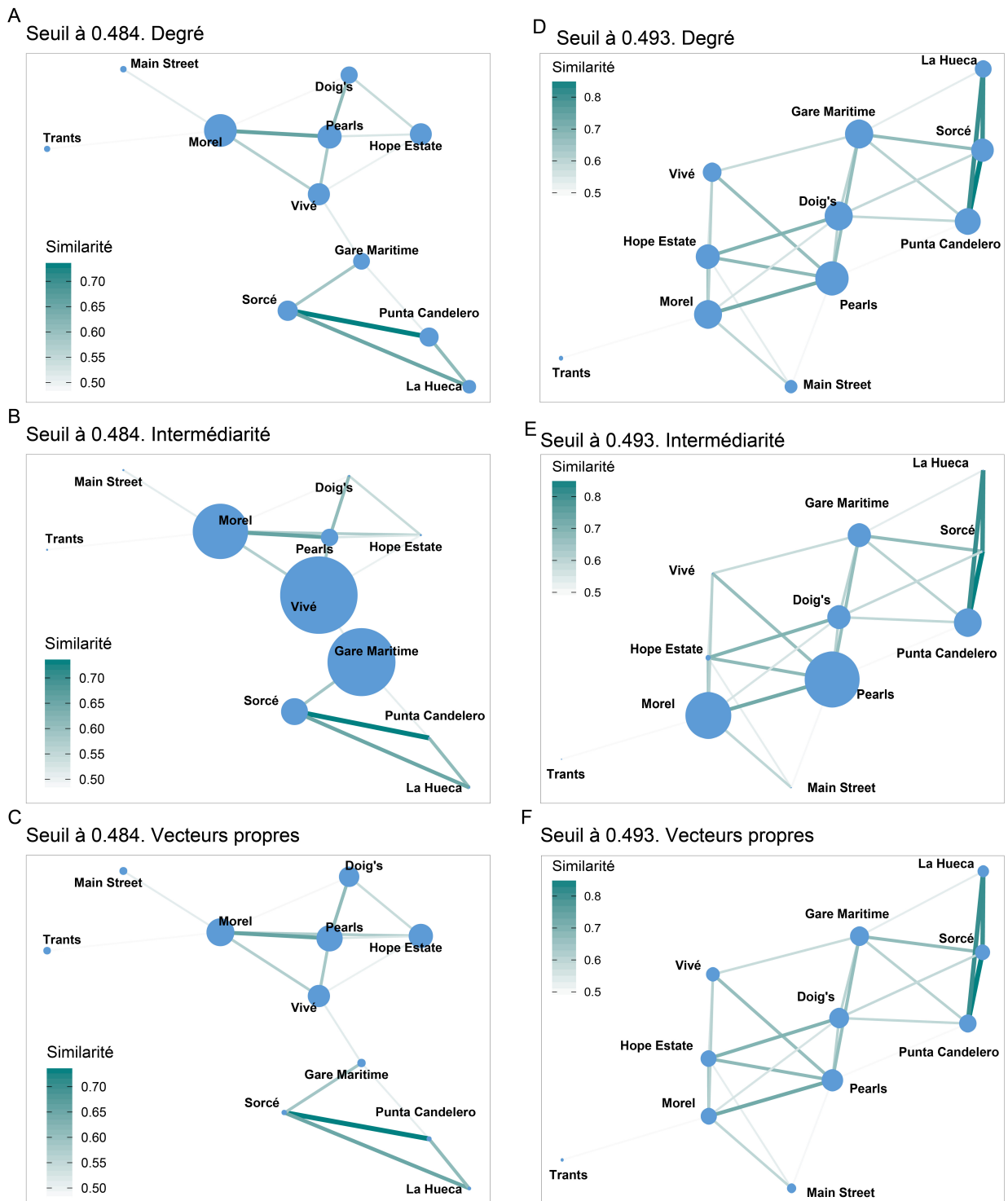


FIGURE 4.19 – Légende sur la page suivante.

FIGURE 4.19 – Réseaux des sites Saladoïde cedrosan, basés sur la similarité de Brainerd-Robinson. La couleur et l'épaisseur des liens est fonction de la force du lien, tandis que la taille des nœuds est fonction de la centralité, en particulier du degré (A, D), de l'intermédiarité (B, E) et de la centralité de vecteur propre (C, F). Les réseaux sont calculés en prenant en compte toutes les matières premières (A, B, C) ou en regroupant les roches vertes entre elles sauf la turquoise (D, E, F). Les nœuds sont positionnés selon l'algorithme Kamada & Kawai (kk).

4.3.2 Typologie

L'analyse de la distribution chronologique des différentes matières premières utilisées pour la production lapidaire dans les Antilles a demandé un nettoyage important de la base de données et c'est également le cas pour la typologie. En effet, outre les nombreux sites non utilisables pour ce genre d'études quantitatives lorsqu'ils ne comportent que quelques objets, la littérature n'est pas toujours très précise sur la typologie des productions lapidaires. Les différents exemples présentés ci-dessous, en complément des problèmes déjà notés concernant les matières premières, expliquent donc les nombreuses incohérences entre le jeu de données utilisée plus tôt et celui conservé pour l'analyse typologique. Tout comme pour les matières premières, plusieurs niveaux de précision seront utilisés et chacun sera malheureusement constitué de sites différents car les données sont très souvent parcellaires. Le problème principal vient de l'absence de description ou de tableau suffisamment précis dans les publications amenant, par exemple, pour des sites plutôt riches en objets, à n'avoir qu'un simple décompte de perles et de pendentifs, sans aucune précision supplémentaire. C'est le cas pour Royall's (199 objets), Punta Candelerero (592 objets), Doig's (43 objets), Golden Rock (81 perles) etc. D'autres sites permettent d'aller un peu plus loin grâce à l'iconographie, comme par exemple Elliot's qui présente plusieurs photographies, mais, même lorsqu'il y a des photographies, ce n'est pas toujours possible de les utiliser. Ainsi, les perles du collier de Golden Rock, ne peuvent être classées fermement entre cylindriques et discoïdes sur la base d'une photographies où elles sont toutes représentées en vrac sur une table. On pourrait imaginer qu'elles aient fait l'objet au moins de mesures au pied à coulisse, pour un tel objet, mais les données ne sont pas accessibles. Un autre problème recensé est la description des objets dans les tableaux qui, si elle n'est pas complétée par des photographies ou des dessins, ne permet pas toujours d'être certain de ce que l'auteur a voulu décrire. Ainsi, sur le site de Trants, un certain nombre de perles sont indiquées comme '*faceted*'. S'il ne s'agit pas d'ébauches de perles non reconnues comme telles, ce sont alors les seules et uniques perles facettées de notre base de données et, sans iconographie, il est difficile d'intégrer cette catégorie sur la base d'un seul site. Pour ce site, on retrouve également le problème des données incomplètes : dans un jeu de données, ce site aura un effectif de 535 (523 perles et 12 pendentifs), quand dans le jeu de données plus précis, il n'y en aura que 130, car on ne connaît le type que de 123

perles et 7 pendentifs.

Le tableau 4.2 présente les données par type d'objet (perle, pendentif etc.), pour les sites ayant au moins 10 objets pour lesquels cette information est connue. On remarque que certains sites, présents dans la partie précédente sur les matières premières, ne sont pas dans ce tableau car ils comportent beaucoup de fragments de matière première, non conservés dans cette analyse typologique (Grand Case, Hacienda Grande). On note également qu'ici l'effectif pour le site de Pearls est bien plus important car la collection complète du site est prise en compte, la collection privée créée par ramassage de surface étant alors intégrée, considérant que les objets finis, dont la typologie est reconnaissable, ont certainement été collectés même en l'absence de fouille. Le tableau 4.3 regroupe les données à un niveau plus précis que sont celui des types de perles (cylindrique, discoïde, tonneau etc.) et des types de pendentifs (anthropomorphe, zoomorphe etc.), à partir duquel on peut extraire les tableaux 4.4 et 4.5, toujours en ne conservant que les effectifs supérieurs ou égaux à 10. On remarque alors déjà la baisse drastique du nombre de sites présentant au moins 10 pendentifs dont le type est connu (Tableau 4.5) ! Ce tableau ne servira donc de base à aucune analyse statistique, tout au plus est-il possible de confirmer une nouvelle fois la très forte prédominance des représentations zoomorphes.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

Site	Perle	Pendentif	Plaque non perforée	Perle-Pendentif	Labret	Total
Anse à la Gourde	22	1				23
Baie Orientale 2	14					14
Doig's	42	1				43
El Cabo	16		1	18	2	37
El Carril	2	2		6		10
El Flaco	68	1		22		91
Elliot's	32	14				46
Gare maritime	31	4				35
Golden Grove	49					49
Golden Rock	81					81
Grand Bay	16	1				17
Hope Estate	82	19			1	102
Main Street	11	1				12
Morel	42	10				52
Pearls	1137	175		1		1313
Playa Grande	8	3		2	4	17
Prosperity	19	5				24
Punta Candelero	360	232				592
Royall's	73	8				81
Seaview	18					18
Sorcé	711	118	225			1054
Sorcé La Hueca	1210	1633	34			2877
Tecla	49	10	13			72
Trants	523	12				535
Vivé	35	2			1	38
Total	4651	2252	273	49	8	7233

TABLEAU 4.2 – Jeu de données nettoyé utilisé pour les analyses régionales de la distribution des types d'objets utilisés dans l'artisanat lapidaire de l'âge Céramique dans les Antilles.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

Site	Anthropomorphe	Anthropozoomorphe	Bitronconique	Cylindrique	Discoïde	Facetté
Anse à la Gourde				4	14	
Baie Orientale 2				11	1	
El Cabo					9	
El Flaco					38	
Elliot's				8		
Gare maritime				6	17	
Grand Bay				2	8	
Hacienda Grande		1		3	2	
Hope Estate			2	22	34	
Main Street				7	1	
Morel	2		5	21	1	
Pearls			6	251	546	
Prosperity				9	3	
Sorcé	2	2	84	309	233	
Sorcé La Hueca	6	2	5	154	608	
Tecla	1	2		31	15	
Trants			1	64	13	20
Vivé			4	7	13	
Total	11	5	108	909	1556	20
	Géométrique	Perle-pendentif	Planoconvexe	Sphérique	Tonneau	Zoomorphe
Anse à la Gourde					4	
Baie Orientale 2						
El Cabo		18				
El Flaco		22			13	
Elliot's					7	2
Gare maritime			1	2	4	4
Grand Bay	1				1	
Hacienda Grande					1	2
Hope Estate	4		3		19	13
Main Street					1	1
Morel				1	14	7
Pearls	69	1	48	2	269	100
Prosperity	3		2		3	2
Sorcé			73		12	71
Sorcé La Hueca	48		356		87	1579
Tecla			2		1	7
Trants	1				25	6
Vivé			2	1	6	2
Total	126	41	487	6	467	1796
						5532

TABLEAU 4.3 – Jeu de données typologiques plus précis, pour les objets dont on connaît le type.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

Site	Bitronconique	Cylindrique	Discoïde	Faceté	Perle-pendentif	Planoconvexe	Sphérique	Tonneau	Total
Anse à la Gourde	4	14						4	22
Baie Orientale 2	11	1							12
El Cabo	18	9		18					45
El Flaco	22	38		22				13	95
Elliot's	8							7	15
Gare maritime	6	17			1	2		4	30
Grand Bay	2	8						1	11
Hope Estate	2	22	34		3			19	80
Morel	5	21	1				1	14	42
Pearls	6	252	546		1		2	269	1124
Prosperity	9	3						3	17
Sorcé	84	309	233			73		12	711
Sorcé La Hueca	5	154	608			356		87	1210
Tecla		31	15			2		1	49
Trants	1	64	13	20				25	123
Vivé	4	7	13			2	1	6	33
Total	107	940	1553	20	41	487	6	465	3619

TABLEAU 4.4 – Jeu de données typologiques plus précis pour les perles.

Site	Anthropomorphe	Anthropozoomorphe	Autre	Géométrique	Zoomorphe	Total
Hope Estate			2	4	13	19
Pearls				69	100	169
Sorcé	2	2			71	75
Sorcé La Hueca	6			48	1579	1633
Tecla	1	2			7	10
Total	9	4	2	121	1770	1906

TABLEAU 4.5 – Jeu de données typologiques plus précis pour les pendentifs.

4.3.2.1 Analyse de la diversité

De la même façon que pour la diversité de matières premières, les profils de diversité pour les types (perles et pendentifs confondus) ont été calculés (Figure 4.20). Ceci permet de se rendre compte de la très nette différence entre les sites du Céramique ancien et les autres sites, la diversité des premiers étant bien supérieure à celle des seconds. Les profils de diversité typologique des sites du Céramique moyen sont ici proches de ceux des sites plus récents, au contraire des profils de diversité des matières premières pour les sites de cette même période. Il est toutefois important de noter que les données typologiques sont très imparfaites pour les sites du Céramique moyen, malheureusement, comme évoqué plus haut. En ce qui concerne l'homogénéité de répartition des types de perles et de pendentifs par site (révélée par l'indice de Piélou), on note une variété de situations sans décrochement très fort (Figure 4.21), si ce n'est le cas de Baie Orientale 2 dont la collection, en dehors des fragments de matières première, se compose de 11 perles cylindriques et d'une unique perle discoïde. La seule particularité chronologique revient aux sites du Céramique final de République Dominicaine qui, tous les deux, présentent un indice d'équitabilité très fort. Il n'y a en effet pour ces sites aucun type beaucoup plus rare que les autres, et cela se retrouve dans cette statistique.

De façon similaire au test réalisé sur la richesse en matières premières, la figure 4.22 présente les résultats attendus pour des effectifs théoriques basés sur le modèle créé par la fusion des 18 sites. Cette figure présente les résultats lorsque tous les types sont conservés (Figure 4.22A) et lorsque l'on ne conserve que les types majeurs, les plus fréquents, c'est-à-dire en ne conservant pas les perles facettées (un seul site), les perles sphériques ($n = 6$) et les pendentifs anthropozoomorphes ($n = 5$) (Figure 4.22B). Ces graphiques nous indiquent que les sites très riches en production lapidaire n'ont pas une typologie uniquement basée sur l'aléatoire, que leur inventaire ne correspond pas à un simple tirage aléatoire dans un lot virtuel d'objets créé en sommant l'ensemble des collections de tous les sites représentés. En effet, un tirage aléatoire dans un tel lot virtuel, d'un si grand nombre d'objets, aurait dû atteindre des richesses plus importantes. Pour les sites aux effectifs moins importants, c'est aussi très souvent le cas : les sites montrant une diversité vraiment pauvre (2 ou 3) sont tous en dehors de la variabilité modélisée, indiquant qu'ils présentent bien également un choix spécifique de types de perles et de pendentifs, car un tirage aléatoire du nombre d'objets qui composent leur

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

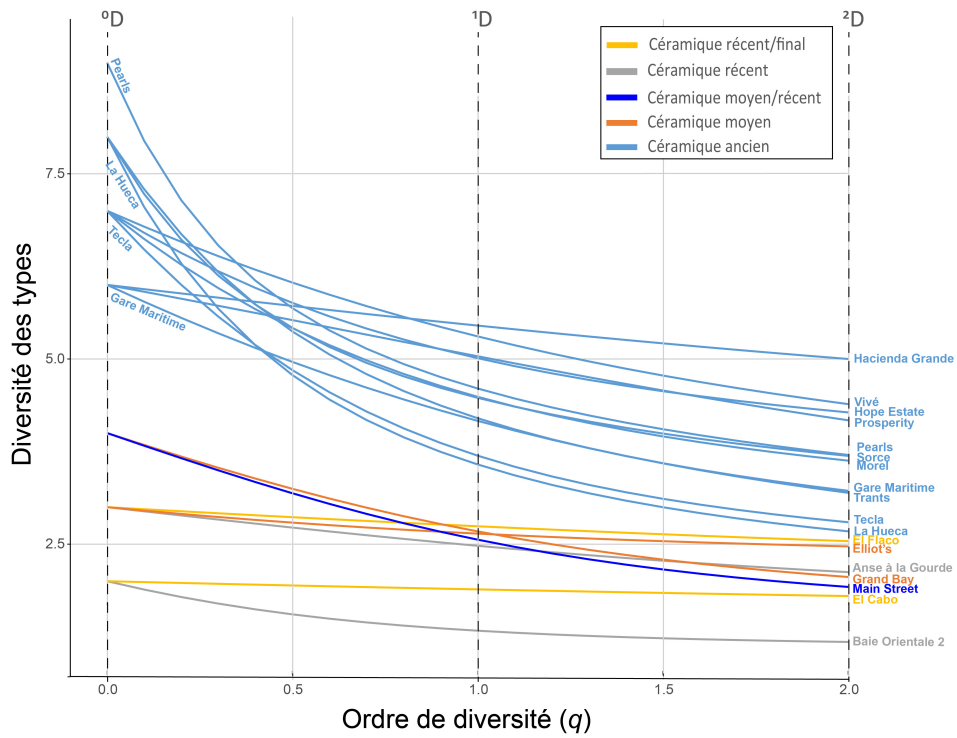


FIGURE 4.20 – Profils de diversité des types de perles et de pendentifs fabriqués dans les différents sites riches en artisanat lapidaire des Antilles françaises.

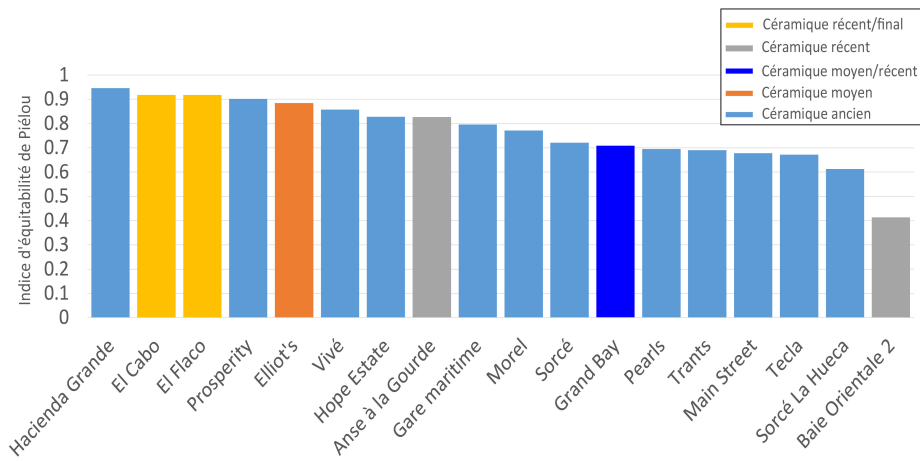


FIGURE 4.21 – Indices d'équitabilité de Piélou, classés dans l'ordre décroissant, concernant les types retrouvés dans les différents sites riches en artisanat lapidaire des Antilles dont les données sont les plus fiables et complètes.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

collection aurait dû créer une collection plus diversifiée. Les sites aux richesses comprises entre quatre et sept (sauf Trants) sont, quant à eux, dans la variabilité modélisée. Leur effectif relativement faible pourrait être la cause de leur richesse moindre que les sites aux effectifs plus importants. Cette interprétation est la même que ce soit avec tous les types conservés, même les plus rares, ou quand ces types rares sont écartés. On aurait en effet pu penser qu'avec des types aussi rares, les sites avec de grands effectifs auraient forcément été sous la richesse modélisée, car le tirage aléatoire de 2800 objets a de très grandes chances de contenir tous les types, même les plus rares. Or lorsque ces types rares sont écartés, les sites présentant les effectifs les plus importants restent bel et bien sous la distribution modélisée.

Lorsque seuls les types de perles sont conservés, les résultats sont extrêmement similaires, si ce n'est pour le site de Pearls qui, dans ce cas, se situe juste au-dessus de la ligne de richesse moyenne modélisée. On peut donc en conclure que c'est une diversité moins importante au niveau des pendentifs qui positionne le site de Pearls en dessous de la diversité modélisée lorsque tous les types sont pris en compte.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

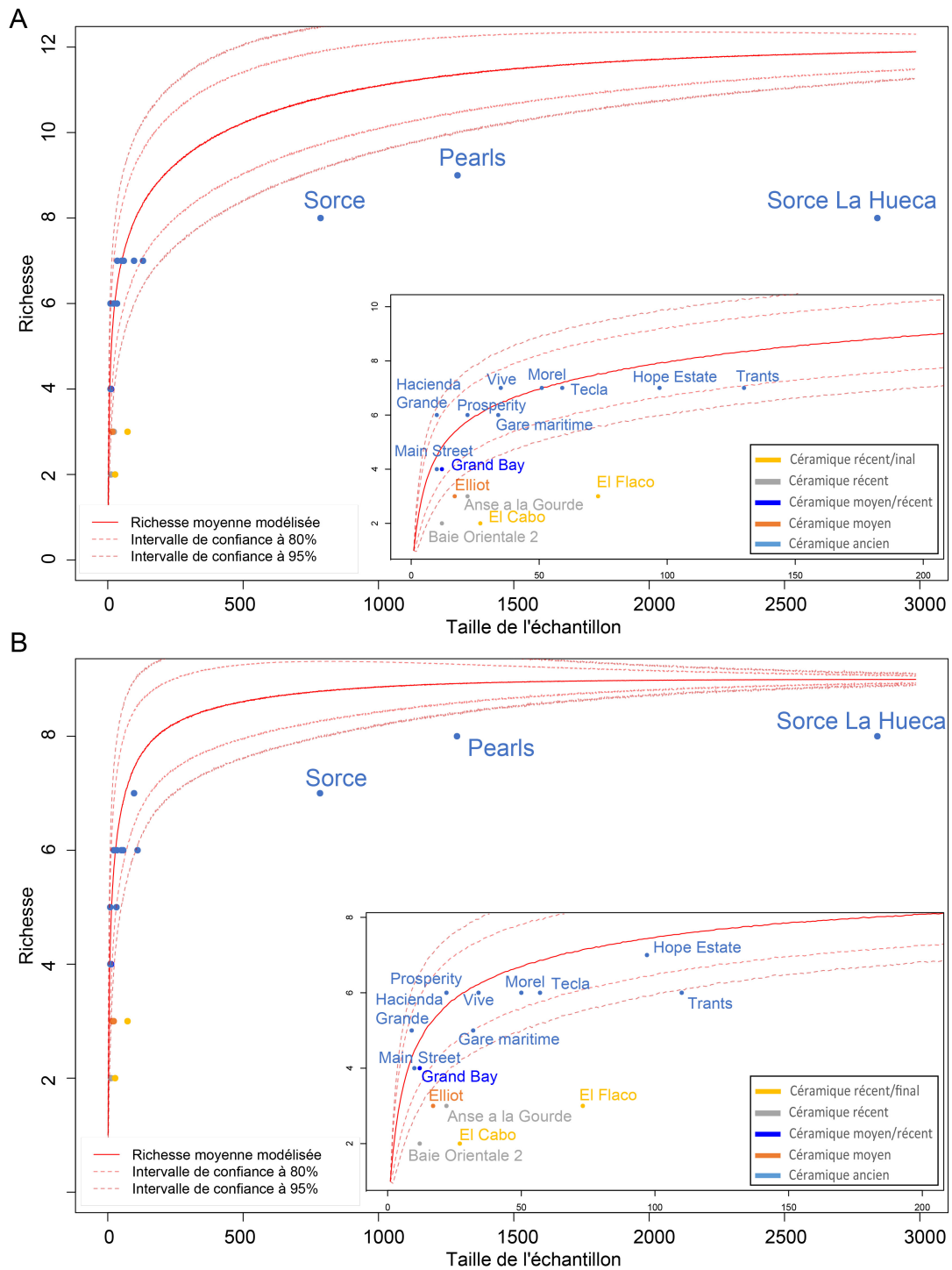


FIGURE 4.22 – Comparaison des richesses typologiques observées avec le modèle créé par 10000 tirages aléatoires dans l'échantillon composé de la fusion des 18 sites, avec un intervalle de confiance à 80% et 95%, pour tous les types (A) et les types majeurs (B), avec, pour chacun, un zoom sur la partie 0-200 pour l'effectif des sites.

4.3.2.2 Analyses de la similarité

Au niveau le plus haut de typologie, c'est-à-dire dans notre cas le type d'objet, nous n'avons répertorié que cinq types (Tableau 4.2). Parmi ces cinq types, trois sont très rares par rapport aux autres (plaques non-perforées, perles-pendentifs et labrets) et peuvent être sujet à interprétation. En effet, au vu de l'iconographie peu abondante voire inexistante pour certains de ces types, on est en droit de se poser la question de savoir si les labrets recensés ne pourraient pas être des ébauches de futures perles discoïdes avant sciage (ceux identifiés par nos soins sont eux aussi discutables) ou si les plaques non perforées ne pourraient pas être des ébauches de pendentifs. Les deux catégories principales étant les perles et les pendentifs, une première approche peut tout simplement être de comparer la proportion de perles dans le total perles + pendentifs, dans les différents sites archéologiques. La figure 4.23 montre clairement que les perles sont presque toujours plus nombreuses que les pendentifs, et que l'on ne peut pas tirer de conclusion générale sur la prédominance des perles par rapport aux pendentifs en fonction de la période chronologique à laquelle est rattaché le site archéologique. Tout au plus peut-on indiquer que le ratio le plus favorable aux pendentifs, et le seul où les perles comptent pour moins de 50%, se situe à La Hueca. Les autres sites montent rapidement au-delà de 75% de perles, sans distinction très claire en fonction de l'attribution chronologique : les sites anciens se situent un peu partout dans la variabilité observée, les sites récents également, aucune tendance n'est clairement visible.

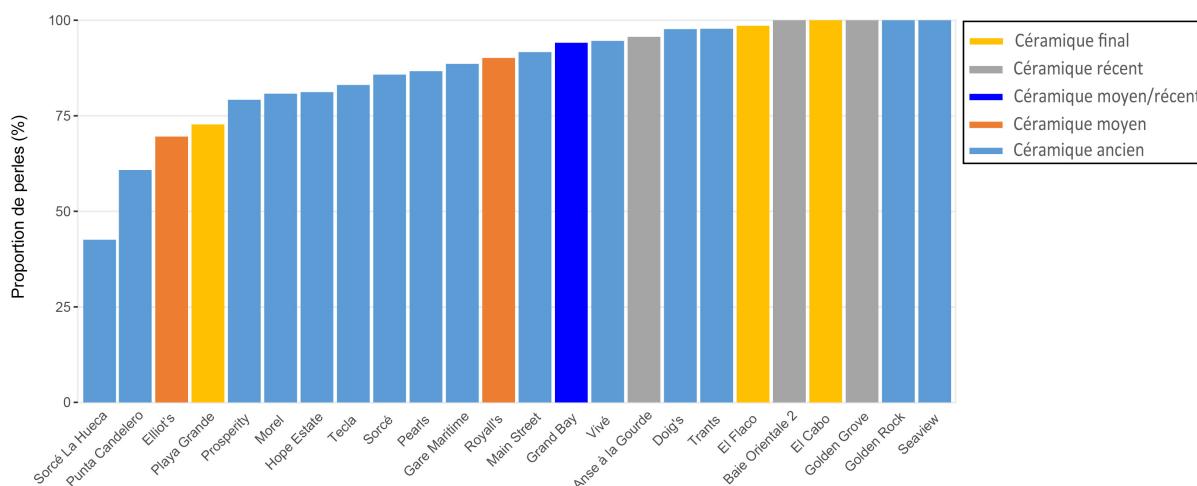


FIGURE 4.23 – Proportion de perles dans le total perles + pendentifs dans chaque site, en fonction de la période chronologique.

Sériations et AFC

Les analyses de similarité par sériation et AFC ont également été menées sur les données typologiques afin de rechercher des particularités chronologiques en termes de formes d'objets produits, ce qui pourrait apporter des informations très intéressantes sur les choix techniques et/ou esthétiques des Amérindiens de la période Céramique. Par souci d'exhaustivité, la sériation concernant les types d'objets a tout de même été menée, confirmant les résultats observés sur la figure précédente. Les sites archéologiques se répartissent en trois groupes (Figure 4.24). Un groupe est caractérisé par la forte proportion de perles-pendentifs, il est composé de deux sites du Céramique final de République Dominicaine, El Carril et El Cabo. Un autre groupe de trois sites comprend les sites les plus riches en pendentifs : Sorcé La Hueca, Punta Candelero et Elliot's, deux sites du Céramique ancien et un site du Céramique moyen, ce qui confirme le classement visible sur la figure 4.23. Enfin, la grande majorité des sites se localise dans un troisième cluster, au sein duquel seuls ceux du Céramique final se distinguent un peu : Playa Grande de par les labrets qui y ont été reconnus, et El Flaco par sa teneur en perles-pendentifs qui le place proche du premier groupe.

En rentrant plus en détail dans la typologie, il est intéressant d'observer les groupes formés lorsque la sériation concerne les sites pour lesquels les informations pour les types de perles et de pendentifs sont connus (Figure 4.25) et aussi en se concentrant seulement sur les perles (Figure 4.26). Lorsque les types de perles et de pendentifs sont pris en compte, la distinction principale se situe entre les sites du Céramique final et les autres, une fois de plus, puisque El Flaco et El Cabo se retrouvent isolés en raison de leur teneur en perles-pendentifs. Les autres sites sont séparés en deux groupes selon qu'ils sont plus riches en perles cylindriques ou perles discoïdes, ce qui se confirme encore plus fortement dans l'analyse centrée uniquement sur les types de perles, qui distingue clairement ces deux groupes. Si les critères de séparation des clusters sont clairs, le contenu de ces clusters, par contre, n'apporte qu'une seule information nette sur une possible distinction chronologique : il n'y en a pas. Ces analyses indiquent clairement que les sites peuvent être assez différents les uns des autres quant à la typologie des perles et des pendentifs qu'on y retrouve, mais cette différence n'est pas à relier à la période chronologique à laquelle le site archéologique est attribué.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

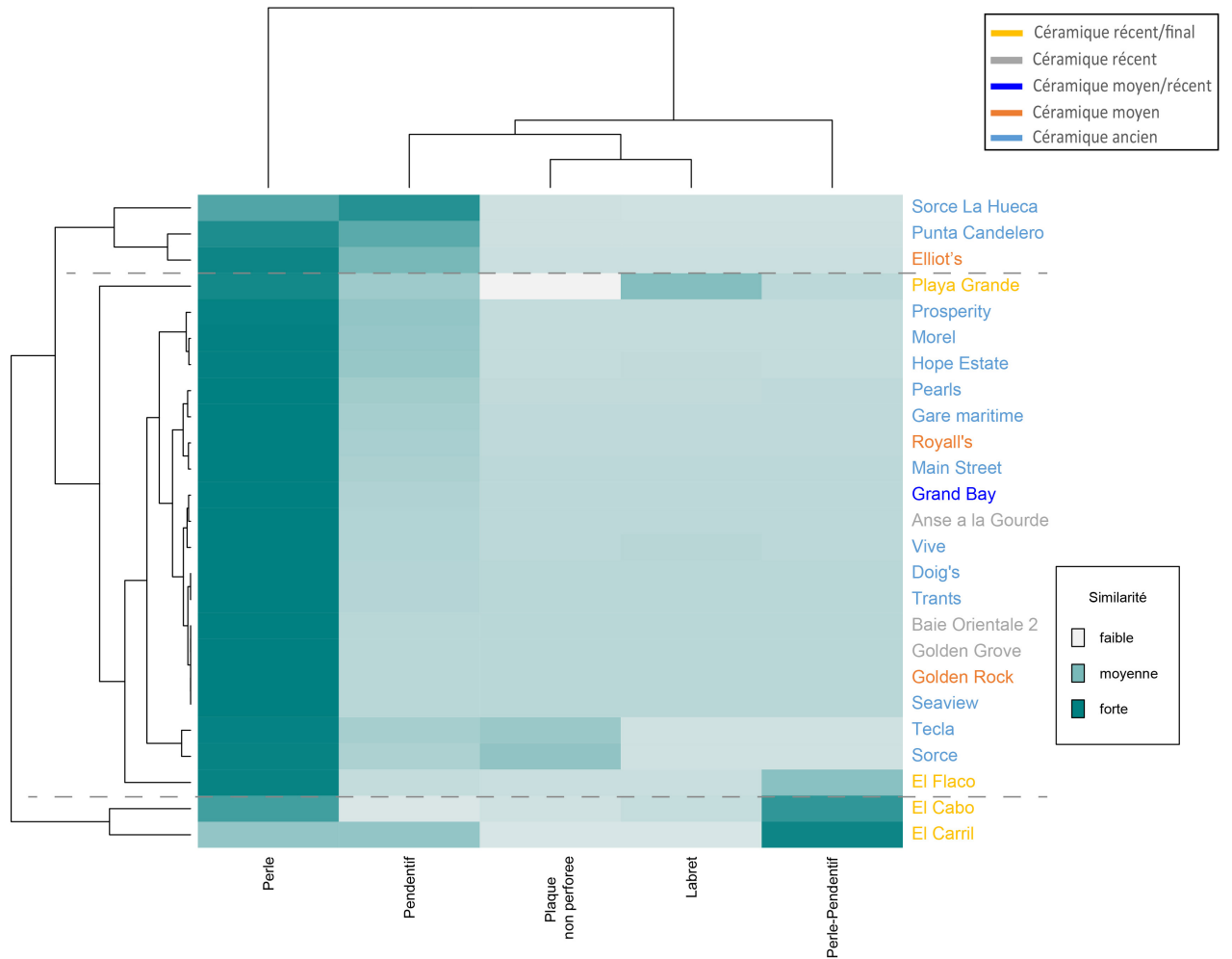


FIGURE 4.24 – Sériation des sites archéologiques et des types d'objets (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

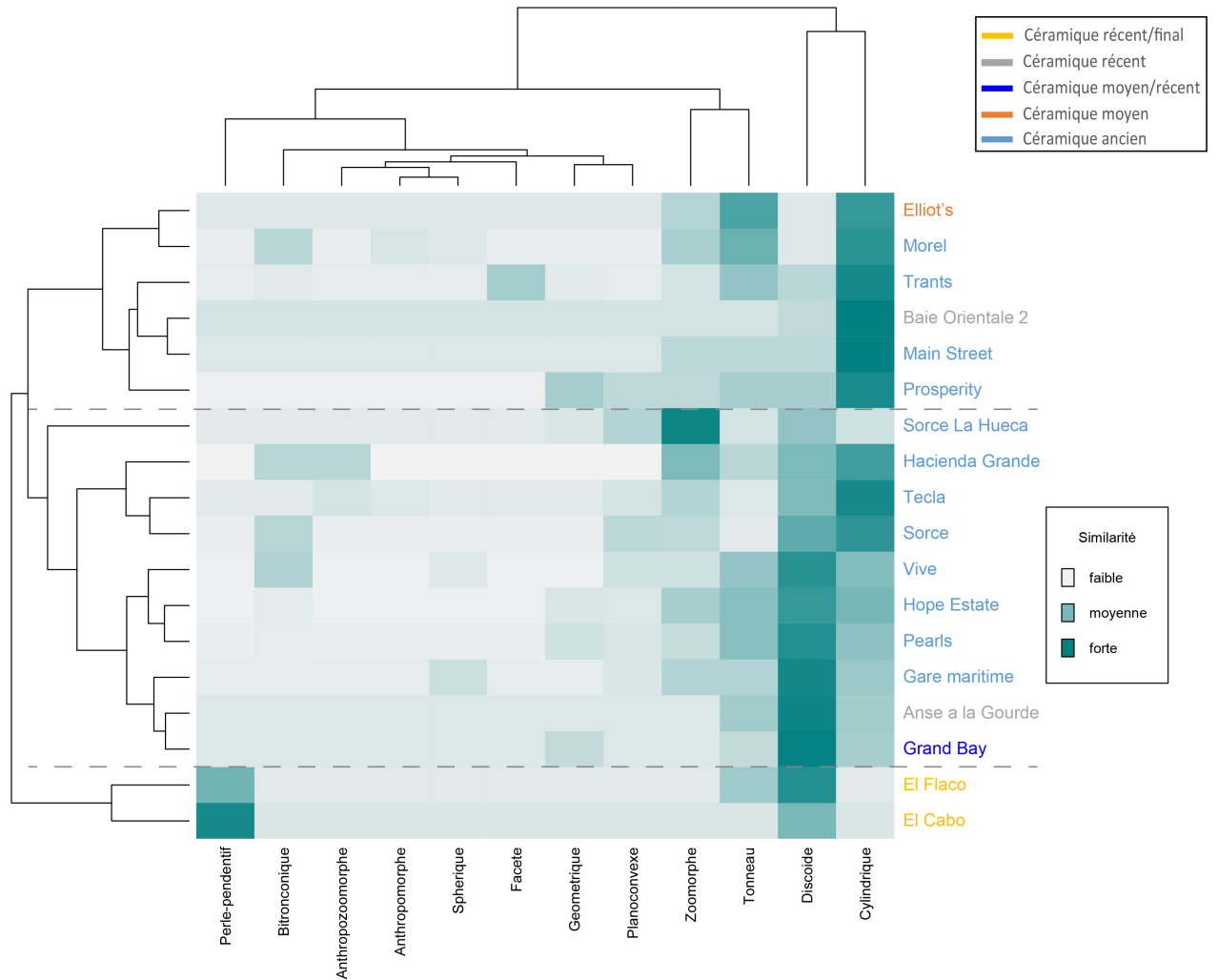


FIGURE 4.25 – Sériation des sites archéologiques et des types de perles et de pendentifs (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

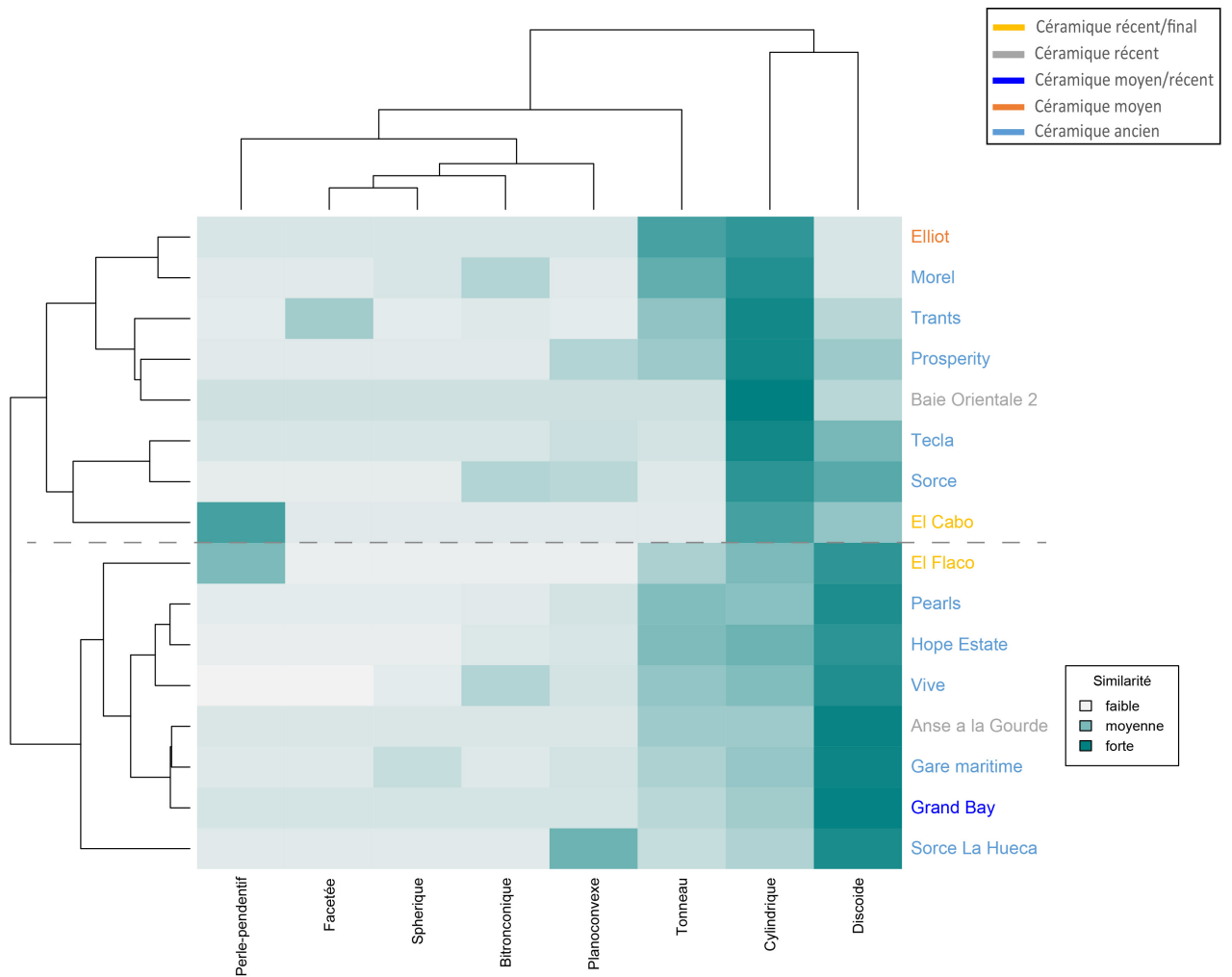


FIGURE 4.26 – Sériation des sites archéologiques et des types de perles (données centrées, distance euclidienne, algorithme OLO).

Les Analyses Factorielles de Correspondance (AFC) menées sur ces mêmes données typologiques ont nécessité des traitements supplémentaires. En effet, si les sériations visent à regrouper les sites, l'AFC essaie de maximiser la variance sur quelques dimensions, et cherche donc à mettre en évidence les disparités, les différences. Ainsi, les types rares ont un poids énorme dans la variance globale du jeu de données, car les quelques sites qui en contiennent sont comparés à des sites n'en contenant pas du tout, et cela oblitère la variabilité liée aux autres types. Si dans les sériations la rareté des perles facettées identifiées uniquement à Trants, ou les rares labrets inventoriés, n'ont-ils pas joué un grand rôle dans le rapprochement des sites entre eux, dans les AFC, il a été nécessaire de les supprimer du jeu de données sinon la seule information que l'on pouvait en tirer était que les sites qui présentaient ces types rares étaient différents des autres. Aussi, comme pour une partie des analyses de diversité, le type perles facettées a été écarté (1 seul site), ainsi que les perles sphériques (moins de 10 objets) et les pendentifs anthropozoomorphes (moins de 10 objets). Les perles-pendentifs, qui ont un poids très fort également dans l'analyse, n'ont pas été supprimées car elles sont présentes en quantité non négligeable, sont facilement identifiables et, puisqu'elles n'ont un impact fort que sur la première dimension, il est possible de s'affranchir de leur présence en observant les dimensions 2 et 3 (Figure 4.27). Ceci vaut également lorsque l'on réalise la même analyse sur les types de perles uniquement, sans prendre en compte les pendentifs (Figure 4.28). Ces analyses confirment clairement la nette distinction des sites d'El Cabo et El Flaco, liée à leur teneur en perles-pendentifs. Lorsque l'on observe les dimensions 2 et 3 de ces AFC, les sites ne forment pas de groupes bien distincts, et en particulier aucune distinction chronologique n'est mise en évidence. Les types les plus opposés sont les perles bitronconiques, les perles en tonneau et les perles planoconvexes, tandis que les perles discoïdes et cylindriques sont plutôt situées au centre des AFC, indiquant qu'elles ont une variance plus faible. En particulier les perles discoïdes semblent être l'élément le plus commun, dans l'analyse incluant tous les types aussi bien que dans celle n'incluant que les perles.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

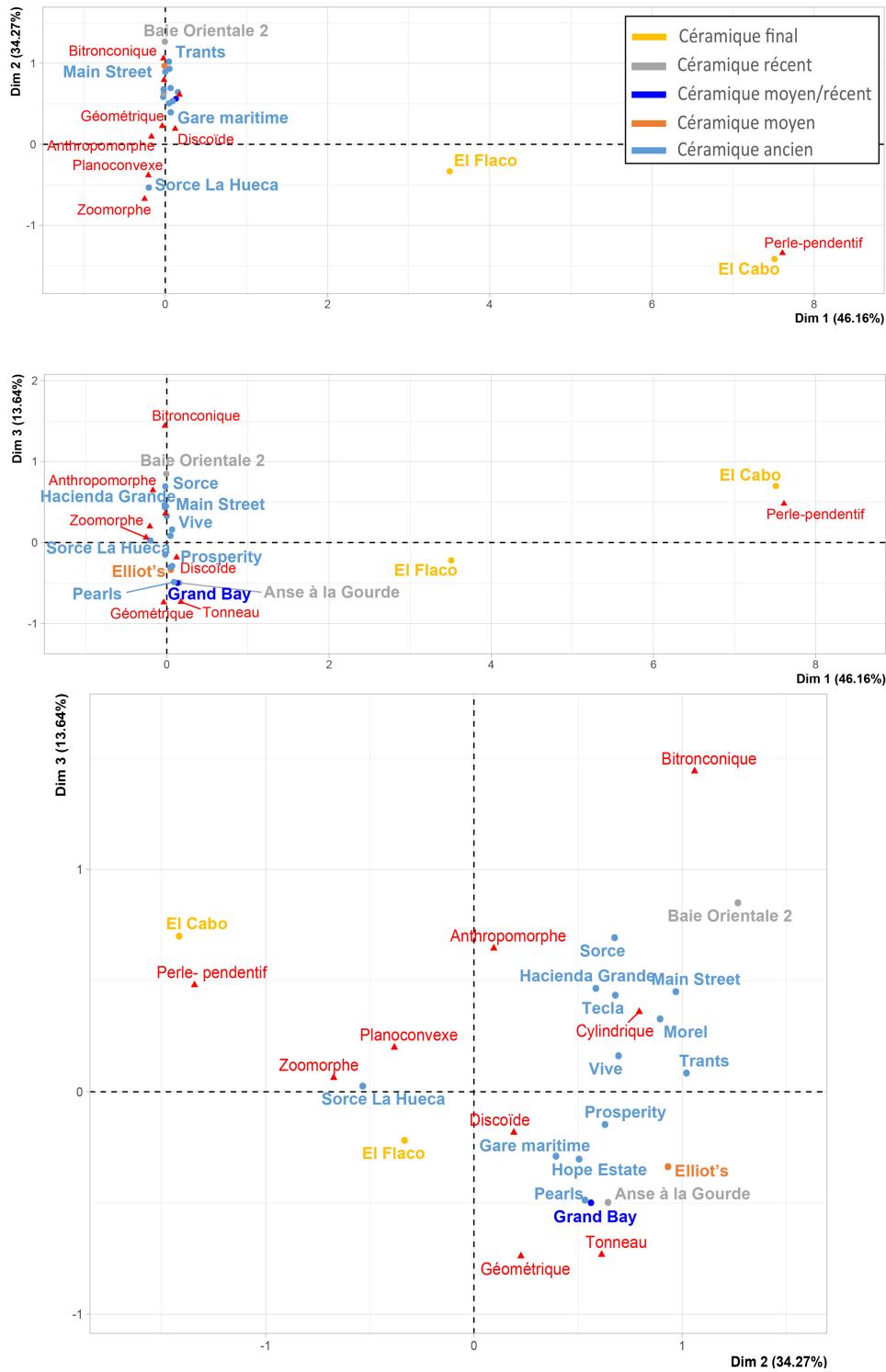


FIGURE 4.27 – AFC sur le jeu de données perles et pendentifs, dont les types trop rares ont été écartés (facettées, sphériques, anthropozoomorphes).

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique



FIGURE 4.28 – AFC sur le jeu de données de perles uniquement, dont les types trop rares ont été écartés (facettées, sphériques).

4.3.2.3 Analyses de réseaux

L'analyse de réseaux peut aussi être appliquée aux données de typologie. Pour ce faire, j'ai utilisé les mêmes méthodes que précédemment, avec les mêmes jeux de données à savoir les types d'objets, les types de perles et de pendentifs et les types de perles seuls. En ne conservant que les seuils de similarité de Brainerd-Robinson qui permettent de visualiser un réseau complet et unique, on obtient alors les résultats présentés dans la figure 4.29. Cela permet de visualiser une fois encore la distinction très importante des sites du Céramique récent/final en ce qui concerne les types d'objets. Ils sont en effet séparés du groupe très homogène formé de tous les autres sites archéologiques (Figure 4.29A). Ces sites tardifs se distinguent également des autres sites lorsque le niveau d'information devient plus précis, bien qu'ils ne puissent pas tous être intégrés au jeu de données dans ces cas (Figure 4.29B et C). Outre ces sites, l'analyse basée sur l'ensemble des types de perles et de pendentifs ne fait pas ressortir de différences très notables en fonction de la période d'occupation des sites (Figure 4.29B). Le site de la Hueca se distingue des autres par la présence, telle qu'identifiée déjà préalablement (Figure 4.25), de perles zoomorphes en quantité importante. Il se rattache alors au réseau via le site d'Hacienda Grande, lui bien intégré au reste du réseau central. En ne conservant que les types de perles (Figure 4.29C), on remarque un réseau moins interconnecté dans la visualisation, mais ceci est à tempérer par le fait qu'il faille monter jusqu'à un seuil de similarité de 0.663 pour atteindre la limite d'un réseau unique et complet. Ceci montre que sur ce point en particulier des types de perles, le jeu de données est fortement similaire. Lorsque ce seuil est atteint, un regroupement de sites est immédiatement repérable, formé des sites plus orientés vers les perles discoïdes repérés par l'analyse de clusters. Ce groupe est rattaché au groupe des sites à perles cylindriques majoritaires, moins fortement interconnecté, par les sites de Sorcé et Prosperity. Il est intéressant de noter que dans cette analyse, le site d'El Cabo, inclut dans le cluster des sites à perles discoïdes auparavant (Figure 4.26), est ici rattaché au site d'El Flaco et, ainsi, au groupe des sites à perles cylindriques.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

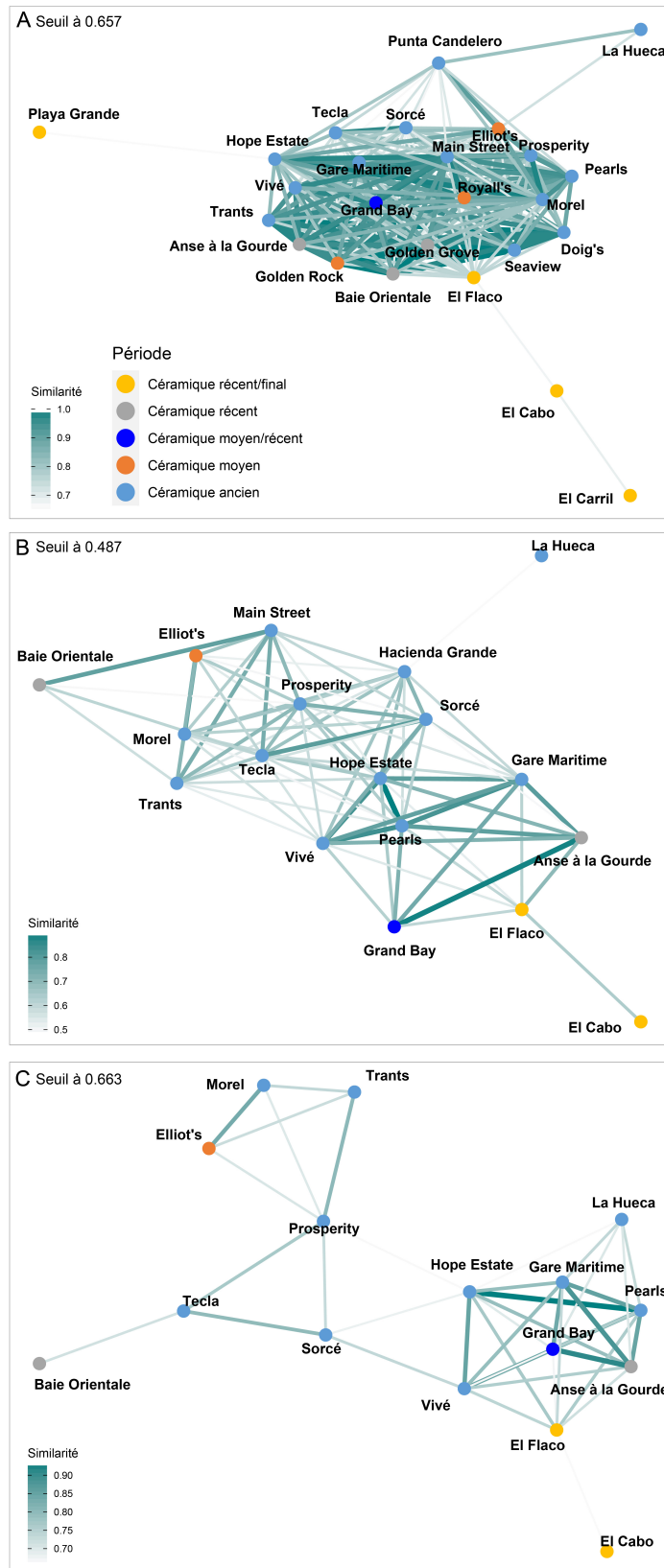


FIGURE 4.29 – Légende sur la page suivante.

FIGURE 4.29 – Réseaux basés sur la similarité de Brainerd-Robinson des données de typologie (A. types d'objets, B. tous types, C. types de perles) lorsque le seuil pour conserver les liens est mis au plus haut possible pour conserver un réseau entièrement connecté. Les nœuds sont positionnés selon l'algorithme Kamada & Kawai (kk). La couleur et l'épaisseur des liens est fonction de la force du lien, tandis que la couleur des nœuds est fonction de l'attribution chronologique du site (sans effet sur l'analyse la création du réseau).

4.3.3 Combinaison Matière Première - Typologie

4.3.3.1 Analyses statistiques

Afin d'extraire des informations encore plus poussées, tout en connaissant la qualité plus ou moins grande des données lorsqu'il s'agit, justement, de rentrer dans le détail, on peut tenter d'analyser le jeu de données combinant les matières premières et la typologie. Il est possible dans un premier temps, en ne gardant que les matières premières déjà conservées pour la sous-section 4.3.1 et les types de perles et de pendentifs sélectionnés pour la section 4.3.2 et en combinant l'ensemble des sites sélectionnés dans ces deux sous-sections, d'étudier les liens entre types et matières premières ((Tableau 4.6). L'analyse par Analyse Factorielle de Correspondance, selon que l'on introduit la précision maximale au niveau des roches vertes ou selon que l'on regroupe les roches vertes ensemble (sauf la turquoise), montre des préférences bien marquées de certains matériaux pour la production de certains types d'objets de parure lapidaire (Figure 4.30). Ces analyses montrent également que les pendentifs zoomorphes (la très grande majorité des pendentifs) sont situés à l'opposé des matériaux incolores (calcite, cristal de roche) et, finalement, à l'opposé aussi de la plupart des types de perles, puisqu'ils sont opposés sur la première dimension de l'AFC qui regroupe 65% de la variance. En particulier, on notera la proximité de la serpentine avec les pendentifs zoomorphes, lorsque les déterminations précises de matériaux sont conservées, et celle de la malachite avec les pendentifs géométriques. La néphrite et la paragonite sont moins affiliées à un type en particulier, mais lorsque les roches vertes sont regroupées, le poids de la serpentine (dans les sites très riches de Porto Rico par exemple) prend le dessus. Le type discoïde reste assez central sur la dimension 2 de l'AFC qui oppose principalement les perles allongées avec les perles planoconvexes et les pendentifs géométriques. Les matériaux incolores les plus courants (calcite et cristal de roche) sont également situés en partie centrale de cette seconde dimension, servant à produire plusieurs types de perles différents. Il est intéressant de noter que ces deux matériaux aux couleurs proches ont finalement semble-t-il un usage similaire, diversifié. D'autres matériaux sont fortement liés aux perles allongées : matériaux blancs et rouges et, dans une moindre mesure, l'améthyste et la diorite. On peut également observer que la turquoise, comme attendue, se situe proche du type planoconvexe.

Gemme	Bitronconique	Cylindrique	Discoïde	Facetté	Géométrique	Planoconvexe	Sphérique	Tonneau	Zoomorphe	Total général
Améthyste	8	31	39	2	7	69	2	1	159	
Anorthite		4							4	
Aventurine	1	10	2	1	1	1		7	24	
Barytine		2							2	
Calcaire							2		2	
Calcédoine							2		2	
Calcite	1	46	53	6	1	17		11	135	
Cornaline		37	12	4		47			100	
Cristal de roche	8	74	78	2	9	36		4	213	
Diorite	2	201	168	6	2	135		1	515	
Jaspe						2			2	
Malachite		1	1	2	2			1	7	
Marbre		3						1	4	
Néphrite		3	5	23	5	1	1	42	80	
Paragonite			6		1			7	14	
Serpentine	1	4	20	4	1	2	1	717	751	
Stalactite		1						1	2	
Sudoïte			4					2	7	
Turquoise		7	135	1	10	29		4	201	
Total général	22	420	527	16	48	59	4	331	797	2224

TABLEAU 4.6 – Matières premières utilisées en fonction des types de perles et de pendentifs façonnés dans l'artisanat lapidaire de l'âge Céramique dans les Antilles.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

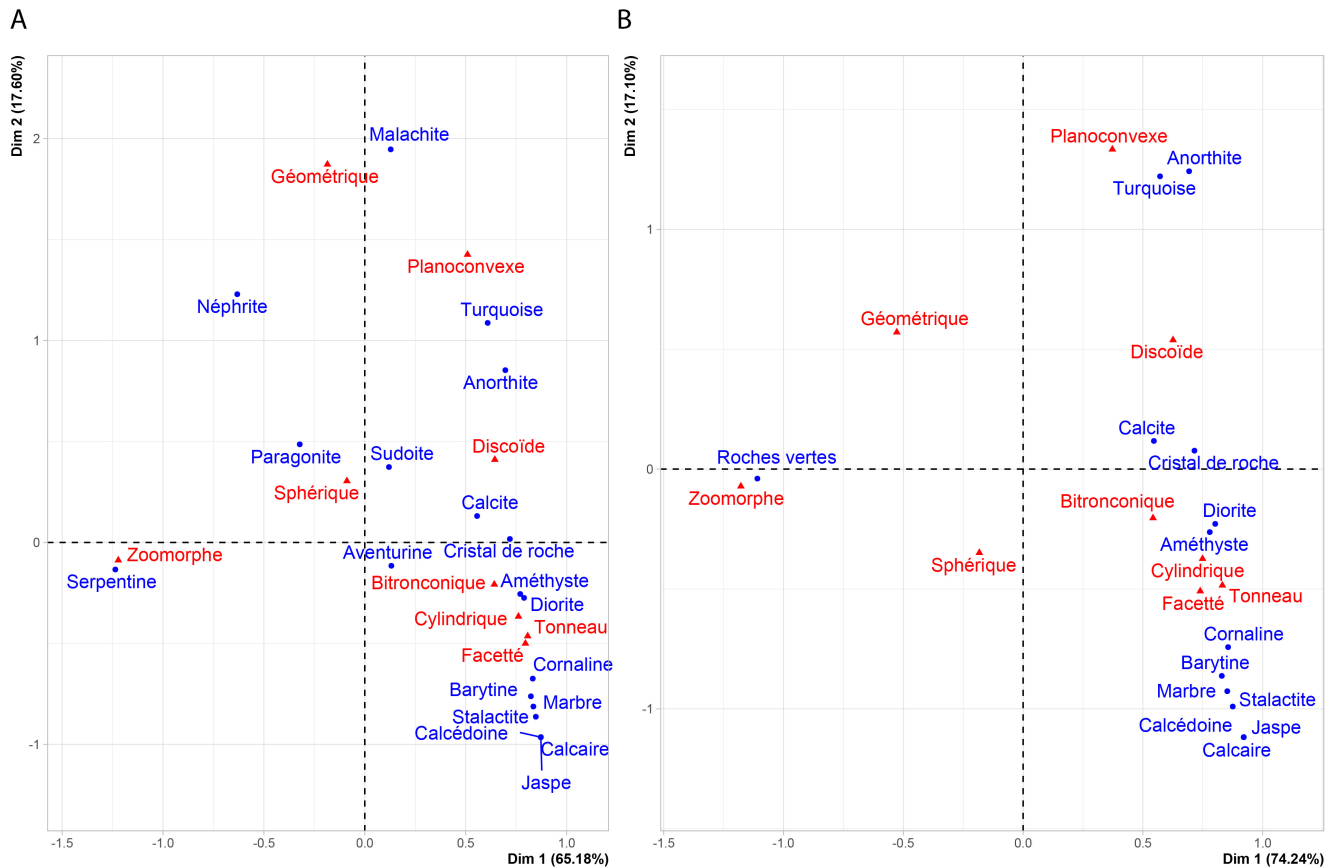


FIGURE 4.30 – Analyse Factorielle de Correspondance pour les relations entre matières premières et types de perles et de pendentifs, selon que les roches vertes sont conservées au plus haut niveau de précision (A) ou selon qu'elles sont regroupées dans la catégorie "Roches vertes", sauf la turquoise considérée comme plutôt aisée à identifier (B).

Il est également possible, en conservant l'information du site dans lequel a été retrouvé chaque objet, de former un jeu de données permettant l'analyse de similarité des sites entre eux (Tableau 4.7). Avec une telle précision dans les données, le nombre d'objets se réduit fortement et tombe à 2224, de par la combinaison des absences déjà notées pour certains sites de données typologiques ou de données de matières premières. Le site de Doig's par exemple, ne comprend ici qu'un seul objet car un seul objet de ce site est décrit en termes de matière première et de type, alors qu'il comporte 43 objets issus de production lapidaire. Le problème est le même pour des sites qui pouvaient intégrer les analyses précédentes comme Hacienda Grande (5 objets connus pour le type et la matière première), Main Street (8), Playa Grande (4), Punta Candelerero (7) et Tecla (2), qui ont donc tous été retirés du jeu de données, car bien que le poids soit très faible et qu'il ne change rien au résultat de l'AFC, ces sites mal documentés créent, dans les analyses de réseaux, des distorsions importantes. La limite pour conserver le site archéologique dans le jeu de données a été arbitrairement placée à 10 objets documentés pour leur type et leur matière première. Les combinaisons Type-Matière première rares ont, par contre, été conservées. Ce jeu de données de 14 sites et 84 combinaisons Type-Matière première permet donc, bien qu'on le sache imparfait, d'étudier les proximités des sites archéologiques du corpus à un niveau de détail jusqu'ici inégalé. L'AFC produite comporte donc les 14 sites mais il n'est pas possible d'afficher les 84 combinaisons Type-Matière première tout en conservant un graphique lisible (Figure 4.31). Cette analyse permet de mettre en évidence, sur la première dimension de l'analyse (28% de la variance exprimée), l'opposition majeure qui se situe, à ce niveau de précision, entre les sites riches en roches vertes et pendentifs du Saladoïde de Vieques que sont La Hueca et Sorcé⁵, avec les sites plus riches en matériaux incolores et non-verts, plus riches en perles, du Saladoïde cedrosan et des périodes plus récentes. Les secondes et troisièmes dimensions de l'analyse (29% de variance à elles deux) confirment quant à elles la nette opposition entre la période Saladoïde et les périodes postérieures. Si le seul site du Céramique moyen conservé dans ce jeu de données se comporte dans cette AFC comme les sites du Céramique ancien, le site de Grand Bay, attribué au Céramique moyen/récent pour ce qui concerne la collection d'objets lapidaires, se situe bien à une position d'interface entre les sites du Céramique ancien et ceux du Céramique récent et final.

5. Punta Candelerero se situe proche d'eux quand on le conserve dans le jeu de données

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

	Améthyste	Anorthite	Aventurine	Barytine	Calcaire	Calcsédoine	Calcite	Cornaline	Cristal de roche	Diorite	Jaspe	Malachite	Marbre	Néphrite	Paragonite	Serpentine	Stalactite	Sudöite	Turquoise		
Bitronconique																					
Hacienda Grande					1				1												
Hope Estate									1												1
Morel	4								3		1										
Pearls									1												
Sorcé									1												
Sorcé La Hueca		1							1												1
Tranis									1												
Vivé	4																				
Cylindrique																					
Anse à la Gourde					3																1
Bate Orientale 2					10																
El Cabo					3					15											
El Carril					3					7											
El Flaco					15																
Elliot's (PH-03)									1												
Gare maritime	1			1					1												
Grand Bay	2								1												2
Hacienda Grande										2											
Hope Estate	1				7				5												
Main Street					1				3												
Morel	1				1				1												
Pearls	21				1				13												
Prosperity					1				23												3
Sorcé	1								2												
Sorcé La Hueca	1				1				1												1
Tranis	3				1				2												1
Vivé					1				2												
Discoïde																					
Anse à la Gourde		1			6				3												1
Bate Orientale 2					1				9												
El Cabo					32				6												
Gare maritime		1			1				2												3
Grand Bay					1				4												3
Hope Estate	1				7				3												4
Main Street					1				1												
Morel					1				58												119
Pearls	37				3				143												1
Prosperity					1				2												1
Sorcé La Hueca	1				1				12												1
Tranis									3												6
Vivé																					
Faceté																					
Tranis	2								2												1

TABLEAU 4.7 – Suite du tableau sur page suivante.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

	Améthyste	Anorthite	Aventurine	Barytine	Calcaire	Calcédoine	Calcite	Cornaline	Cristal de roche	Diorite	Jaspe	Malachite	Marbre	Néphrite	Paragonite	Serpentine	Stalactite	Sudoïte	Turquoise		
Géométrique																					
Anse à la Gourde					1																
Gare maritime					2											2					
Grand Bay																1					
Hope Estate					2				1												
Pearls									1											9	
Prosperity																				1	
Sorcé La Hueca					1															1	
Trants																				1	
Planoconvexe																					
Gare maritime																				1	
Hope Estate																				1	
Pearls	7								9											24	
Sorcé										2										1	
Vivé																				2	
Sorcé La Hueca																				1	
Sphérique																					
Morel	1																			1	
Pearls																				1	
Vivé	1																			1	
Tonneau																					
Anse à la Gourde																				1	
El Flaco																					
Elliot's (PH-03)	1								2												
Gare maritime	2				2															1	
Hacienda Grande																					
Hope Estate	3																				
Main Street																					
Morel	6																				
Pearls	50																				
Prosperity	2																			1	
Sorcé	1																				
Sorcé La Hueca	1																				
Trants	2																				
Vivé	1																				
Zoomorphe																					
Doig's (PA-15)																					
Elliot's (PH-03)																					
Gare maritime																				1	
Hope Estate																				1	
Main Street																					
Morel																					
Pearls																					
Prosperity																					
Punta Candlero																					
Sorcé	1																				
Sorcé La Hueca	3																				
Tecla	1																				
Trants																					
Vivé																					
Total général	159	4	24	2	2	2	2	2	135	100	213	518	2	7	4	80	14	751	2	7	201

TABLEAU 4.7 – Matières premières utilisées en fonction des types de perles et de pendentifs façonnés dans l'artisanat lapidaire de l'âge Céramique dans les Antilles pour chacun des sites archéologiques sélectionnés dans les sections précédentes.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

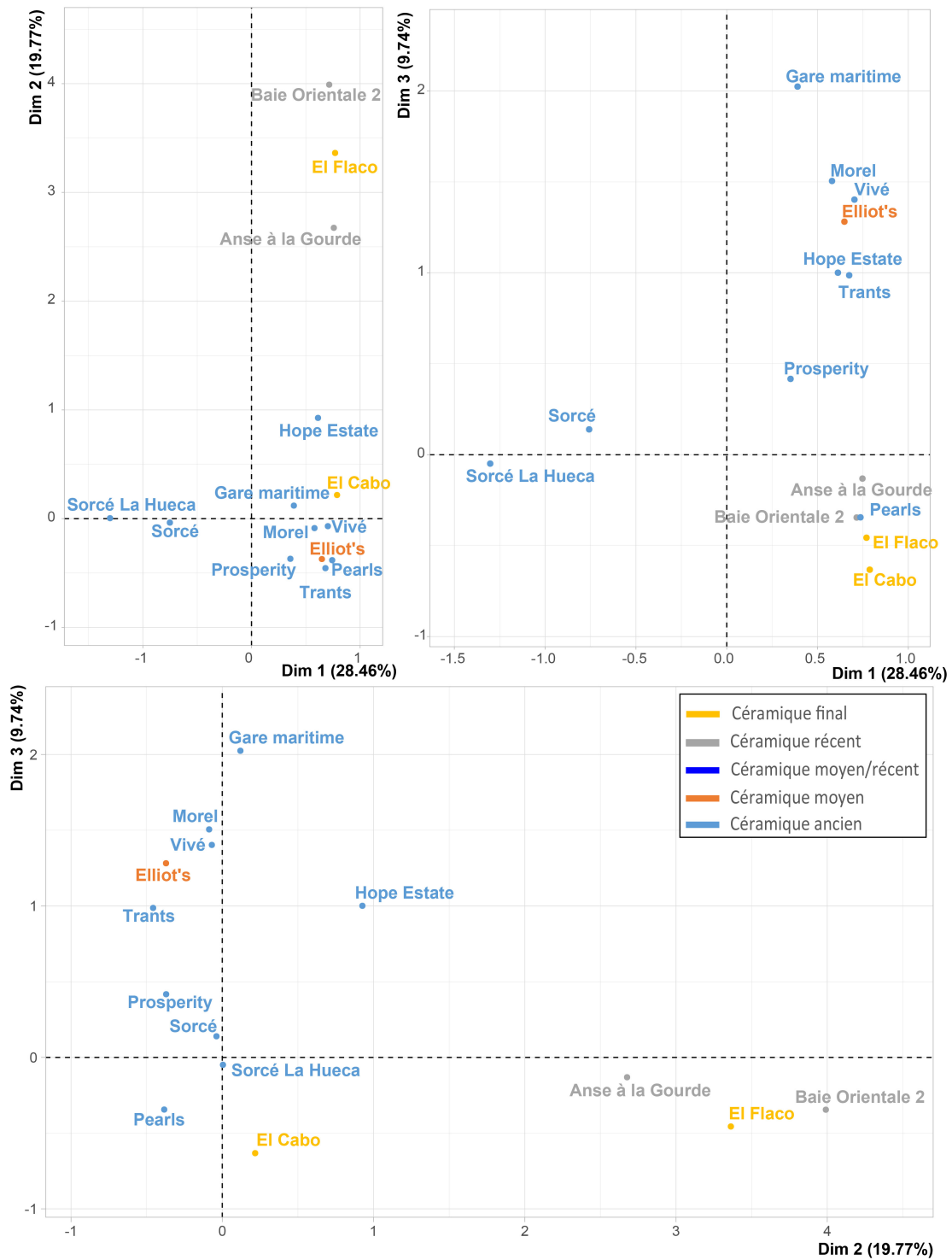


FIGURE 4.31 – Analyse Factorielle de Correspondance pour les relations entre les sites et l'ensemble des combinaisons type-matière première, visualisée selon les trois premières dimensions.

4.3.3.2 Réseaux

Lorsque l'analyse de réseau est réalisée sur ce jeu de données combinant les types et les matières premières, on remarque que le cœur du réseau correspond aux sites Saladoïde cedrosan, tandis que les sites du Céramique ancien de Vieques s'y raccrochent difficilement (Figure 4.32). Les sites du Céramique récent et final sont également à l'écart, regroupés entre eux, même si des liens plus nets les relient au cœur du réseau. Le nombre important de catégories, très précises, sur lequel est basée cette analyse, crée des indices de similarités plus faibles que lorsque les types ou les matières premières seules étaient analysées. On retrouve cependant le même schéma de répartition des sites selon une subdivision plutôt claire entre les sites du Céramique ancien/moyen et ceux du Céramique récent/final.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

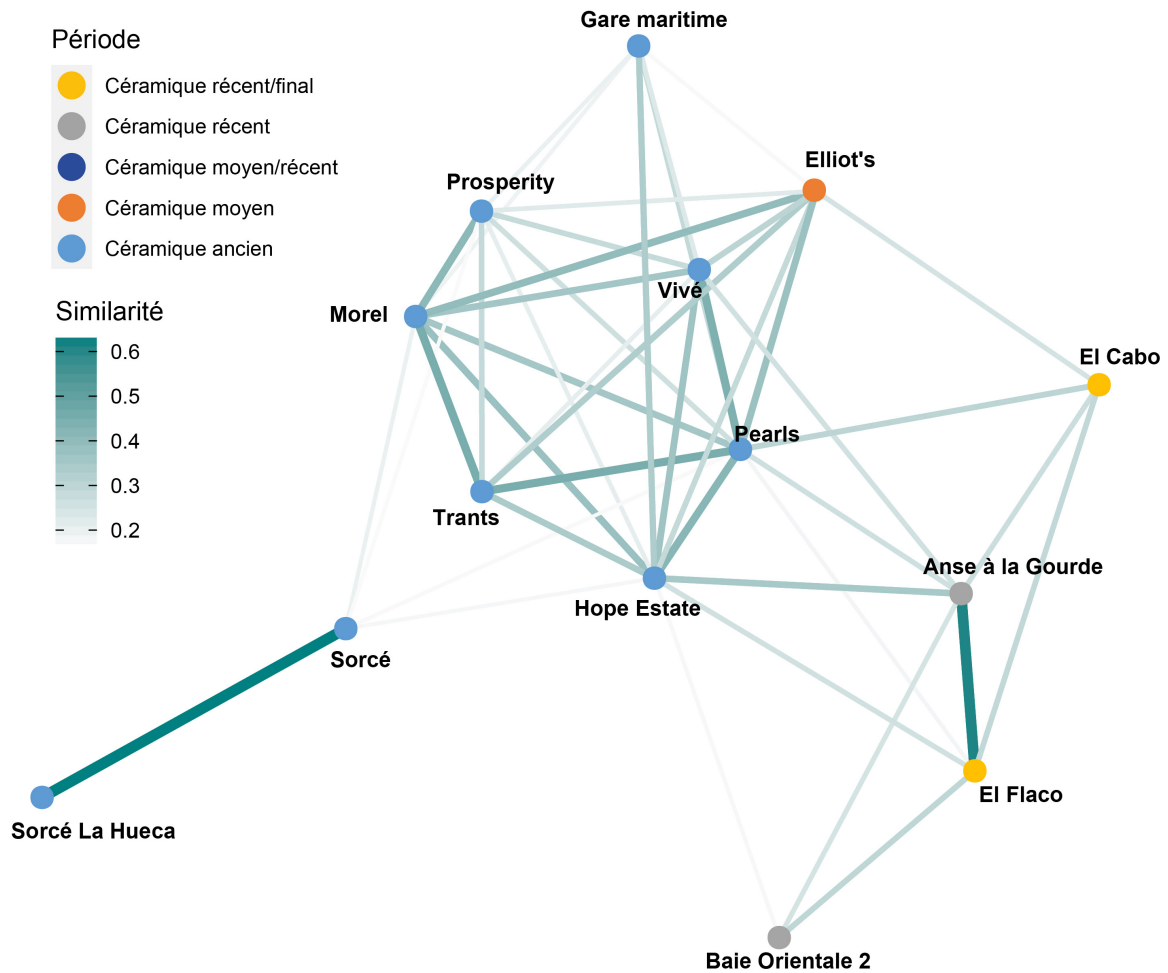


FIGURE 4.32 – Réseau basé sur la similarité de Brainerd-Robinson des données combinées de matière première et de typologie, lorsque le seuil pour conserver les liens est mis au plus haut possible pour conserver un réseau entièrement connecté (similarité = 0.161). Les nœuds sont positionnés selon l'algorithme Kamada & Kawai. La couleur et l'épaisseur des liens est fonction de la force du lien, tandis que la couleur des nœuds est fonction de l'attribution chronologique du site (sans effet sur l'analyse la création du réseau).

4.4 Analyse de la distribution géographiques des parures lapidaires

La distribution des productions de parures lapidaires à l'échelle régionale, pour la période Céramique, a la plupart du temps été analysée dans un cadre chrono-culturel, comme nous l'avons fait ci-dessus (Section 4.3). Toutefois, il me semble également important d'analyser ces données sur un plan purement géographique, afin de mettre en évidence s'il existe ou non des variations attribuables à cette dimension du peuplement humain de la région. On pourrait en effet s'attendre à des distributions différentes de matières premières en fonction de la géologie des îles, dont il a été possible de mettre en évidence la grande diversité (Section 1.1.1). Il serait également envisageable que certains types d'objets, certains types de perles ou de pendentifs, soient plus représentés dans telle ou telle sous-partie de l'arc antillais.

Dans un premier temps, il est possible de montrer que les sites archéologiques ayant livré des parures en pierre sont répartis sur l'ensemble de l'arc antillais (Figure 4.33). Presque toutes les îles disposent d'au moins un site (sauf La Barbade), mais l'on remarque tout de même des îles bien moins fournies que d'autres. On peut tout d'abord noter un certain biais dans les deux îles françaises principales que sont la Guadeloupe et la Martinique, où les recherches menées pour cette thèse de doctorat ont permis un inventaire extrêmement complet qui ne l'aurait pas été autant si je n'avais pu me baser que sur les publications accessibles aisément comme il a été nécessaire de le faire pour les autres îles. Antigua est particulièrement bien dotée, grâce au travail de R. Murphy (1999 ; 2000). La Jamaïque également, en particulier pour une île des Grandes Antilles, grâce au travail pionnier de Roobol & Lee (1976). Lorsque l'on compare cette première carte de répartition des sites avec la carte du nombre de perles et de pendentifs par site, une vision assez différente apparaît (Figure 4.34). En effet, ici des zones bien moins riches apparaissent, comme par exemple dans les Petites Antilles : La Barbade, St. Vincent, Ste. Lucie, La Dominique. Ces îles qui présentent pourtant un ou plusieurs sites (sauf la Barbade) n'ont livré aucun site véritablement riche, au contraire de Montserrat avec l'unique mais très riche site de Trants, ou encore de St. Eustache qui semble assez riche, mais qui correspond en fait au seul site de Golden Rock où nous avons vu déjà précédemment qu'il n'y avait qu'une découverte exceptionnelle : une sépulture avec 81 perles. Dans les Grandes Antilles aussi, le changement est important : Porto Rico

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

et Vieques prennent toute leur place que l'on a déjà pu leur voir avec les sites du Céramique ancien tels que Sorcé, La Hueca, Punta Candelero, tandis que la Jamaïque est visiblement beaucoup plus pauvre, les nombreux sites recensés n'ayant pour la plupart qu'un seul objet inventorié et, bien qu'ils soient attribués au Céramique ancien/moyen, ne présentent que des objets en calcédoine, en calcite, en calcaire mais aucun objet en roche verte, ni en améthyste. Plusieurs de ces observations peuvent être mises en relation avec l'effort de recherche archéologique dans certaines îles : La Dominique, St. Vincent, La Barbade, la Jamaïque, n'ont pas reçu autant d'intérêt qu'Antigua, St. Martin ou Grenade, du moins pour les études de la parure lapidaire. Toutefois, la sérendipité a certainement un rôle dans cette distribution inégale, la recherche archéologique devant souvent au hasard la découverte de gisements majeurs, comme c'est le cas par exemple pour la sépulture de Golden Rock qui fait l'intégralité du corpus de perles en pierre de St. Eustache. Les méthodes de fouille également, peuvent être à l'origine de différence entre les îles, celles-ci ayant été fouillées selon des écoles de pratiques de terrain diverses, certaines fouillant des surfaces plus importantes que d'autres. La seule observation qui me semble possible à partir de ces deux cartes est celle d'une concentration plus importante de perles, et non pas de sites, dans les Petites Antilles et ce jusqu'à l'est de Porto Rico. On retrouve ici une des distinctions majeures de l'archéologie caribéenne, à savoir une limite située entre l'est et l'ouest de Porto Rico, également mise en évidence pour l'implantation très forte de la série Saladoïde, ou encore la séparation entre Troumassoïde et Ostionoïde au Céramique récent.

Dans un second temps, la distribution des matières premières et des types d'objets peut être étudiée séparément, ou conjointement, en particulier grâce à la disposition sur une carte des mêmes réseaux que ceux présentés précédemment pour les analyses chronologiques ou en analysant les différentes figures présentées dans la section précédente en connaissant l'emplacement des différents sites dans l'arc antillais. Il faut toutefois noter dès à présent une limitation évidente pour ces observations : le nombre de sites suffisamment bien étudiés et publiés pour être intégrés dans les analyses multivariées présentées n'est pas du tout réparti de façon aussi homogène que l'ensemble des sites l'est. Ainsi, pour la partie sud des Petites Antilles, il n'y a finalement que peu de sites, et il se pourrait que des différences géographiques d'ordre nord-sud soient difficilement visibles de ce fait.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

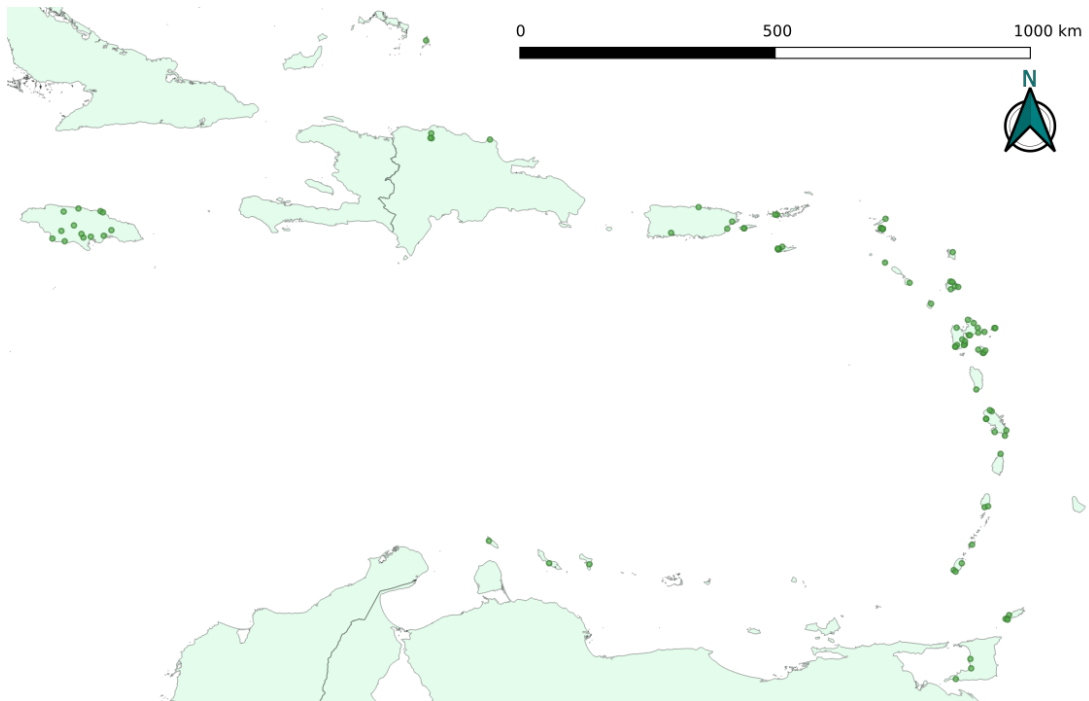


FIGURE 4.33 – Carte de la distribution des sites

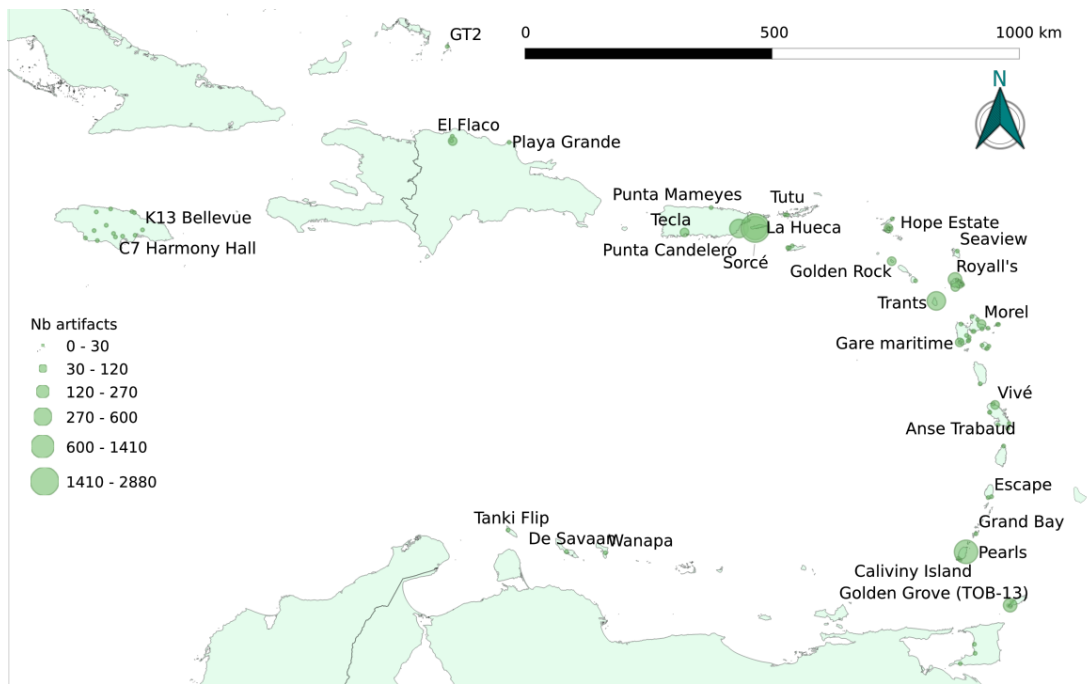


FIGURE 4.34 – Carte de la distribution du nombre de perles par site, mise à jour depuis QUEFFELEC et al. 2021.

4.4.1 Matières premières

L'analyse de réseau sur les matières premières montre que les liens entre les sites n'ont pas de logique géographique (Figure 4.35). Ce sont bien les périodes, comme montré précédemment, qui importent pour relier les sites, et non pas leur proximité géographique. L'analyse a été réalisée également en combinant les roches vertes entre elles (avec ou sans écarter la turquoise), et le résultat est tout à fait similaire. Lorsque l'on se concentre sur le Céramique ancien, on peut replacer le réseau avec sa composante géographique et représenter la centralité des nœuds (Figure 4.36), comme précédemment. Cette analyse met en avant, lorsque l'on garde toutes les matières premières, un biais en faveur des sites analysés pour les îles françaises, car certaines matières premières ne sont partagées qu'entre ces sites (sудоïte, paragonite par exemple), comme cela avait déjà été noté lors de l'analyse de ce réseau sans y appliquer de critère géographique. Les variations de centralité sont faibles, et la composante géographique ne semble pas conduire la répartition des légères variations lorsque les matériaux verts sont regroupés (Figure 4.36B).

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

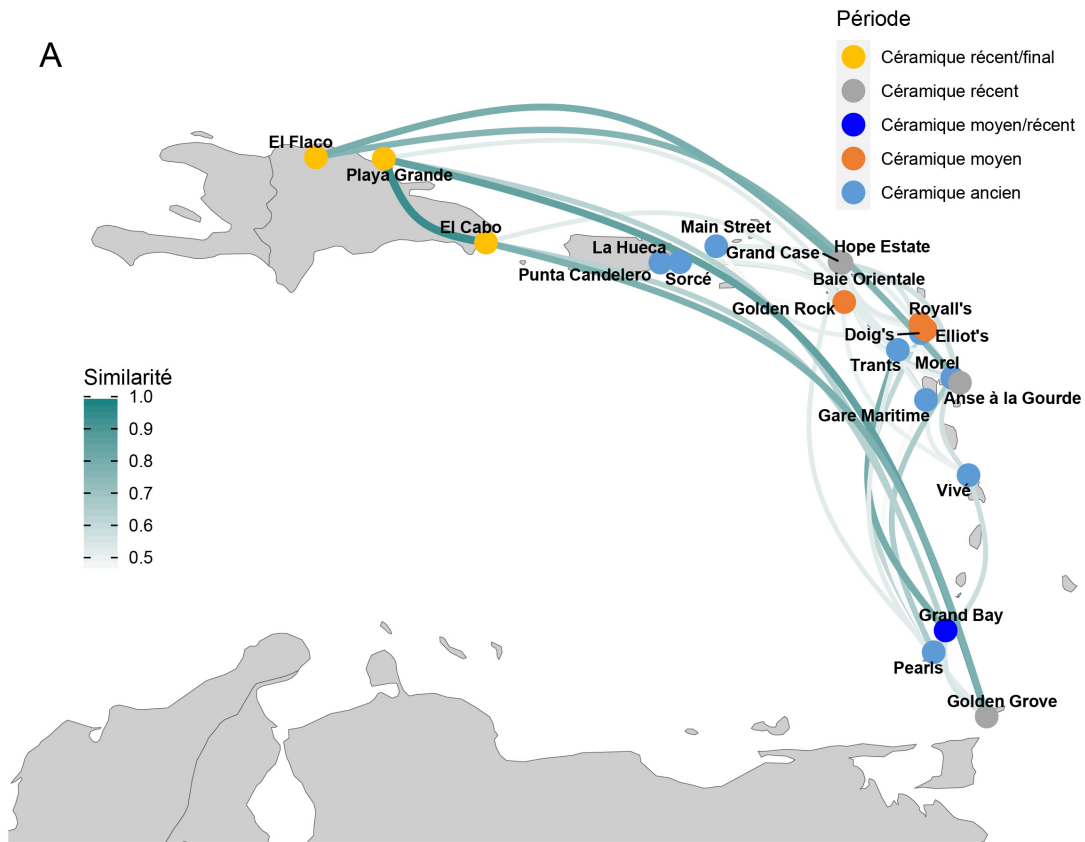
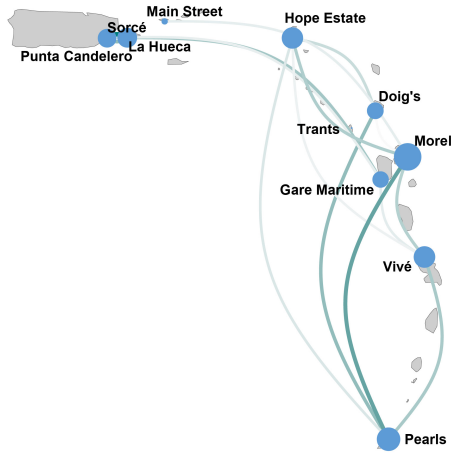


FIGURE 4.35 – Analyse de réseau basée sur la similarité de Brainerd-Robinson, pour toutes les matières premières et tous les périodes, replacé avec les coordonnées géographiques des nœuds.

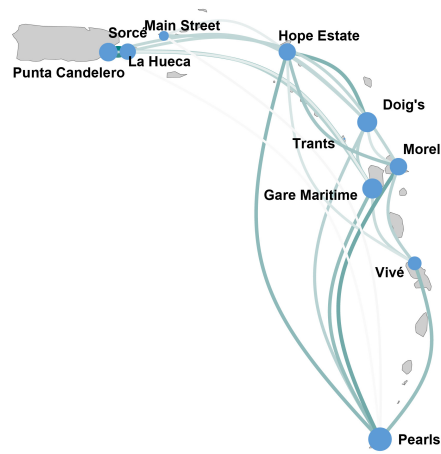
Au-delà de cette analyse globale de la distribution de toutes les matières premières en fonction de la similarité de leur représentation dans les sites, qui permet une comparaison directe avec la distribution chronologique réalisée auparavant, il est également possible d'étudier, tout simplement, la répartition géographique de chaque matière première. Pour cela, j'ai réalisé des extractions du SIG créé à partir de la base de données, pour chacune des matières premières les plus représentées et pour certaines matières méritant discussion. J'ai volontairement omis les déterminations douteuses, les matériaux identifiés dans un seul site et les déterminations très générales comme "roche volcanique". Il reste alors huit matériaux largement répandus : l'améthyste, la calcite, la cornaline, le cristal de roche, la diorite, la néphrite, la turquoise et la serpentine (Figure 4.37A, B, C, D, E, F et 4.38A, B), et j'ai également représenté la distribution du calcaire et de cinq matériaux verts, à savoir la malachite, la sudoïte, la jadéite/jadéitite, la paragonite et la

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

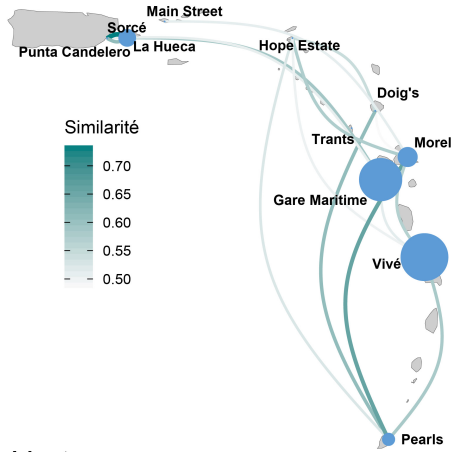
A Seuil à 0.484.
Degré



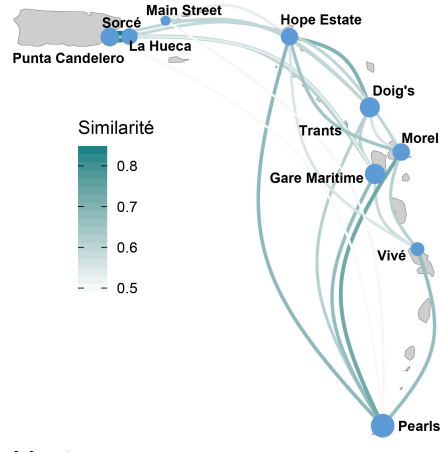
B Seuil à 0.494.
Degré



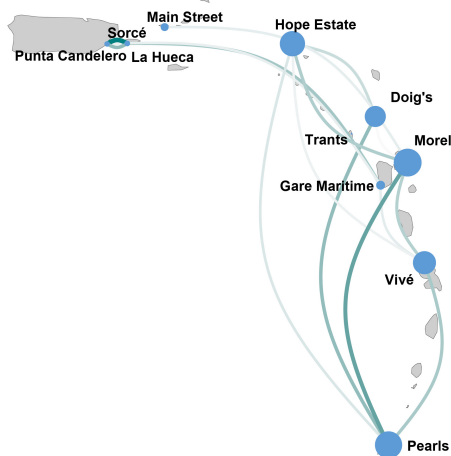
Intermédierité



Intermédierité



Vecteurs propres



Vecteurs propres

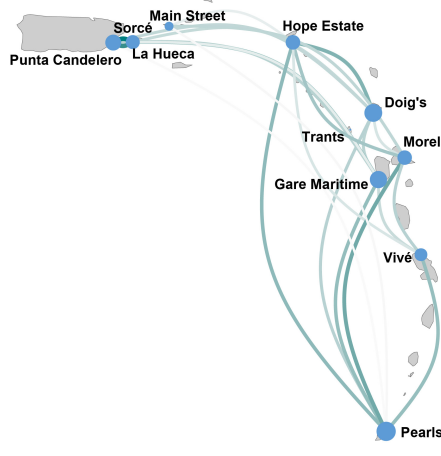


FIGURE 4.36 – Légende sur la page suivante.

FIGURE 4.36 – Analyses de réseau basées sur la similarité de Brainerd-Robinson, pour le Céramique ancien, pour toutes les matières premières (A) et lorsque les roches vertes sont regroupées sauf la turquoise (B), replacées avec les coordonnées géographiques des nœuds.

pumpellyite (Figure 4.37B et 4.38C, D, E, F). Les cartes des matériaux les plus communs montrent clairement une distribution homogène, pour tous les matériaux, à l'échelle de l'arc antillais. On pourra noter simplement la distribution de la calcite et de la diorite qui s'étend jusqu'en République Dominicaine, de par la présence des sites Céramique récents et finaux qui y ont été mis au jour. Ces cartes donc, une fois de plus, montrent la très grande homogénéité géographique des matériaux employés dans la production lapidaire de l'âge Céramique des Antilles, et le seul élément mis en avant est la distinction des sites de République Dominicaine. En ce qui concerne les matériaux plus rares, j'ai choisi d'en représenter 6 ici, pour diverses raisons. Tout d'abord, je trouve intéressant de noter la distribution des éléments de parure en calcaire qui ne sont identifiés que dans la partie septentrionale des Petites Antilles, et, en particulier, sur des îles calcaires. Cette distribution, très clairement, montre un particularisme lié à la géologie du substrat des sites archéologiques et donc, très probablement, une fabrication locale de ces éléments, avec le matériau le plus aisé à se procurer, pour suppléer, sans doute, aux matériaux désirés en termes de couleur, d'éclat, de dureté etc. Le second matériau sur lequel je voudrais insister est la malachite. Ce minéral vert, plutôt facilement reconnaissable à l'œil nu, a été identifié uniquement dans la partie nord des Petites Antilles. Si l'on ne connaît pas de source précise pour cette gemme dans la région, il semble pourtant bien possible que celle-ci soit également locale, selon un mode de réflexion similaire à celui développé pour le calcaire. Des sources de malachite de mauvaise qualité sont mentionnées à Porto Rico (RODRIGUEZ, 1993) et Antigua (MURPHY et al., 2000) et peuvent laisser imaginer des sources, peut-être de faible volume, de meilleure qualité, encore inconnues des archéologues. La carte représentant la répartition de la jadéite et de la jadéitite, deux appellations employées pour le même matériau (l'un est le nom du minéral, l'autre le nom de la roche essentiellement composée de ce minéral), est intéressante d'une autre façon, tout comme celles concernant la sudoïte, la paragonite et la pumpellyite. Ces trois cartes mettent plus en évidence l'histoire des sciences concernant l'étude des productions de parure en pierre dans les Antilles que de réelles distributions. Pour la jadéite/jadéitite

il s'agit surtout d'appellations à peu près synonymes de *greenstones*, utilisées par certains chercheurs qui n'ont, malheureusement, jamais été confirmées par des analyses. S'il n'est pas écarté que ce matériau ait été employé pour la production de pendentifs, il serait tout de même très curieux que cela n'ait pas été mis en évidence par une seule étude intégrant des caractérisations minéralogiques, telles que celles présentées dans cette thèse ou pour Antigua (MURPHY et al., 2000). Pour la sudoïte, la paragonite et la pumpellyite, il s'agit au contraire d'un biais apporté par les études intégrant des caractérisations minéralogiques. Nous avons pu mettre en évidence, pour les deux premiers, pour chacune des îles françaises où ce travail a été mené, au moins un objet fabriqué dans ces matériaux et il est fort probable que nombre d'éléments de parures non analysés dans les Antilles soient également façonnés à partir de ces matériaux verts, amenant encore ici une vision d'homogénéité des matériaux employés. La pumpellyite, quant à elle, participe également de cette spécificité des îles françaises car il est illusoire d'espérer identifier ces matériaux sans analyse minéralogique.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

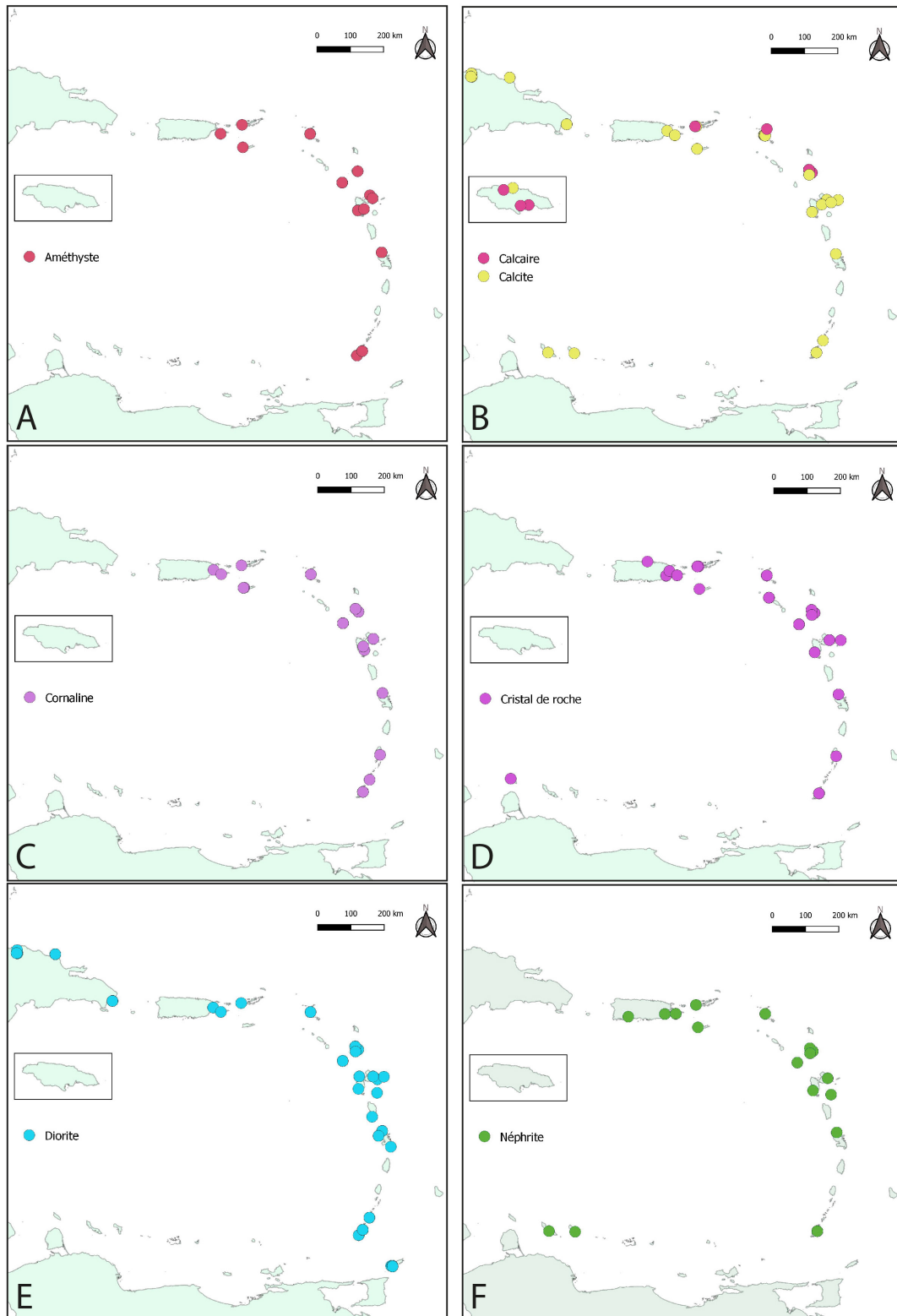


FIGURE 4.37 – Cartes de répartition de l'améthyste (A), de la calcite et due calcaire (B), de la cornaline (C), du cristal de roche (D), de la diorite (E) et de la néphrite (F).

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

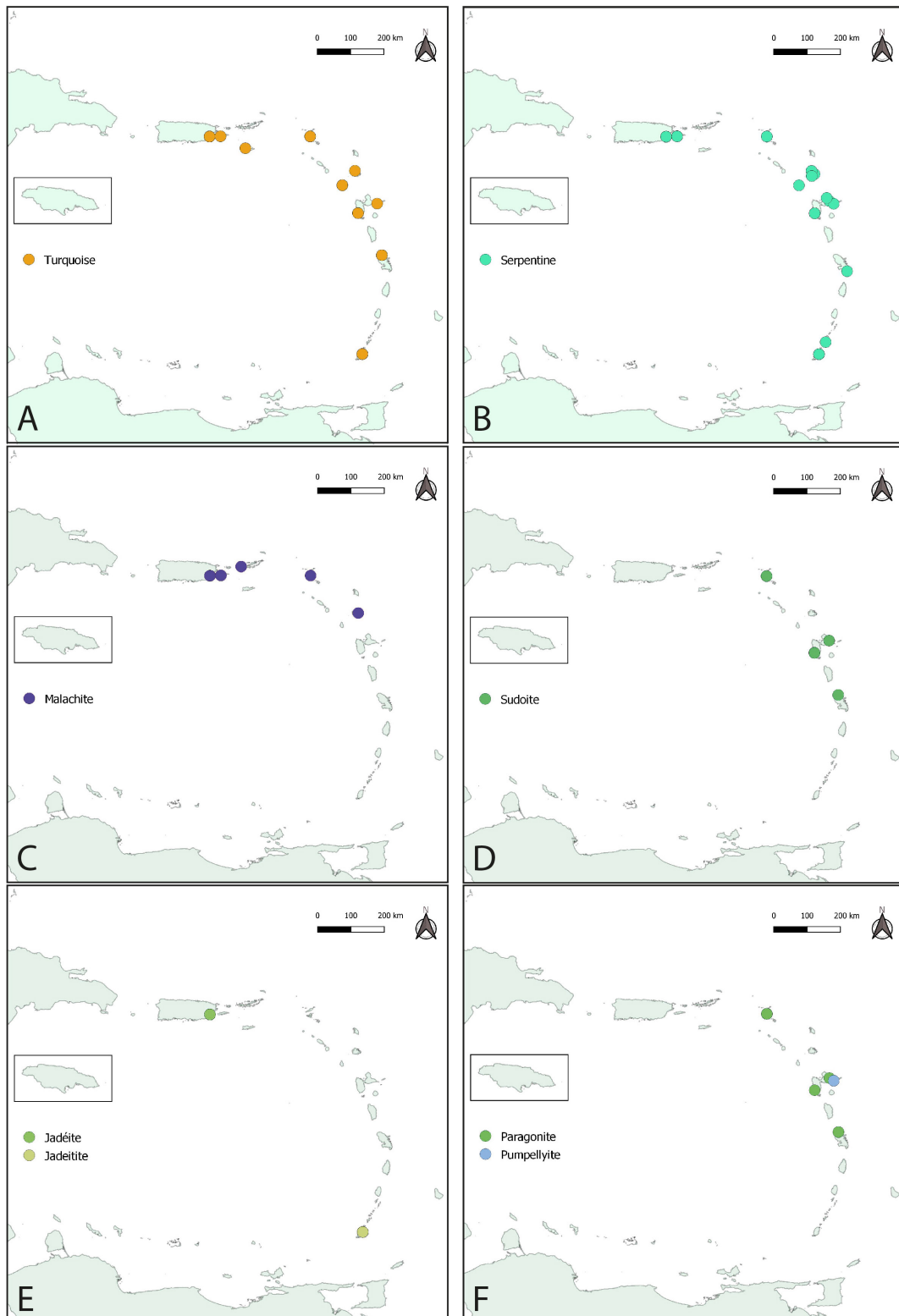


FIGURE 4.38 – Cartes de répartition de la turquoise (A), de la serpentine (B), de la malachite (C), de la sudoïte (D), de la jadéite et de la jadéite (E) et de la paragonite et de la pumpellyite (F).

4.4.2 Typologie

Nous avons vu précédemment que la distribution des types d'objets, tout comme celle des matières premières, est principalement à considérer en termes de chronologie et de groupes culturels. En ce qui concerne les matières premières, j'ai pu montrer également que leur distribution est très homogène en terme de géographie, qu'en est-il alors des types d'objets ?

Les objets les plus abondants, les perles, sont réparties de manière ubiquiste, puisque presque tous les sites inventoriés présentent ce type d'objet (Figure 4.39A). Les types les plus courants de perles sont également répartis de façon homogène dans les îles Caraïbes, et cela même pour les types un peu plus rares que sont les perles bitronconiques ou les perles planoconvexes (Figures 4.39B-F). En ce qui concerne les pendentifs, on peut remarquer qu'ils sont également répartis de façon homogène dans les Petites Antilles et Porto-Rico (Figure 4.40). En ce qui concerne les Grandes Antilles, on notera que bien que les sites ayant livré des pendentifs sont bien présents, il ne s'agit pas des sous-types les plus courants (géométrique, zoomorphe). Pour la Jamaïque en particulier, il s'agit d'un manque d'information, les pendentifs n'étant pas du tout décrits si ce n'est leur matière première (ROOBOL & LEE, 1976). Pour les sites de République Dominicaine, le lien n'est pas faisable entre les objets étudiés et les sites, et cela même en épluchant les *supplementary informations*, ils ne peuvent donc pas intégrer la base de données. Enfin, les fragments de matière première retrouvés dans les sites archéologiques eux-aussi sont répartis de façon homogène (Figure 4.41). Le degré de précision des informations sur les formes que ces fragments prennent dans les sites n'est pas toujours très élevé et nombre d'entre eux sont simplement indiqués comme étant de la matière brute ou des éléments des déchets de chaîne opératoire mais il y a tout de même un nombre conséquent de cristaux mentionnés. La présence d'éclats n'est pas si rare et il est donc probable que les étapes initiales de la production de ces perles, qui produisent des éclats, aient pu se produire sur la plupart des sites, même si certains sites surpassent très largement les autres en termes de fragments de matière première ou de préformes, tels Trants et Golden Grove (CROCK & BARTONE, 1998 ; MONES, 2007).

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

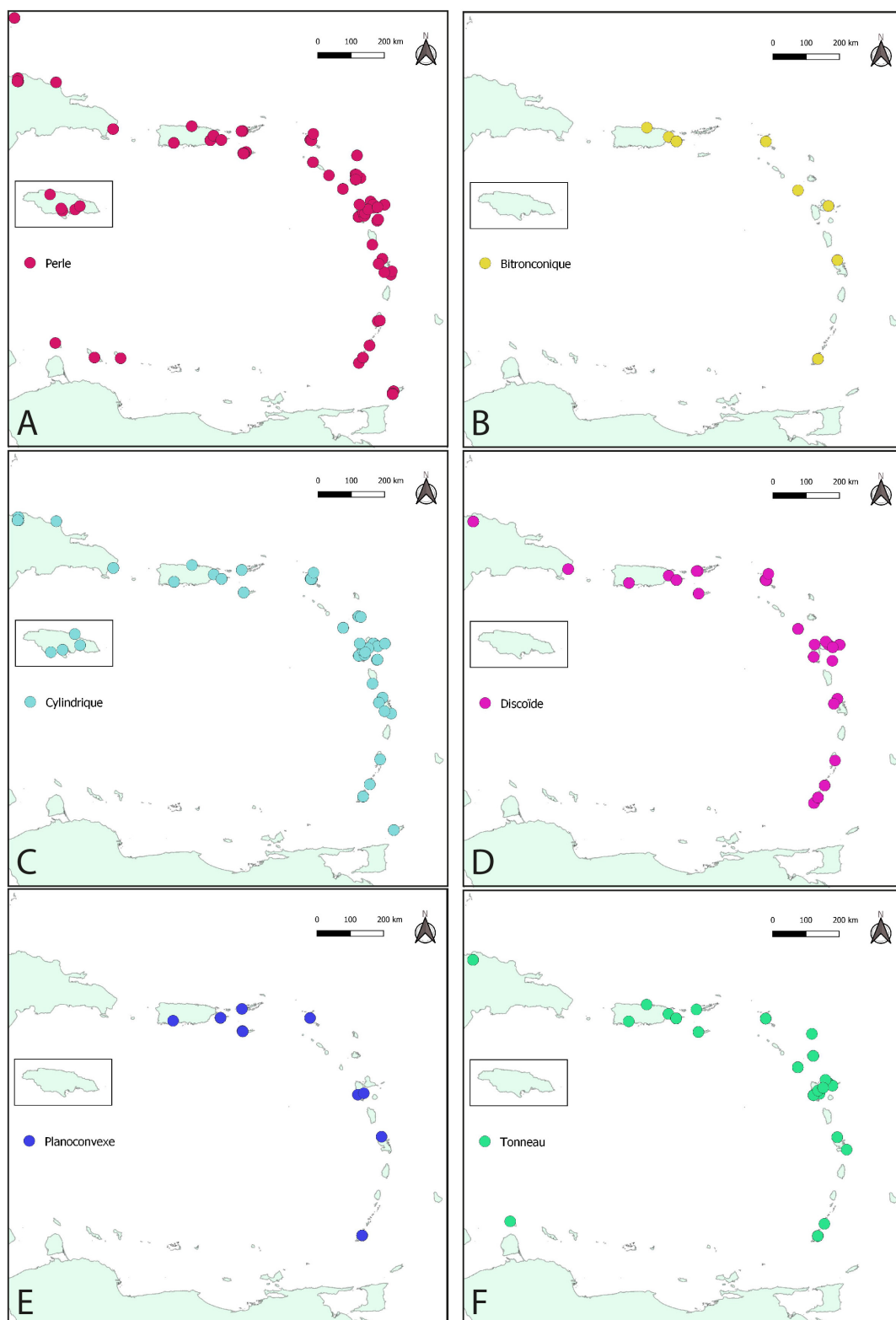


FIGURE 4.39 – Cartes de répartition des perles (A) et des sous-types bitronconique (B), cylindrique (C), discoïde (D), planoconvexe (E) et en tonneau (F).

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

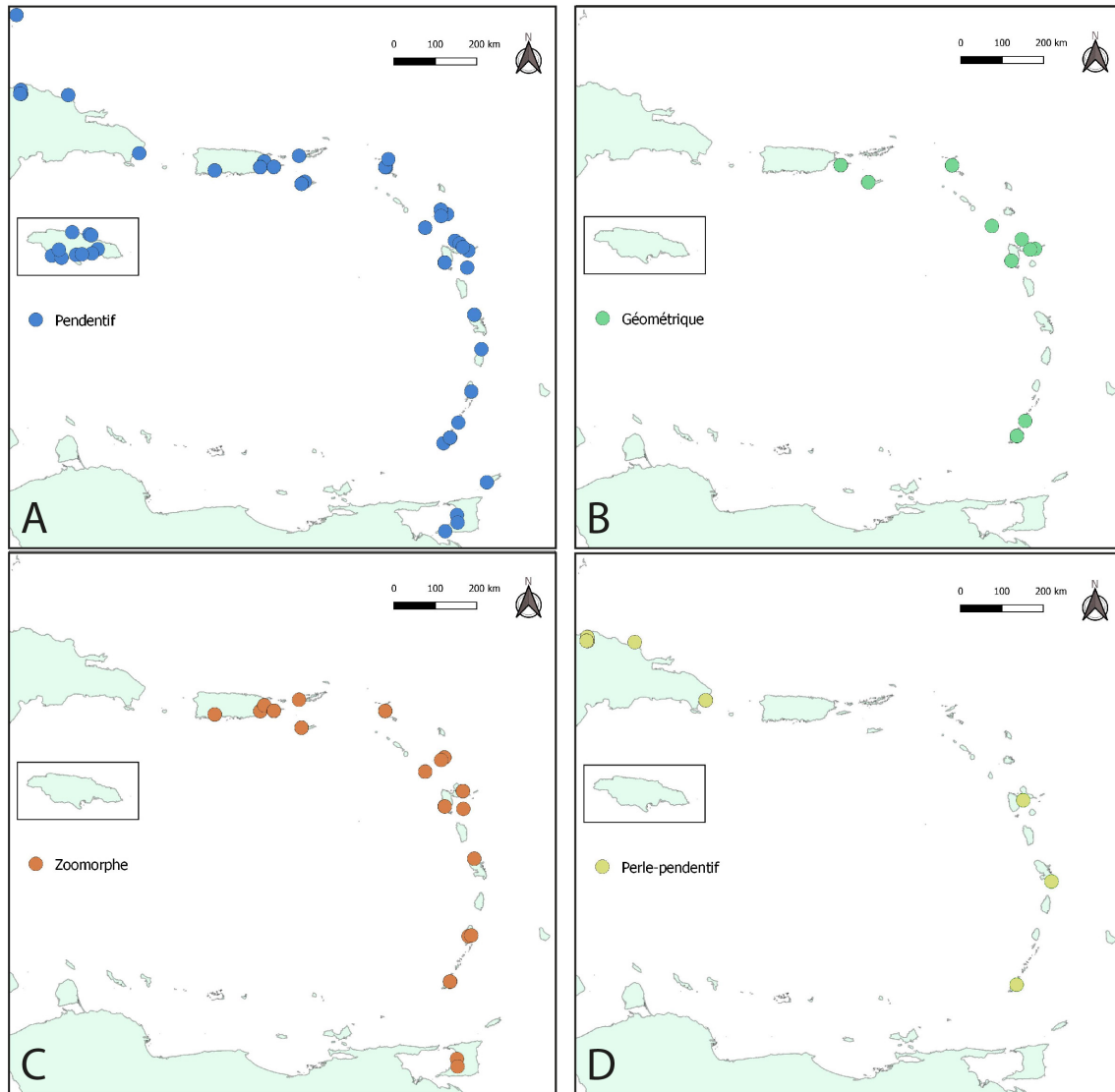


FIGURE 4.40 – Cartes de répartition des pendentifs (A) et des sous-types géométrique (B), zoomorphe (C) et des perle-pendentifs (D).

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

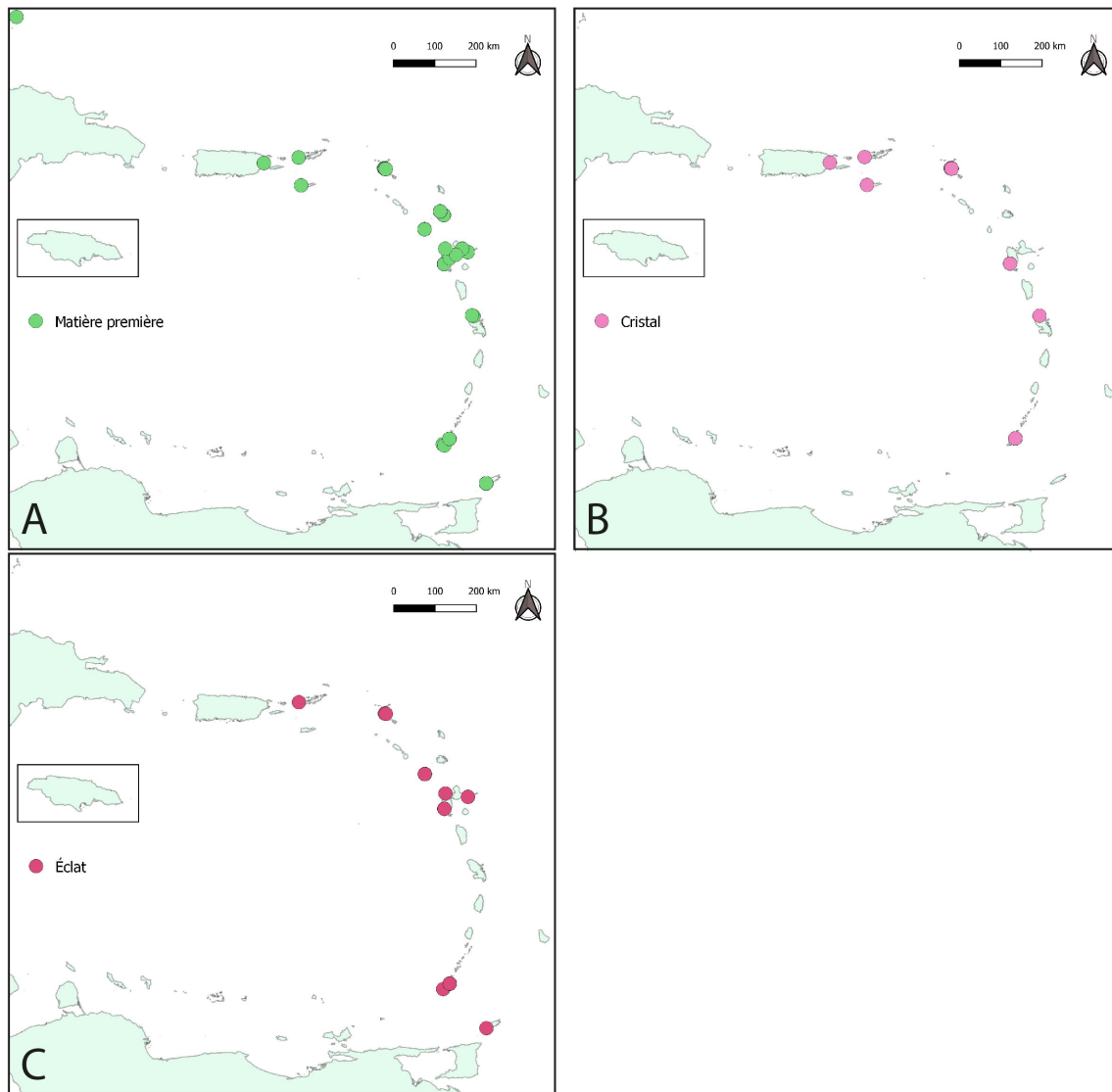


FIGURE 4.41 – Cartes de répartition des fragments de matière première (A) et de certaines des formes sous lesquelles ils sont trouvés, lorsque cela est indiqué : cristal (B) et éclat (C).

Pour les objets de formes plus particulières que sont les pendentifs, je pense qu'il est intéressant d'en représenter un grand nombre, puisque cela n'a jusqu'à présent jamais été fait, en conservant autant que possible leurs positions relatives (Figures 4.42, 4.43 et 4.44). Cela ne permet pas, malheureusement, par souci de lisibilité, de conserver les échelles respectives des éléments de parure, mais ces éléments sont accessibles à l'échelle dans les autres parties de ce travail ou dans la base de données en ligne. Ces figures permettent de visualiser, grâce au travail d'inventaire réalisé, de remarquables ressemblances entre certains objets archéologiques retrouvés sur des îles très éloignées. Au sein des pendentifs zoomorphes en forme de grenouilles, plats ou en ronde-bosse, habituellement attribués au Saladoïde cedrosan, on remarque des similarités de forme exceptionnelles, soulignées par des cadres de même couleur (Figure 4.42). Ces éléments de parure en roche verte particulièrement semblables sont parfois éloignés de plusieurs milliers de kilomètres, on retrouve par exemple des objets très semblables à Grenade et à Porto Rico, aux deux extrémités de l'arc antillais. En ce qui concerne les pendentifs zoomorphes de petite taille, appelés "*segmented frogs*" et traditionnellement attribués à la sous-série Saladoïde huecan puisqu'il en a été retrouvé plus d'un millier dans le site de Sorcé - La Hueca (VI-02), on note également des similitudes frappantes qui s'étalent au-delà des sites purement Saladoïde huecan (Figure 4.43). On retrouve en particulier quelques productions similaires à Pearls (GR-01) (FALCI, KNAF et al., 2020), tout au sud de l'archipel, où le Saladoïde huecan n'est pas habituellement reconnu au niveau de la production céramique bien que BONNISSENT (2013) l'intègre à l'aire de diffusion du Saladoïde huecan en se basant sur les travaux de BULLEN (1964) et BULLEN et BULLEN (1973). Une ré-évaluation plus récente des collections du site confirme que l'attribution Saladoïde huecan à certains niveaux de Pearls n'est pas à considérer (HANNA, 2019, Annexe A.2 et note de bas de page n° 10). Il est également intéressant de mentionner que cette catégorie de pendentifs n'est pas uniquement réalisée en roches vertes, contrairement à la précédente. À Sorcé - La Hueca (VI-02), une grande diversité de matériaux semble être utilisée, bien que l'on ne puisse pas savoir exactement lesquels d'après l'étude publiée, tandis que l'utilisation de calcite pour produire plusieurs de ces objets est observée à Hope Estate (SM-02). On peut enfin noter la ressemblance très forte entre les deux pendentifs en forme de hache, celui de Gare Maritime (GD-01) et celui de Pearls (GR-01) (Figure 4.44).

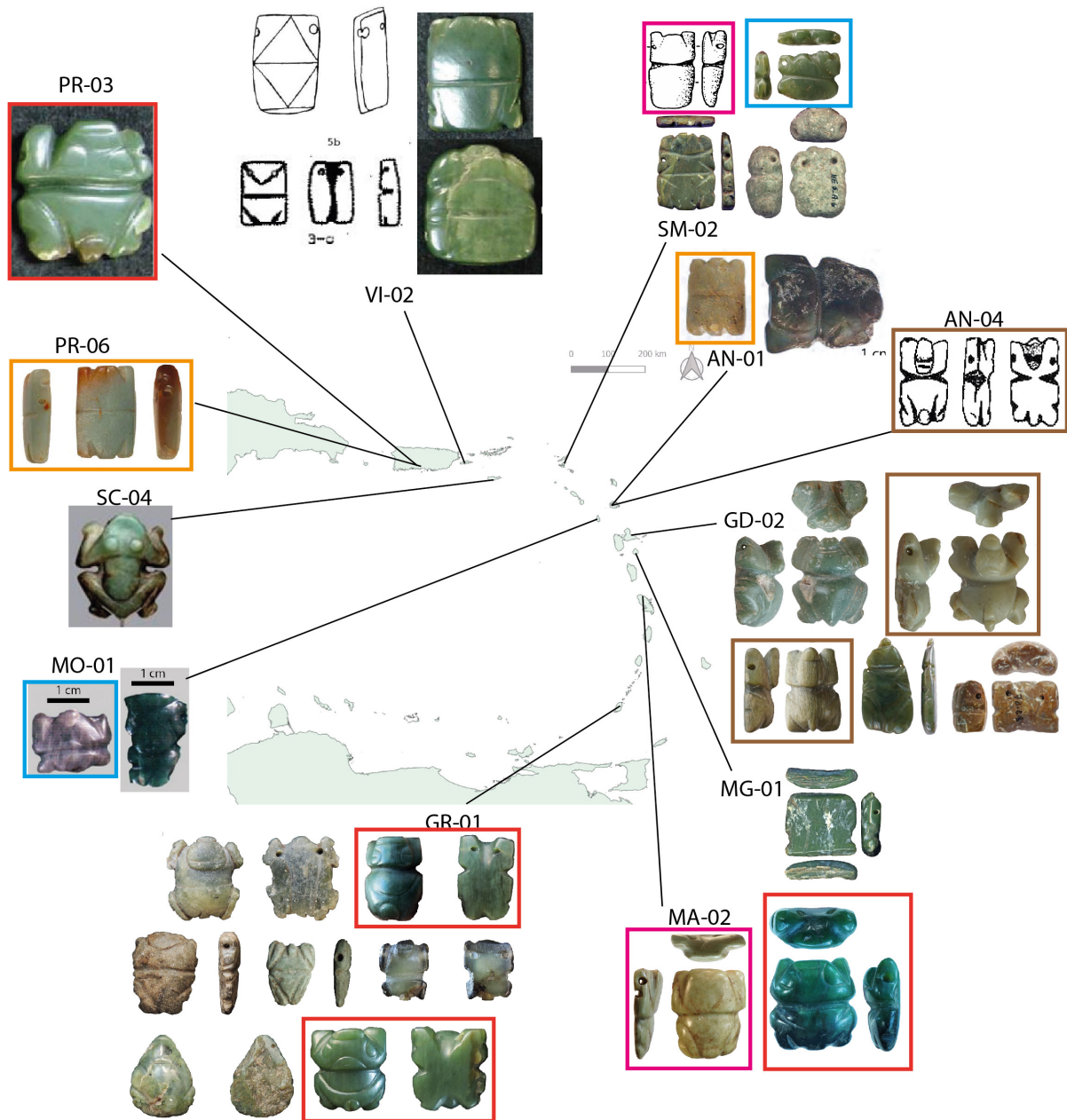


FIGURE 4.42 – Répartition des pendentifs zoomorphes en forme de grenouille attribuée classiquement au Saladoïde cedrosan. Une partie seulement des pendentifs zoomorphes des sites de Porto Rico, Vieques et Pearls sont représentés. Représentations à différentes échelles pour permettre une visualisation des nombreux objets.

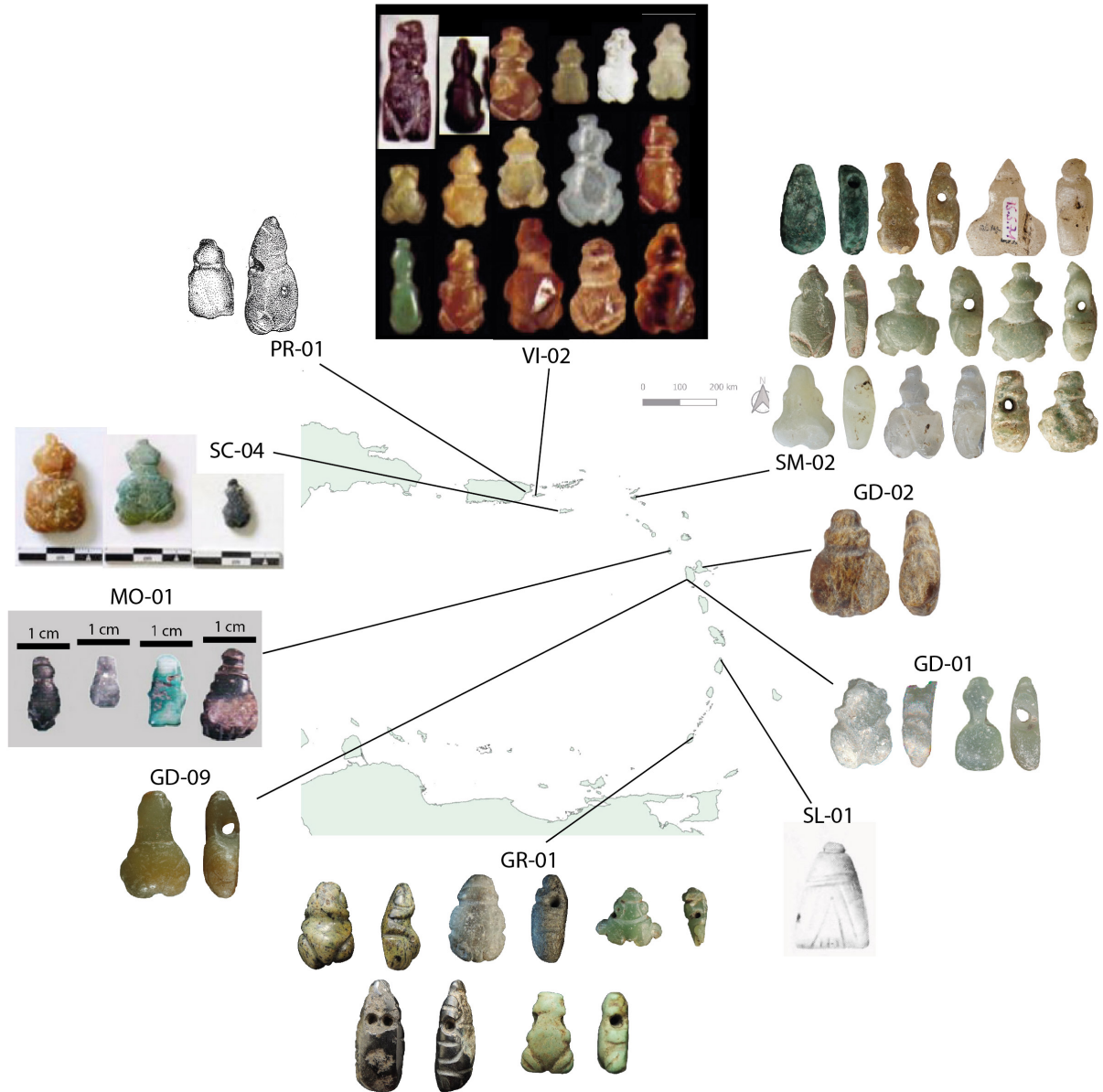


FIGURE 4.43 – Répartition des pendentifs zoomorphes en forme de grenouille "segmentée" attribuée classiquement au Saladoïde huecan. Une partie seulement des pendentifs zoomorphes des sites de Porto Rico, Vieques et Pearls sont représentés. Représentations à différentes échelles pour permettre une visualisation des nombreux objets.

4. Analyse régionale de la production lapidaire à l'âge Céramique

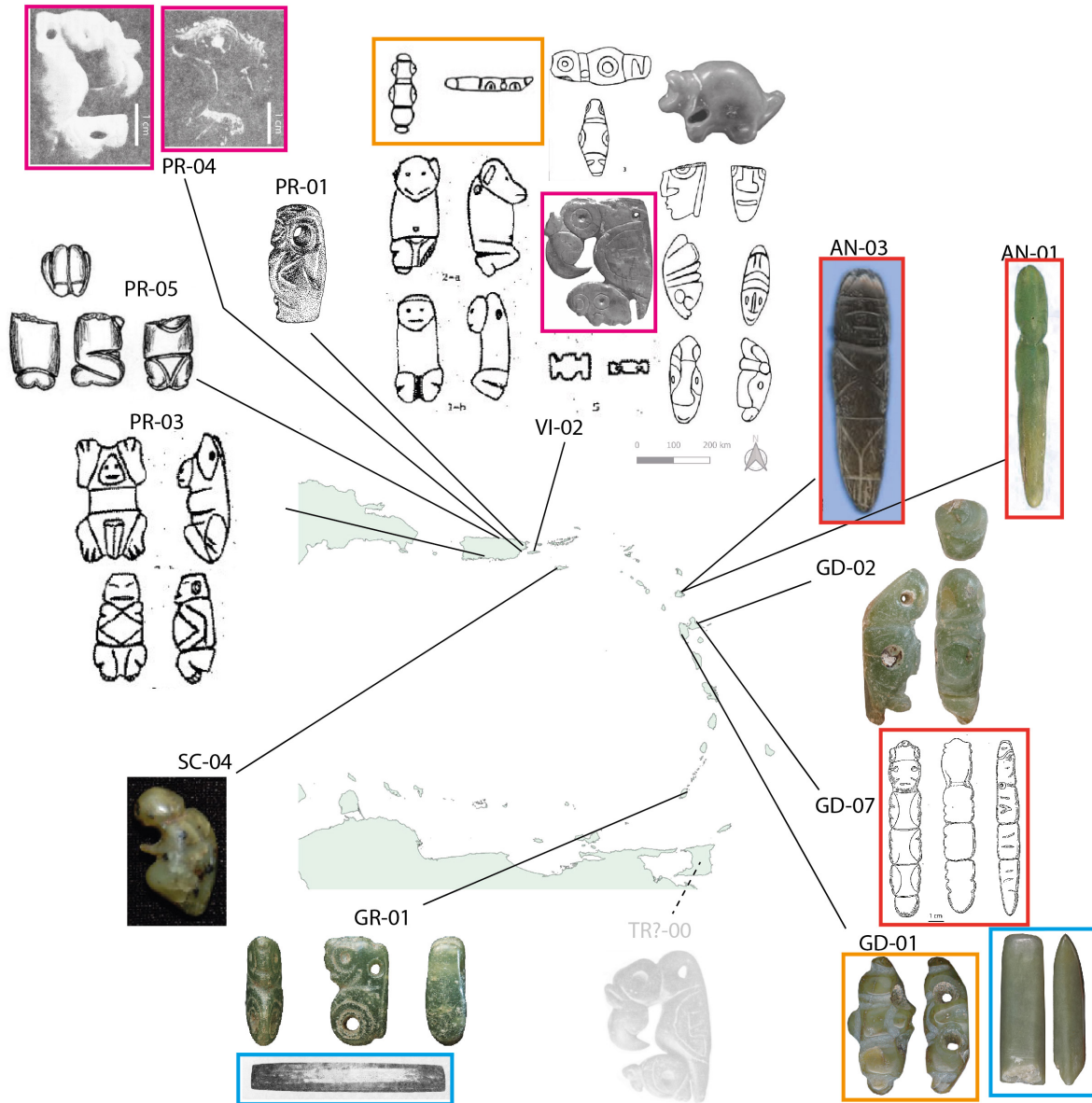


FIGURE 4.44 – Répartition des pendentifs zoomorphes autres que grenouilles, des pendentifs hache-dieu ("axe-god pendants"), et des pendentifs anthropomorphes. Une partie seulement des objets des sites de Porto Rico, Vieques et Pearls est représentée. Le pendentif TR-00 est un *achat* de Fewkes à Trinidad (1922), sa provenance archéologique est donc très douteuse. Représentations à différentes échelles pour permettre une visualisation des nombreux objets.

Chapitre 5

Discussion

5.1 Des productions lapidaires différenciées dans le temps et non dans l'espace

Malgré les nombreuses limites liées au registre archéologique des îles caraïbes, il est possible de montrer grâce à une base de données voulue la plus exhaustive possible, que les productions lapidaires de la période pré-coloniale sont très nettement différentes entre le Céramique ancien et les périodes plus récentes. Qu'il s'agisse des matières premières employées, des types d'objets produits ou même en rentrant encore plus précisément dans les combinaisons de matières premières et de types d'objets, le Céramique ancien se distingue très nettement, tant en termes de diversité que de similarité. Les sites du Céramique ancien sont plus diversifiés, qu'il s'agisse de richesse mais également lorsque la diversité est évaluée plus globalement grâce aux profils de diversités. J'ai également pu montrer que la diversité moindre des sites du Céramique récent et du Céramique final n'est pas uniquement liée à l'effectif plus faible qui les caractérise, mais bel et bien à un choix des habitants des îles Caraïbes durant ces périodes. En ce qui concerne la similarité des collections d'objets lapidaires entre elles, force est de constater que c'est bel et bien la périodisation et non la position géographique qui regroupe les sites. J'ai pu le démontrer de diverses manières, par les analyses de sériations, d'AFC ou encore de réseaux. Au sein des sites du Céramique ancien, ces analyses ont également mis en évidence un sous-groupe composé des sites livrant des céramiques saladoïdes huecanes dans lequel se trouve aussi très généralement le site de Sorcé, pourtant attribué sur la base de ses productions céramiques au Saladoïde cedrosan. Sa proximité géographique extrême avec le site de La Hueca (les deux sites sont collés l'un à l'autre) pourrait expliquer ce phénomène. Ces sites se caractérisent principalement par une utilisation importante de roches vertes et sont similaires entre eux dans une moindre mesure sur le plan typologique, bien que nombre d'entre eux aient livré un nombre conséquent de pendentifs zoomorphes. Cette différenciation, si elle était déjà observée par les archéologues depuis de nombreuses années, se trouve donc ici confirmée

par des analyses robustes, basées sur des données plus complètes que jamais. Au sein de la période voyant se développer des productions céramiques de la série saladoïde, certains auteurs ont noté une distinction forte entre le Saladoïde cedrosan ancien et le Saladoïde cedrosan moyen-récent, ou en tous cas entre les périodes représentées par ces ensembles céramiques que sont le Céramique ancien et le Céramique moyen. Plusieurs auteurs mettent en exergue les différences dans le mode de vie des agro-céramistes entre ces deux périodes, les Amérindiens ayant colonisé une grande partie de l'arc caraïbe élargissant les types d'environnements occupés et les types de céramiques produites, en parallèle d'un accroissement démographique visible par l'augmentation du nombre de sites archéologiques (e.g. BÉRARD, 2019 ; HOFMAN, 2013). Au niveau de la production lapidaire, cette période est malheureusement assez mal représentée, ce qui pourrait indiquer déjà une perte d'importance de cette production à cette période puisque le nombre de sites archéologiques ayant augmenté, on pourrait s'attendre à inventorier également plus d'objets de parure en pierre. Les sites du Céramique moyen qui ont pu intégrer les jeux de données utilisés dans les analyses statistiques, en particulier Elliot's et Royall's, montrent dans la plupart des analyses basées sur les matières premières une position relativement intermédiaire entre les sites du Céramique ancien et les sites plus récents, quand ils sont plutôt similaires aux sites du Céramique ancien en termes de typologie. En ce qui concerne leur diversité, ils sont également en position intermédiaire pour ce qui est des matières premières, mais par contre clairement similaires aux sites récents pour la diversité typologique. Tenant compte de cette perte de diversité déjà enclenchée dès le Céramique moyen, la rupture la plus évidente entre les sites archéologiques de tradition saladoïde et les périodes plus récentes tient surtout aux matières premières utilisées. Les sites du Céramique récent-final peuvent être regroupés entre eux, en opposition aux sites plus anciens, mais il est également possible de distinguer au sein de cette période deux groupes de sites bien distincts. L'utilisation des matériaux dits exotiques s'arrête presque totalement et seuls trois matériaux fournissent alors la très grande majorité des supports de production : la calcite, la diorite et la cornaline. D'un point de vue stylistique, les formes associées aux matériaux verts sont également abandonnées : les pendentifs en général et les pendentifs zoomorphes en roche verte en particulier ne représentent plus qu'une portion très limitée de la parure en pierre. L'évolution culturelle des sociétés du Céramique moyen vers les sociétés du Céramique récent, interprétée comme interne à l'arc caraïbe et non pas en lien avec une nouvelle migration sur la base des vestiges

céramiques (e.g. HOFMAN, 2013 ; KEEGAN & HOFMAN, 2017) et des analyses génomiques (FERNANDES et al., 2020 ; NÄGELE et al., 2020), a semble-t-il également été à l'œuvre concernant les productions lapidaires. Si l'homogénéité du Céramique ancien peut-être mise en avant, pour ces périodes plus récentes, deux types de pratiques sont mises en évidence : ceux qui utilisent une parure principalement en calcite et ceux qui utilisent une parure faite de diorite et de cornaline.

Si l'évolution des productions lapidaires est claire dans la dimension temporelle, force est de constater que, quelle que soit la période envisagée, aucune différence géographique n'est observée. En effet, les liens forts entre sites, tels que visibles par les analyses de réseaux par exemple, montrent bien, une fois replacés sur une carte, qu'ils ne correspondent en rien à des proximités géographiques. Les sites du Céramique récent/final d'Hispaniola par exemple intègrent les deux sous-groupes bien visibles de cette période et se mélangent avec les sites du Céramique récent de Saint-Martin, de Guadeloupe ou de Tobago. Les sites plus anciens, eux-aussi, peuvent être très fortement similaires quelle que soit la distance qui les sépare, et d'un point de vue plus stylistique, on retrouve dans tout l'arc caraïbe des pendentifs zoomorphes très similaires, des perles en tonneau en diorite ou des perles cylindriques en cristal de roche et en améthyste.

5.2 Réflexion concernant les sociétés de la période Céramique

Take a viewing tube, add some colored shapes to a chamber at one end, and hold it up to the light. From a material culture perspective, we might describe the kaleidoscope as a 15-centimeter hollow tube with a clear eyepiece at one end, a larger, translucent lens at the other, six yellow triangles, five blue squares, eight red octagons. . . . But this view does not capture the dynamics of this instrument. Rotate the tube slowly, and you are entertained by a seemingly infinite combination of colors and shapes. The kaleidoscope is a classic example of chaos in action. It has a fixed structure, but as conditions change, even slightly, the result is unique and unpredictable. This is how we view Caribbean archaeology. The precolonial cultures of the Caribbean are not simply a collection of different materials arranged in a particular order. Indigenous Caribbean societies were dynamic combinations of elements that are constantly in motion.

KEEGAN et HOFMAN, 2017, p. 1

La distinction dans les productions lapidaires en fonction des périodes d'occupation de l'arc antillais, déjà mise en évidence par le passé (e.g. CODY, 1990 ; RODRÍGUEZ RAMOS, 2011a), est largement confirmée par mes travaux en combinant de nouveaux résultats et une étude régionale bien plus poussée d'un point de vue gemmologique et statistique. Sur la base de ce renouvellement des connaissances, il est possible de poursuivre la réflexion engagée par plusieurs auteurs quant aux possibilités d'interprétation culturelle que l'on peut en tirer. J'ai résumé en chapitre 1.2 les différents types d'information, les différents champs de l'archéologie, que l'on peut aborder via les études de parure, en particulier les réseaux d'interaction et d'échanges de matières et d'idées, l'identification de groupes sociaux ou ethniques, ainsi que les relations sociales inter-individuelles et le mode de fonctionnement de la société qui les encadre. Qu'en est-il alors pour l'âge Céramique des îles caraïbes ?

5.2.1 Céramique ancien

5.2.1.1 Réseau de distribution

Le point le plus largement abordé par les archéologues de la Caraïbe à travers les productions lapidaires très diverses du Céramique ancien est sans conteste la distribution de ces objets et l'origine des matières premières utilisées pour leur production. Les interprétations sont pour la plupart similaires, indiquant des provenances de tout l'arc des îles Caraïbes ainsi que de la côte septentrionale de l'Amérique du Sud (CODY, 1993; HOFMAN et al., 2007; RODRIGUEZ, 1993, e.g.). Toutefois nous avons vu (Chapitre 3) qu'il est extrêmement difficile, toujours aujourd'hui, d'établir la provenance précise des matériaux utilisés pour la production de perles et de pendentifs en pierre par les artisans du Céramique ancien. Mes travaux en cours sur la turquoise et la diorite porteront leurs fruits, je l'espère, dans les années à venir, tandis que la cornaline pourrait également être une possibilité, au vu de travaux récents dans d'autres parties du monde. J'ai également pu émettre des hypothèses quant à l'origine de la sudoïte, mais cela, comme pour les autres matériaux et pour l'ensemble des travaux qui traitent de cette question, reste à l'état d'hypothèse difficilement vérifiable. Le tableau 3.3 résume les différentes propositions des archéologues de la région quant à la provenance des différents matériaux les plus répandus. Quelques travaux citent principalement de la littérature géologique ancienne ou des communications personnelles de géologues (CODY, 1993; MURPHY, 1999; RODRIGUEZ, 1993), tandis que la plupart des travaux plus récents ne font que répéter ces attributions hypothétiques. Ces deux catégories de travaux, finalement, n'apportent que très peu d'éléments concrets et je n'estime pas pour l'instant possible d'aller plus loin de façon raisonnable, malheureusement. WATTERS (1997a) l'écrivait déjà, et je crois que cela n'a pas vraiment changé depuis : "*Archaeologists tend to favour lowland South American sources because of undoubted linguistic and artifactual evidence linking the Caribbean's early Ceramic Age colonizers with that region, but empirical evidence of such sources is largely lacking*".

Ce qui a pu être mis en évidence de façon robuste dans le Chapitre 4, par contre, est la remarquable homogénéité des matériaux employés et de la typologie des objets, au Céramique ancien. Un sous-groupe, formé des sites Saladoïde huecan et de Sorcé (attribué officiellement au Saladoïde cedrosan), se distingue tout de même, en termes de matériaux par une utilisation très prononcée des roches vertes et en particulier la

serpentine, et, en ce qui concerne la typologie, par une production particulièrement importante de pendentifs incluant des grenouilles dites "segmentées". Cette homogénéité implique bien entendu des contacts réguliers entre les groupes humains habitant à cette période dans l'arc antillais, tandis que la provenance d'une partie au moins des matériaux implique des contacts directs, ou indirects, avec les habitants du continent américain. Je l'ai déjà exposé précédemment (Sous-section 1.2), la parure possède pour de très nombreuses sociétés humaines une forte charge symbolique permettant d'affirmer le statut social des individus. Conserver une homogénéité pour cette parure relève alors du besoin de pouvoir continuer à comprendre ces codes, sur une grande échelle géographique comme l'arc antillais. Cette fonction de la parure, très difficile à aborder archéologiquement à moins d'associations directes entre squelettes et éléments de parure, n'a été que très peu discutée dans la littérature, probablement du fait, justement, de la distribution de ces objets principalement dans les dépotoirs, sans association avec leur porteur/porteuse. Seul BOOMERT (2001) émet l'hypothèse que l'utilisation de ces parures était codée selon le genre, parallèlement à la classification genrée des animaux dans la cosmogonie de leurs porteur/porteuses. Dans cette vision cosmogénique, issue des connaissances sur les habitants des Antilles et de l'Amazonie au moment du contact, les grenouilles, chenilles, lamantins et tortues seraient des attributs féminins, tandis que jaguars, chiens, requins et vautours seraient masculins. Il n'est probablement pas possible de transférer directement ces connaissances sur les habitants de l'Amazonie au XVI^e siècle aux populations du Céramique ancien mais l'on peut imaginer en effet des codes de parure différents selon les sexes, les étapes de la vie, les statuts sociaux, qui pourraient demander à conserver une homogénéité régionale afin de rester compréhensibles à grande échelle. Cette forte homogénéité, également mise en évidence pour les productions céramiques, est interprétée par plusieurs auteurs comme une caractéristique des groupes pionniers, par comparaison avec les premiers habitants des îles du Pacifique, en termes de matière première lithique comme l'obsidienne ou de styles de céramiques (EARLE & SPRIGGS, 2015 ; KIRCH, 2017 ; SHAW et al., 2022 ; SPRIGGS, 2020, e.g.). Les échanges importants que l'on peut imaginer à partir de la répartition très large de cette tradition matérielle des plus symboliques que représente une telle production lapidaire auraient alors tout à voir avec le maintien de connexions fortes entre des groupes isolés afin de minimiser les risques dans un environnement nouveau et pouvant subir des aléas naturels climatiques et géologiques importants tels que cyclones, sécheresses, éruptions

volcaniques, tsunamis ou épidémies, mais aussi les aléas sociaux tels que des conflits. Le sentiment d'appartenance à un même groupe social étendu, dans des conditions difficiles voire dangereuses de colonisation de nouveaux espaces, serait alors un avantage afin de multiplier les possibilités d'entre-aide en cas de problème (KEEGAN & HOFMAN, 2017).

Je terminerai par mettre en évidence un point me posant encore largement question concernant les liens entre les îles Caraïbes et le continent sud-américain en ce qui concerne la production de parure lapidaire. En effet, qu'il s'agisse, pour ces éléments de l'ornementation personnelle, de la provenance des matériaux, des styles et de la volonté que cela impliquerait de maintenir un lien avec les habitants du continent, le consensus est solide dans la communauté des archéologues de la Caraïbe. Pourtant, si le lien entre les productions céramiques est attesté depuis les années 1950¹ (e.g. BÉRARD, 2013; CRUXENT & ROUSE, 1958; ROSTAIN, 2008; ROUSE & CRUXENT, 1963) et qu'il a été confirmé récemment par les études génétiques (FERNANDES et al., 2020; NÄGELE et al., 2020), les productions de parure lapidaire ne montrent pas de lien aussi évident, c'est le moins que l'on puisse dire.

Quand on cherche dans la littérature généraliste sur l'archéologie du nord de l'Amérique du Sud et du Bassin de l'Orénoque en particulier, les mentions de parure lapidaire sont rares et certains articles ou chapitres d'ouvrages généralistes ne les mentionnent même pas (ARROYO KALIN et al., 2019; GASSÓN, 2002; NAVARRETE, 2008; VERSTEEG, 2008), laissant à penser qu'il ne s'agit pas d'un élément majeur de la culture matérielle des habitants de cette région à l'âge Céramique, au contraire du Céramique ancien dans les Antilles où tous les écrits généralistes les mentionnent. Les seuls écrits qui évoquent réellement la production lapidaire concernent en majorité des pendentifs : les muiraquitas et les pendentifs en plaques ailées ("*placas aladas*" en espagnol) ou en forme de chauve-souris ("*bat-wing pendants*" en anglais). Les muiraquitas sur le continent sont toutefois plus tardives que dans les occupations Saladoïde cedrosan ou huecan des îles Caraïbes, puisqu'elles sont retrouvées en contexte Kwatta, Konduri ou Santarem, groupes intégrés à la série Arauquinoïde (env. 650 - 1250/1500 AD) (BOOMERT, 1987; ROSTAIN, 2008) et leur usage a perduré jusque dans les périodes coloniales (voir BOOMERT, 1987, p. 36-40 pour de nombreux exemples). Les productions de perles et de pendentifs de

1. L'origine des spécificités des productions céramiques huecanes pose toutefois toujours question, surtout si leur arrivée dans les Antilles est considérée comme plus précoce que le Saladoïde cedrosan (BONNISSENT, 2013)

la région de Santarém ou de Guyana sont en effet extrêmement similaires à celles du Céramique ancien des îles Caraïbes (BARATA, 1954 ; ROTH, 1944) mais elles sont bel et bien postérieures. La distribution des plaques ailées et de leurs ateliers de fabrication est bien différente : elles sont retrouvées depuis le Costa Rica jusqu'au Vénézuéla, en passant par le Panama et la Colombie et sont principalement retrouvées dans les premiers siècles de notre ère (ACEVEDO GÓMEZ et al., 2018 ; FALCI et al., 2017 ; GASSÓN, 2002 ; WAGNER & SCHUBERT, 1972). Quelques exemples ont été retrouvés dans des contextes plus anciens, dans les premiers siècles avant notre ère, au Costa Rica et en Colombie (ACEVEDO GÓMEZ et al., 2018). Les perles en pierre mentionnées sont rares et également plus tardives (LOZADA MENDIETA et al., 2016 ; SPENCER & REDMOND, 1992), ou carrément absentes des textes (ARROYO KALIN et al., 2019 ; GASSÓN, 2002 ; VERSTEEG, 2008). Lorsque l'on regarde précisément les éléments retrouvés dans des contextes saladoïdes sur le continent, on peut retrouver, bien que difficilement, de petites productions de parure lapidaire. Par exemple sur le site de Corozal (ROOSEVELT, 1980) même s'ils proviennent principalement des niveaux non-saladoïdes, ou dans le site de Saladero où sont mentionnées des perles cylindriques en pierre : "*En Saladero, por ejemplo, solo encontramos restos de topi, lascas calcedonia, cuentas cilíndricas de piedra y un punzon de hueso. No existen objetos ceremoniales.*" (ROUSE & CRUXENT, 1963, p. 153). Après requête auprès du Peabody Museum de l'Université de Yale (R. Colten, comm. pers. 2022), il semble que leurs collections issues de sites saladoïdes majeurs tels que Ronquín ou Saladero soient très pauvres dans ce registre. Le site de Ronquín n'a en effet livré aucune perle en pierre, tandis que l'intégralité des perles en pierre de leur collection de Saladero se résume à cinq perles, issues des fouilles Rouse-Cruxent de 1950, réalisées pour quatre d'entre-elles dans un matériau noir et blanc ressemblant à la diorite utilisée dans les Antilles, la cinquième, la plus grande, semblant être en roche volcanique (Figure 5.1). Ces objets sont très rares et aucune preuve pour le moment n'atteste d'une grande diversité de production tant en termes de matières premières que de formes. Une recherche bibliographique plus approfondie concernant ces sites fouillés, étudiés et publiés anciennement, et donc difficilement réalisable en ligne, demanderait un effort conséquent pour retrouver peut-être quelques images de productions lapidaires, mais cela est hors de propos pour ce travail.

Il est donc clair que la production de perles et de pendentifs en pierre par les groupes fabricants de la céramique de type Saladoïde n'avait rien à voir dans les sites



FIGURE 5.1 – Photographies des cinq perles en pierre issues du site de Saladero inventoriées au Peabody Museum (photo aimablement fournies par le Peabody Museum, mise en page A. Queffelec)

continentaux avec celle des sites de l'archipel antillais, que ce soit en termes de typologie, de disponibilité de matière première ou même simplement en quantité dans les sites. Si l'on devait se baser uniquement sur la production lapidaire, c'est bien la région isthmo-colombienne qu'il faudrait considérer et les traditions Nahuange (Colombie), *Middle Zoned Bichrome*, La Montana ou El Bosque (Costa Rica), en se basant sur plusieurs arguments qui opposent complètement cette région avec la région de diffusion des séries Saladoïdes dans le bas Orénoque :

1. présence de productions lapidaires débutant dans cette région de façon contemporaine avec les premiers sites du Céramique ancien antillais (J. JONES, 1998 ; KUBOYAMA, 2022 ; RODRÍGUEZ RAMOS, 2013),
2. production comportant des proximités stylistiques en ce qui concerne les pendentifs, tels que vautours/condors (peu importe d'après GIOVAS, 2019b), chauves-souris, grenouilles pour le Saladoïde huecan par exemple (CODY, 1993 ; NARGANES STORDE, 1999 ; RODRÍGUEZ RAMOS, 2011a, 2011b, et Figure 5.2),
3. proximités d'utilisation de matières premières : améthyste, serpentine, agate, calcédoine, cristal de roche, paragonite, néphrite (GUERRERO, 1998 ; HERNÁNDEZ-MURILLO et al., 2021 ; RODRÍGUEZ RAMOS, 2011b),
4. présence de néphrite en Colombie (ACEVEDO GÓMEZ et al., 2018) et possible présence de sudoïte dans les ophiolites présentes dans la région (QUEFFELEC, BELLOT-GURLET et al., 2021).

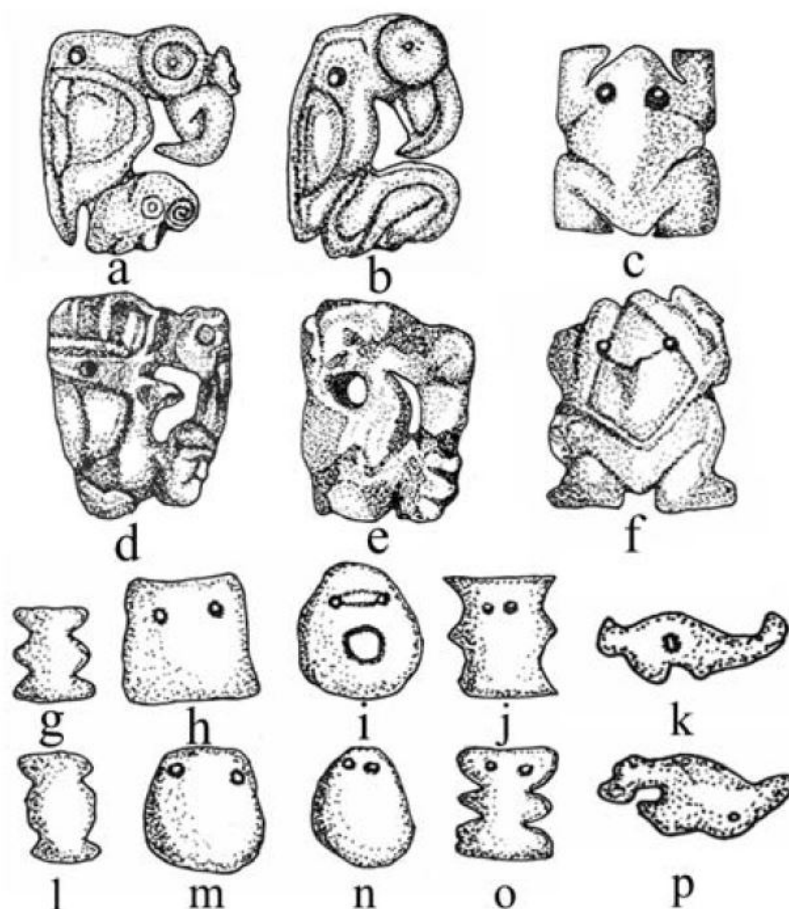


FIGURE 5.2 – Traduction de la légende originale : "Comparaison d'objets de parure entre les Antilles et la région isthmo-colombienne : oiseaux à grand bec de La Hueca (a-b) (modifié d'après Chanlatte-Baik et Narganes Storde 1983) et du bassin versant atlantique du Costa Rica (d-e) (modifié d'après Balsler 1961) ; pendentifs zoomorphes huecoïdes en forme de grenouille de La Hueca (f) (modifié d'après Chanlatte-Baik et Narganes Storde 1983) et de Cerro Juan Diaz, au Panama (modifié d'après une image de Richard Cooke) ; emblème à la queue courbée de Cerro Juan Diaz (k) (modifié d'après une image de Richard Cooke) et de Sorcé (p) (modifié d'après une image du Centro de investigaciones arqueológicas de la universidad de Puerto Rico) ; et des objets géométriques de Cerro Juan Diaz (g-j) (modifié d'après une image de Richard Cooke) et de La Hueca (l-o) (modifié d'après Chanlatte-Baik et Narganes Storde 1983). Dessins d'Omar Ortiz." (d'après RODRÍGUEZ RAMOS, 2011b)

A cela s'ajoutent d'autres considérations, concernant d'autres registres de la culture matérielle. La jadéite utilisée pour la production de haches proviendrait également

en partie du Guatemala d'après les analyses récentes (KNAF et al., 2021), hypothèse déjà émise par RODRÍGUEZ RAMOS (2011a), tout en restant prudent, en se basant sur l'absence de traces d'occupation aussi anciennes que le début du Céramique ancien sur les îles d'Hispaniola et Cuba, les deux autres sources potentielles de jadéite, alors que des haches en jadéites, elles, sont retrouvées dans ces contextes. Pour appuyer cette hypothèse, RODRÍGUEZ RAMOS (2011a) intègre aussi la typologie des haches, dont les formes plano-convexes retrouvées à Porto Rico seraient très proches de celles du Costa Rica, la présence de *guanin* (un seul fragment a été retrouvé dans le site de Maisabel), d'éléments en nacre, ainsi que d'autres éléments comme le mode de vie côtier, certaines introductions de plantes, les sépultures de chiens, etc. Dans ce modèle interprétatif, minoritaire dans la communauté des archéologues de la Caraïbe, la série céramique Huecoïde est alors mise en avant, au contraire d'une sous-série Saladoïde huecan, avec également des arguments de proximité à des séries de la région isthmo-colombienne tant sur le plan des formes de céramiques que des décors (RODRÍGUEZ RAMOS, 2013).

Puisqu'il semble plus que difficile de remettre en question par le prisme des objets de parure en pierre les solides connaissances acquises dans le domaine de la céramique et de la génétique, des hypothèses spécifiques sont probablement à imaginer pour cette partie bien spécifique de la culture matérielle, déjà très développée dès les premières occupations de l'âge Céramique dans les Antilles. L'une de ces hypothèses pourrait impliquer les liens déjà existants des habitants des Antilles de l'âge Archaique avec les habitants de la région isthmo-colombienne, ayant permis aux nouveaux arrivants porteurs de céramiques saladoïdes de se créer un nouveau moyen de reconnaissance, pour renforcer leurs liens durant cette période risquée de colonisation de l'archipel. La production d'éléments de parure lapidaire commence en effet, au Costa-Rica, avec le *Early Chiefdom Society* autour de 300 B.C. (KUBOYAMA, 2022), donc de façon globalement contemporaine avec les sites saladoïdes huecan les plus anciens. Ces nouveaux contacts établis avec les habitants de la région de l'actuel Costa Rica, auraient alors pu influencer également les productions céramiques d'une partie des nouveaux arrivants, amenant à une distinction identifiée aujourd'hui comme le Saladoïde huecan ou le Huecoïde, selon les chercheurs. D'autres groupes en provenance du continent auraient pu, en parallèle, intégrer cette nouvelle production d'objets de parure en pierre, tout en conservant leur tradition céramique dans ce que l'on appelle aujourd'hui le Saladoïde cedrosan.

5.2.1.2 Interprétations sociopolitiques

Le second domaine de réflexion archéologique dans lequel les objets de parure en pierre ont été intégrés dans la littérature de la période Céramique dans les Antilles est celui du type de société dans lequel vivaient les Amérindiens, comme déjà expliqué en sous-section 1.3.3. Les deux faits sur lesquels s'appuient ces réflexions sont l'existence même de ces objets, dont beaucoup sont réalisés dans des matériaux exotiques et sont difficiles à fabriquer, et leur présence uniquement dans les dépotoirs.

Le travail mené durant cette thèse, s'il ne remet pas en question la vue générale de ces deux faits, permet cependant de les discuter. La présence de matériaux rares, exotiques, de provenance lointaine, en quantité importante, comme spécificité du Céramique ancien, est tout à fait confirmée par les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse. Il s'agit parfois de matériaux même inconnus comme matériau gemme telle la sudoïte (Section 3.3), et lorsqu'ils sont connus, il est parfois très difficile d'en assurer la provenance, mais la majorité d'entre eux ne peuvent provenir, dans l'état actuel des connaissances, des Petites Antilles (Section 3.2). En ce qui concerne la complexité de la fabrication, il est vrai que certains éléments de parure sont particulièrement travaillés, du point de vue de la forme, du polissage, de la représentation zoomorphe, ce qui était difficile à envisager pour nombre d'entre eux au vu de la documentation photographique existant avant les travaux les plus récents (FALCI, KNAF et al., 2020; MURPHY et al., 2000; QUEFFELEC, FOUÉRÉ, BELLOT-GURLET & BÉRARD, 2020; QUEFFELEC et al., 2018). Il a toutefois été possible de s'essayer à un peu d'archéologie expérimentale et nous avons pu mettre en évidence qu'il était moins long et compliqué que prévu, finalement, de perforer des perles en quartz, même si cela requiert un investissement certain (Annexe A). Concernant la présence des éléments de parure uniquement dans les dépotoirs, tout d'abord, force est de constater qu'un travail d'inventaire conséquent a permis d'identifier plusieurs sépultures du Céramique ancien ayant livré des perles et des pendentifs en pierre. Il s'agit du site de Vivé (MATTIONI, 1976, 1979, fig. 20), dont certaines perles étaient situées dans la sépulture D, plus précisément cinq perles en améthyste au niveau des jambes (MA-02-001 à -005, fig. 13 Section 2.3), et six autres perles au niveau de la mandibule (MA-02-006 à -011, fig. 11-13 Section 2.3). Il s'agit aussi de l'impressionnant collier de Morel (DURAND & PETITJEAN ROGET, 1991), formé de trois pendentifs zoomorphes verts, trois tonneaux en améthyste et de douze perles cylindriques en cristal de roche

(GD-02-001 à -018, fig. 3-5 Section 2.3). L'autre découverte majeure de production lapidaire dans une sépulture est celle de Golden Rock, à St. Eustache (VERSTEEG & SCHINKEL, 1992), comportant pas moins de 81 perles en cristal de roche ! Enfin, les sites de Maisabel et d'Hacienda Grande, à Porto Rico, ont également livré de rares perles dans des sépultures (ROUSE & ALEGRÍA, 1990 ; SIEGEL, 1992).

Une fois ces faits établis, les interprétations sociétales basées au moins pour partie sur la production lapidaire du Céramique ancien peuvent être discutées. D'une part, les groupes humains du Céramique ancien sont perçus comme égalitaires. Dans un tel modèle, l'importance de l'artisanat lapidaire est interprétée, comme nous l'avons vu plus haut, comme un moyen de conserver un lien fort entre groupes et avec le continent, afin de réduire le risque dû à l'établissement d'occupations pionnières dans un nouvel environnement. Ce modèle accepte toutefois assez mal l'existence, certes limitée, d'individus inhumés avec des parures en pierre parfois très conséquentes. Certains auteurs, d'autre part, interprètent la richesse du matériel retrouvé dans les dépotoirs, dont les productions lapidaires mais pas seulement, comme les vestiges de cérémonies majeures conduisant à la destruction d'objets symboliques, afin d'asseoir la position de personnages concentrant un pouvoir, soit-il militaire ou religieux (BOOMERT, 2001 ; SIEGEL, 2010). Ce second modèle serait donc caractérisé par la présence de chefs de guerre ou de shamans, ayant un pouvoir temporaire et non héréditaire, et peut être nommé "*big men collectivities*" (terme fortement associé aux sociétés du Pacifique) ou de façon plus adéquate pour le monde américain : "*chieftaincy*" (REDMOND, 1998). Il s'agit d'un modèle de société intermédiaire entre les sociétés égalitaires et les sociétés encore plus hiérarchisées, appelées "*chiefdoms*", qui, lui, est appliqué aux groupes du Céramique final, surtout dans les Grandes Antilles, et aussi au Céramique récent pour certains archéologues (CROCK & CARDER, 2011).

Le désir d'interpréter des phénomènes sociétaux complexes à partir d'un domaine particulier de la production matérielle d'un groupe humain me semble toujours bien illusoire. Je plaiderais toutefois plutôt en faveur d'une société moins égalitaire qu'il n'a pu y paraître dans les premiers temps de l'archéologie caribéenne et pencherais plutôt vers les "*chieftaincy*", et ce pour plusieurs raisons. Dès les sites saladoïdes les plus anciens, il existe déjà des sites incroyablement riches, tels que ceux de Porto Rico, qui ne me semblent pas intégrer correctement un modèle de société égalitaire. On peut également remarquer la présence de quelques sépultures particulièrement riches. Les arguments

concernant les cérémonies rituelles, pouvant expliquer la présence des parures en très grande majorité dans les dépotoirs, me semblent solides, d'autant qu'ils ont le grand mérite d'intégrer en plus des productions lapidaires de nombreux autres éléments de la production matérielle de grande qualité et que l'on retrouve aussi parmi les déchets ménagers. Cette interprétation, en outre, ne nécessite nullement d'écarter la composante inter-connexion et liens avec le continent pour des peuples pionniers, et permet donc d'englober tous les éléments dans un même modèle. Les *chieftaincy* seraient alors déjà en place dès le Céramique ancien et pas seulement au Céramique moyen, indiquant une société déjà hiérarchisée, en route vers les *chiefdoms* du Céramique récent/final.

Partant de cette hypothèse que les sociétés du Céramique ancien n'étaient pas tribales mais hiérarchisées, au moins de façon temporaire, et que la parure, comme partout ailleurs dans le monde, sert de marqueur ethno-linguistique, il serait alors envisageable de proposer que le *melting-pot* du Saladoïde huecan et du Saladoïde cedrosan (BONNISSENT, 2013), si difficile à détricoter, soit le résultat d'alternances de *chieftaincy*, au cours du temps, des différents villages, dans une région disposant de deux traditions culturelles fondamentalement proches l'une de l'autre mais cultivant certaines différences, visibles aujourd'hui dans le registre archéologique via leurs productions céramiques et lapidaires.

5.2.2 Une transition au Céramique moyen

Le nombre de sites ayant livré des objets de parure en pierre pour la période du Céramique moyen est malheureusement très limité. Il est tout de même possible de les placer comme relativement intermédiaires entre le Céramique ancien et le Céramique récent, comme le sont d'autres parties du registre archéologique. On retrouve en effet des productions lapidaires déjà moins diversifiées en termes de types et de matières premières, une diminution des matériaux exotiques et une ré-orientation vers des matériaux existant localement, ainsi qu'une quasi disparition des pendentifs zoomorphes. Ces sites restent quand même plus proches d'une tradition Céramique ancien que du Céramique récent. En ce qui concerne la quantité de sites et de parures en pierre, par contre, et à moins d'un biais lié aux fouilles archéologiques et à l'identification des sites comme Céramique moyen, c'est un profil plus proche du Céramique récent qui se présente : peu de sites présentant des collections de petite taille. Le Céramique moyen étant interprété comme déjà une appropriation de l'espace des îles Caraïbes de façon bien plus intégrée que les peuplements pionniers du Céramique ancien, l'interprétation selon laquelle la tradition lapidaire forte du Céramique ancien serait liée à un sentiment fort d'appartenance à un groupe en provenance du continent en est renforcée.

5.2.3 Changement de support symbolique au Céramique récent-final

Si la diversité et l'homogénéité des productions du Céramique ancien vont de pair avec des caractéristiques similaires pour la production céramique, il n'en va pas de même pour les périodes plus récentes. En effet, on ne remarque pas dans le registre des ornements personnels en pierre de régionalisation, souvent mise en évidence dans les productions céramiques (BÉRARD, 2019 ; HOFMAN, 2013 ; KEEGAN & HOFMAN, 2017). Il est cependant nécessaire de prendre du recul sur ce que peut apporter à cette question l'étude des productions lapidaires, au vu du nombre restreint de sites archéologiques du Céramique récent et final ayant livré de tels objets. Pour cette période, les sites sont nombreux et la parure lapidaire, peu diversifiée et rare, pourrait tout à fait n'être qu'un épiphénomène, surtout lorsqu'on la rapporte aux siècles que représente cette période. De nombreux exemples sont connus d'ethnies partageant seulement pour partie une culture matérielle commune, certains domaines de celle-ci étant plus restreints géographiquement que d'autres, et la limite entre des groupes humains n'est pas toujours identifiable en archéologie (S. JONES, 2003, p. 114-115). Je n'essaierai donc pas d'aller

trop loin dans l'interprétation à partir des trop rares éléments disponibles. C'est sans doute plus la comparaison avec les périodes précédentes, très riches, qui peut être analysée, plutôt que la place active de cette partie de la culture matérielle dans la(les) société(s) post-Saladoïde(s). À ce niveau, l'élément le plus marquant est clairement la perte d'importance de ces parures, déjà enclenchée au Céramique moyen, et qui peut être interprétée comme une perte de lien avec le continent, probable fournisseur d'une partie des matériaux exotiques largement distribués au Céramique ancien. Une analyse similaire est réalisée pour le Pacifique (EARLE & SPRIGGS, 2015), où des populations pionnières comme les Lapitas, dont la population aurait grandi et serait devenue auto-suffisante, aurait rompu les liens avec leurs terres d'origine. Il est également possible qu'une partie de la charge symbolique de ces parures ait été transférée dans une autre partie de la culture matérielle comme la parure en coquille, sous forme de parure en matériaux périssables, d'art rupestre ou encore d'art mobilier comme les *zemis*, qui se développent à cette période (KNIPPENBERG, 2007).

En termes d'analyse du fonctionnement de la société, il est important de noter que l'évolution de sociétés égalitaires ou ayant atteint un niveau de complexité de "*chieftancy*", vers des sociétés plus hiérarchisées de "*chiefdom*" est difficile à coller à cette partie du registre archéologique, bien que ces travaux se basent en partie sur l'étude des échanges au sein de la société. Les groupes du Céramique récent seraient ainsi plus complexes, possèderaient une élite, une hiérarchie entre les sites d'habitats, qui ne se retrouve pas du tout dans la parure lapidaire. Les productions diversifiées et faites de matériaux exotiques du Céramique ancien, qui auraient très largement pu jouer le rôle d'objets prestigieux dans un tel cadre sociétal, ont tout simplement disparu pour ces périodes. Il est fort probable que la parure lapidaire ait perdu une grande partie de sa valeur en tant qu'objet d'échange et c'est sur d'autres registres archéologiques qu'il est nécessaire de s'appuyer pour étudier cela comme l'ont fait des chercheurs avant moi (e.g. CROCK & CARDER, 2011 ; CROCK, 2000 ; CURET, 2005 ; KNIPPENBERG, 2007). Il est également possible que le changement dans la production de parure lapidaire n'ait pas été choisi mais imposé, par des liens rompus avec les sources d'approvisionnement de matières premières par exemple. Notons ici la coïncidence entre les changements internes aux îles Caraïbes et l'arrêt de l'utilisation intensive de parures en pierre dans la région isthmo-colombienne (GUERRERO, 1998), qui pourrait ne pas être complètement étrangère à la question qui nous intéresse ici.

Au-delà de sa place dans le réseau d'échange de biens, rôle largement le plus analysé dans la littérature archéologique antillaise, la parure, nous l'avons vu (Section 1.2), possède également, puisqu'elle est tout de même prévue pour être portée, un rôle de marqueur identitaire. Il est donc relativement curieux que la régionalisation mise en évidence par la diversification des styles de céramiques n'aille pas de pair avec une régionalisation des objets de parure en pierre, qui permettraient, justement, de marquer l'identité des groupes humains. Une fois de plus le registre archéologique peu abondant pour cette période ne permet pas d'évaluer à quel point cette sous-partie de l'ornementation corporelle est représentative de la réalité du passé, quand des matériaux périssables auraient pu être utilisés, ou une production en coquille, malheureusement encore mal étudiée d'un point de vue diachronique dans la région (sous-section 1.3.1). S'il ne s'agit pas à proprement parler de régionalisation, sur le plan géographique, la distinction de deux groupes très clairs de matières premières (calcite vs. cornaline-diorite) pourrait tout de même, avec les bémols déjà exposés auparavant, participer de ce "*highly interactive and multicultural social landscape*" (HOFMAN, 2013), comme la céramique, quand d'autres éléments observables archéologiquement ont des distributions géographiques plus larges voire régionales, telles que des productions matérielles (*zemis*, *guaizas*, haches en roches vertes) mais aussi sur d'autres registres que la production matérielle : art rupestre, localisation diversifiée des sites d'habitat, changement dans les modes de subsistance.

Chapitre 6

Conclusion

6.1 Conclusion

La connaissance des productions lapidaires amérindiennes des îles Caraïbes se trouve, avec ce travail, grandement mise à jour. En effet, je l'ai montré, ces connaissances n'ont que très peu évolué dans ces 30 dernières années et en particulier, pour les îles françaises des Antilles, tout ou presque était à faire, afin de pouvoir intégrer les sites de ces îles dans une approche régionale. Dans le chapitre 2, j'ai présenté les différentes études, exhaustives, documentées, des éléments de parure en pierre et de leur chaîne opératoire, pour les sites archéologiques des îles françaises des Antilles. Cela a consisté en l'étude de cinq sites principaux que sont, dans l'ordre du nombre d'objets étudiés : Hope Estate, Morel, Gare Maritime, Vivé et Anse à la Gourde. Ces travaux ont permis d'identifier les matières premières et les types d'objets pour ces sites, en particulier, ils ont largement renouvelé notre connaissance des matériaux verts ("*greenstones*") utilisés par les Amérindiens pour produire nombre de leurs pendentifs. Ces nombreux matériaux identifiés dans les sites ont été décrits dans le chapitre 3, avec en particulier la description d'un nouveau matériau qu'est la sudoïte, jamais identifié jusqu'à présent et pourtant retrouvé dans toutes les îles françaises où ce travail analytique a été mené. J'ai également insisté sur la turquoise, comme potentiel matériau utilisable pour des analyses de provenance, avec une revue de la littérature à ce sujet et l'état d'avancement de mes propres travaux par analyses isotopiques. L'ensemble des données regroupées via les études directes et un inventaire conséquent à partir de la littérature scientifique, m'ont permis de créer une base de données décrite et analysée dans le chapitre 4. Cette base de données, forte de plus de 8000 objets répartis dans plus de 80 sites archéologiques permet de remettre à jour les connaissances sur la distribution chronologique et géographique des productions de parure lapidaire dans les îles Caraïbes. J'ai ainsi pu confirmer les intuitions des archéologues de la Caraïbe grâce à divers types d'analyses, tant sur le plan de la diversité, que de la similarité et peut conclure sur des bases robustes que les parures en pierres du Céramique ancien étaient bien plus diversifiées et plus nombreuses qu'au Céramique récent et final. Les matériaux utilisés et les types d'objets façonnés

étaient également largement différents entre ces deux périodes. Le Céramique moyen, sur certains points, est très proche du Céramique ancien, tandis que sur d'autres critères il paraît avoir une position intermédiaire. La géographie n'influence pas les éléments de parure en pierre de l'âge Céramique, qu'il s'agisse de quantité, de diversité ou des matériaux utilisés. J'ai pu mettre en évidence des similarités stylistiques très fortes à l'intérieur de l'arc antillais, grâce à la synthèse documentaire réalisée dans ce travail. Ces résultats ont été la base d'une réflexion sur les interprétations archéologiques que l'on peut tirer d'une meilleure connaissance des éléments de parure de l'âge Céramique dans les îles Caraïbes dans le chapitre 5. Ainsi, les modes de société ont été discutés sur la base de cette partie spécifique de la culture matérielle et je propose qu'il est le plus raisonnable d'interpréter le fonctionnement des groupes humains du Céramique ancien comme déjà hiérarchisés, au niveau de "*chieftaincy*", comme cela a déjà été proposé. La société centralisée du Céramique récent/final, alors, et bien que les éléments de parure en pierre n'apportent que peu d'information si ce n'est par leur absence, aurait évolué en interne vers une hiérarchie encore plus importante, de type chefferie ("*chiefdom*"). Ce travail, enfin, met en évidence les similarités importantes entre l'arc antillais et la région isthmo-colombienne à l'âge Céramique, en termes de production de parure lapidaire, ainsi que l'absence de lien évident sur ce sujet avec les groupes Saladoïdes originels de la basse vallée de l'Orénoque. Le réseau d'échanges du Céramique ancien, très probablement, incluait la région isthmo-colombienne et il n'est pas le plus évident d'interpréter la production d'une parure exceptionnellement diversifiée et utilisant des matériaux exotiques, chez ces groupes pionniers, comme une volonté de conserver un lien avec leur région d'origine, finalement si pauvre en parures lapidaires. Le registre archéologique met plutôt en évidence une volonté de développer leurs propres codes ethniques, peut-être en relation avec une nouvelle organisation sociale, participant du développement d'un sentiment d'unité profitable à la colonisation de l'archipel.

Les travaux menés durant ces dernières années m'ont donc permis, tel un Lilliputien sur une épaule de Gulliver, de faire avancer les deux jambes de la science archéologique des Caraïbes : de nouvelles données, robustes, précises, ont été créées et largement diffusées, tandis que l'intégration de ces données avec la littérature scientifique sur le sujet a permis une réflexion sur le modèle régional des modes de vie et des réseaux d'échange des habitants de la zone Caraïbe aux différentes périodes de l'âge Céramique.

6.2 Perspectives

Les perspectives de ce travail sont nombreuses et nécessiteront sans doute des années pour voir le jour. La plus évidente est bien entendu de poursuivre ce type d'étude exhaustive, incluant documentation photographique et analytique, sur d'autres sites archéologiques et, puisque les sites des îles françaises ont tous été étudiés, il s'agira bien entendu de passer à d'autres îles : Trants, les sites de Porto Rico et Vieques, autant de sites majeurs qu'il serait extrêmement souhaitable de bien mieux connaître. Le Nord de l'Amérique du Sud semble également être une direction évidente pour poursuivre ces recherches, afin de confirmer ou d'infirmer la pauvreté actuellement mise en évidence par le registre archéologique quant aux parures lapidaires des sites de tradition Saladoïde. Il serait certainement très intéressant de pouvoir appliquer ces mêmes méthodes aux collections de la culture Tairona en Colombie ou encore d'essayer de trouver de la sudoïte au Costa Rica dans les collections, pour confirmer les liens qui auraient pu exister entre ces groupes humains ! Mais toutes ces analyses n'ont pas forcément vocation à être réalisées par une seule équipe de recherche et l'ouverture de la base de données à d'autres régions de la zone Caraïbe est déjà en cours, avec des chercheurs colombiens et costaricains d'ores et déjà intéressés pour intégrer leurs données à notre base, plutôt que de repartir de zéro.

Au-delà d'ajouter de nouvelles données archéologiques dans le modèle, il serait bien entendu primordial de pouvoir enfin s'appuyer sur quelques matériaux pour réaliser de véritables études de provenance. Nous l'avons vu, la turquoise est un bon candidat, et des travaux sont déjà en cours dans cette direction. La diorite est également un bon candidat en tant que roche volcanique, et nous avons d'ores et déjà entamé la collecte d'échantillons géologiques de diorite dans les îles Caraïbes afin d'essayer de les distinguer par un quelconque moyen, qu'il soit minéralogique ou géochimique. Enfin, la cornaline a permis dans certaines régions du monde d'établir des réseaux de distribution, il serait intéressant de s'y intéresser dans la région Caraïbes également, même si pour l'instant des sources importantes de cornaline ne sont pas vraiment documentées.

Enfin, les études technologiques concernant ces perles pourraient encore largement apporter des informations sur les savoirs-faire des artisan lapidaires de l'âge Céramique dans la région. En effet, les chaînes opératoires des différents matériaux restent encore largement à explorer, et on a pu remarquer que lorsque l'on s'y attelle (Annexe A), des

découvertes très intéressantes peuvent être réalisées, comme la possibilité de perforer des matériaux aussi durs que le quartz en utilisant de simples épines de cactus comme foret.

Tous ces pans de la recherche concernant les perles et les pendentifs en pierre de l'âge Céramique dans la Caraïbe seront, je l'espère, appréhendés dans un futur proche.

Bibliographie

- ABADÍA, O. M. & NOWELL, A. (2015). Palaeolithic Personal Ornaments : Historical Development and Epistemological Challenges. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 22(3), 952-979. <https://doi.org/10.1007/s10816-014-9213-z>
- ACEVEDO, N., WEBER, M., GARCÍA-CASCO, A., PROENZA, J. A., SÁENZ, J. & CARDONA, A. (2016). A first report of variscite Tairona artifacts (A.D. 1100-1600) from the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, and its implications for Precolumbian exchange networks in the region. *Latin American Antiquity*, 27(4), 549-560. <https://doi.org/10.7183/1045-6635.27.4.549>
- ACEVEDO GÓMEZ, N., SCHARFF, M. W., GARCÍA-CASCO, A. & SÁENZ-SAMPER, J. (2018). Placas aladas de las sociedades Nahuange y Tairona (100–1600 DC), Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia : materia prima y areas de procedencia. *Latin American Antiquity*, 29(4), 774-792. <https://doi.org/10.1017/laq.2018.51>
- ALARASHI, H. (2016). Butterfly Beads in the Neolithic Near East : Evolution, Technology and Socio-cultural Implications. *Cambridge Archaeological Journal*, 26(3), 493-512. <https://doi.org/10.1017/S0959774316000342>
- ALEGRÍA, R. E. (1995). Apuntes Sobre La Vestimenta y Los Adornos de Los Caciques Taínos de Las Antillas y de La Paraphernalia Asociada a Sus Funciones Mágico-Religiosas. *Proceedings of the 15th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 295-309.
- ALLEN, C. D. (2017). Small Islands, Intriguing Landscapes. In C. D. ALLEN (Éd.), *Landscapes and Landforms of the Lesser Antilles* (p. 1-6). Springer.
- AMATI, V., MOL, A., SHAFIE, T., HOFMAN, C. & BRANDES, U. (2020). A Framework for Reconstructing Archaeological Networks Using Exponential Random Graph Models. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 27(2), 192-219. <https://doi.org/10.1007/s10816-019-09423-z>
- ANTONELLI, F., LAZZARINI, L. & CANCELLIERE, S. (2010). 'Granito Del Foro' and 'Granito Di Nicotera' : Petrographic Features and Archaeometric Problems Owing to Similar

- Appearance. *Archaeometry*, 52(6), 919-936. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2010.00520.x>
- ARKLE, J. C., OWEN, L. A. & WEBER, J. C. (2017). Trinidad and Tobago. In C. D. ALLEN (Éd.), *Landscapes and Landforms of the Lesser Antilles* (p. 267-292). Springer.
- ARROYO KALIN, M., MARCOTE RÍOS, G., LOZADA MENDIETA, N. & VEAL, L. (2019). Entre La Pedrera y Araracuara : la arqueología del medio río Caquetá. *Revista del Museo de La Plata*, 4(2), 305-330. <https://doi.org/10.24215/25456377e079>
- AUZENDE, A.-L., DEVOUARD, B., GUILLOT, S., DANIEL, I., BARONNET, A. & LARDEAUX, J.-M. (2002). Serpentinites from Central Cuba Petrology and HRTEM Study. *European Journal of Mineralogy*, 14(5), 905-914. <https://doi.org/10.1127/0935-1221/2002/0014-0905>
- BAILLIF-DUCROS, C., SELLIER-SÉGARD, N., ROUQUET, J., HERRSCHER, E. & GROUARD, S. (2019). The Amerindian Burials of the BK78 Site (Grand-Case, Saint Martin Island) : Population, Funeral Practices and Palaeodiet : Preliminary Results. *Proceedings of the 27th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 309-331.
- BARATA, F. (1954). *O Muiraquitã e as "Contas" Dos Tapajó*. Museu Paulista.
- BARRÈRE, P. (1743). *Nouvelle Relation de La France Equinoxiale*. Piget Damonville & Durand.
- BARRET, J.-B. & LETON, C. (1989). *Rapport Sur l'étude de La Stratigraphie Du Site de Hope Estate. Saint-Martin, FWI : Campagne de Fouille Du 16 Septembre Au 16 Octobre 1988* (CERA). Martinique.
- BAR-YOSEF MAYER, D. E. (2013). Towards a typology of stone beads in the Neolithic Levant. *Journal of Field Archaeology*, 38(2), 129-142. <https://doi.org/10.1179/0093469013Z.00000000043>
- BAR-YOSEF MAYER, D. E. (2014). Stone Beads. *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures* (p. 4023-4026). Springer.

- BAR-YOSEF MAYER, D. E. & PORAT, N. (2008). Green stone beads at the dawn of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(25), 8548-8551. <https://doi.org/10.1073/pnas.0709931105>
- BAR-YOSEF MAYER, D. E. B.-Y., GROMAN-YAROSLAVSKI, I., BAR-YOSEF, O., HERSHKOVITZ, I., KAMPEN-HASDAY, A., VANDERMEERSCH, B., Z AidNER, Y. & WEINSTEIN-EVRON, M. (2020). On holes and strings : Earliest displays of human adornment in the Middle Palaeolithic. *PLOS ONE*, 15(7), e0234924. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234924>
- BEAVER, J. E. & DEAN, R. M. (2019). Using Euclidean Distance in the Comparative Analysis of Taxonomic Abundance. *Journal of Archaeological Science : Reports*, 25, 331-340. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.03.022>
- BÉRARD, B. (2013). The Saladoid. In W. F. KEEGAN, C. L. HOFMAN & R. RODRÍGUEZ RAMOS (Éd.), *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology* (p. 184-197). Oxford University Press
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195392302.013.0065>.
- BÉRARD, B. (2019). About Boxes and Labels : A Periodization of the Amerindian Occupation of the West Indies. *Journal of Caribbean Archaeology*, 19, 17.
- BLICK, J. P., KIM, R. & HILL, T. G. (2010). Lucayan Beads from San Salvador, Bahamas (ca. AD 900-1500). *BEADS : Journal of the Society of Bead Researchers*, 22(1), 27-40.
- BONNISSENT, D. (2008). *Archéologie Précolombienne de l'île de Saint-Martin, Petites Antilles (3300 BC-1600 AD)* (thèse de doct.). Université Aix-Marseille.
- BONNISSENT, D. (2013). Le "Melting Pot" Du Neoindien Ancien. *Proceedings of the 24th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*.
- BONNISSENT, D., BERTRAN, P., CHANCEREL, A., FOUÉRE, P., GROUARD, S., MAZÉAS, F., RANDRIANASOLO, A., ROMON, T., SERRAND, N. & STOUVENOT, C. (2013). *Les gisements précolombiens de la Baie Orientale. Campements du Mésoindien et du Néoindien sur l'île Saint-Martin (Petites Antilles)*. Editions de la maison des sciences de l'Homme.

- BONNISSENT, D., STOUVENOT, C., BOULFROY, V., CHAUVIÈRES, F.-X., DECHANEZ, I., GROUARD, S., LISTRAT, P. & SERRAND, N. (1998). *Fouille Programmée Du Site Amérindien de Hope Estate (Saint Martin, Antilles Françaises)* (D.F.S. Fouille Programmée). SRA Guadeloupe. Basse-Terre.
- BOOMERT, A. (1987). Gifts of the Amazons : Green Stone Pendants and Beads as Items of Ceremonial Exchange in Amazonia and the Caribbean. *Antropologica*, (67), 33-54.
- BOOMERT, A. (2001). Saladoid Sociopolitical Organization. *Proceedings of the 18th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 55-77.
- BOUDON, G., DAGAIN, J., SEMET, M. P. & WESTERCAMP, D. (1987). Notice Explicative de La Carte Géologique à 1/20 000e Du Massif Volcanique de La Soufrière (Département de La Guadeloupe, Petites Antilles).
- BOULESTIN, B. (2022). Des “chefs”, des “princes” et des “rois” : le défi de la caractérisation politique des sociétés néolithiques et protohistoriques. In : Collectif, . Chauvigny : APC (Mémoire LVII), p. 19-35. In V. ARD, B. BOULESTIN, S. BOULUD-GAZO & I. KEROUANTON (Éd.), *À l'ouest sans perdre le nord : liber amicorum José Gomez de Soto* (p. 523). Association des Publications Chauvinoises.
- BOUYASSE, P. & WESTERCAMP, D. (1990). Subduction of Atlantic aseismic ridges and Late Cenozoic evolution of the Lesser Antilles island arc. *Tectonophysics*, 175(4), 349-380. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(90\)90180-G](https://doi.org/10.1016/0040-1951(90)90180-G)
- BRUGHMANS, T. (2013). Thinking Through Networks : A Review of Formal Network Methods in Archaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 20(4), 623-662. <https://doi.org/10.1007/s10816-012-9133-8>
- BRUGHMANS, T. & PEEPLES, M. A. (2018). Network Science. *The Encyclopedia of Archaeological Sciences* (p. 1-4). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0402>
_eprint : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781119188230.saseas0402>
- BULLEN, R. P. (1964). *The Archaeology of Grenada, West Indies*. University of Florida.

- BULLEN, R. P. & BULLEN, A. K. (1968). Salvage Archaeology at Caliviny Island, Grenada. A Problem in Typology. *Compte-Rendu Des Communications Du Second Congrès International d'études Des Civilisations Precolombiennes Des Petites Antilles*, 31-43.
- BULLEN, R. P. & BULLEN, A. K. (1973). Stratigraphic Tests at Two Sites on Guadeloupe. *Proceedings of the 4th International Congress for the Study of Pre-Columbian Cultures of the Lesser Antilles*, 26-30.
- BURLEY, D. V. & FREELAND, T. (2019). A shell disc bead maker's workshop from Kavewa Island, northern Fiji. *Archaeology in Oceania*, 54(2), 120-126. <https://doi.org/10.1002/arco.5183>
- CÁRDENAS-PÁRRAGA, J., GARCÍA-CASCO, A., NUNEZ-CAMBRA, K., RODRÍGUEZ-VEGA, A., BLANCO-QUINTERO, I. F., HARLOW, G. E. & LÁZARO, C. (2010). Jadeitite Jade Occurrence from the Sierra Del Convento Mélange (Eastern Cuba). *Bol. Soc. Geol. Mex*, 62, 199-205.
- CAREW, J. L., MYLROIE, J. E., VACHER, H. L. & QUINN, T. M. (1997). Geology of the Bahamas. *Geology and hydrogeology of carbonate islands*, 91-139.
- CARLSON, L. A. (1995). Strings of Command : Manufacture and Utilization of Shell Beads among the Taíno. *Proceedings of the 15th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 97-109.
- CARTER, A. K. & DUSSUBIEUX, L. (2016). Geologic Provenience Analysis of Agate and Carnelian Beads Using Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) : A Case Study from Iron Age Cambodia and Thailand. *Journal of Archaeological Science : Reports*, 6, 321-331. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.02.025>
- CHANLATTE BAIK, L. A. (1981). *La Hueca y Sorcé (Vieques, Puerto Rico) : Primeras Migraciones Agroalfareras Antillanas, Nuevo Esquema Para Los Procesos Culturales de La Arqueología Antillana*.
- CHANLATTE BAIK, L. A. (1983). *Arqueologia de Vieques*. Centro de investigaciones arqueológicas, Universidad de Puerto Rico.

- CHANLATTE BAIK, L. A. (2013). Huecoid Culture and the Antillean Agroalfarero (Farmer-Potter) Period. In W. F. KEEGAN, C. L. HOFMAN & R. RODRÍGUEZ RAMOS (Éd.), *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology* (p. 171-183). Oxford University Press
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195392302.013.0062>.
- CHANLATTE BAIK, L. A. & NARGANES STORDE, Y. M. (1979). La Hueca, Vieques : nuevo complejo cultural agroalfarero en la arqueología antillana. *Proceedings of the 8th International Congress for the Study of Pre-Columbian Cultures of the Lesser Antilles*, 501-523.
- CLENNETT, E. J., SIGLOCH, K., MIHALYNUK, M. G., SETON, M., HENDERSON, M. A., HOSSEINI, K., MOHAMMADZAHERI, A., JOHNSTON, S. T. & MÜLLER, R. D. (2020). A Quantitative Tomotectonic Plate Reconstruction of Western North America and the Eastern Pacific Basin. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 21(8). <https://doi.org/10.1029/2020GC009117>
- COCHRANE, E. E. & LIPO, C. P. (2010). Phylogenetic Analyses of Lapita Decoration Do Not Support Branching Evolution or Regional Population Structure during Colonization of Remote Oceania. *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences*, 365(1559), 3889-3902. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0091>
- CODY, A. K. (1990). *Prehistoric Patterns of Exchange in the Lesser Antilles : Materials, Models, and Preliminary Observations* (thèse de doct.). San Diego State University.
- CODY, A. K. (1991). From the Site of Pearls, Grenada : Exotic Lithics and Radiocarbon Dates. *Proceedings of the 13th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 589-604.
- CODY, A. K. (1993). Distribution of Exotic Stone Artifacts through the Lesser Antilles : Their Implications for Prehistoric Interaction and Exchange. *Proceedings of the 14th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 204-226.
- COOPER, J. (2013). The Climatic Context for Pre-Columbian Archaeology in the Caribbean. In W. F. KEEGAN, C. L. HOFMAN & R. RODRÍGUEZ RAMOS (Éd.), *The Oxford*

- Handbook of Caribbean Archaeology* (p. 47-58). Oxford University Press
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195392302.013.0030>.
- CORNÉE, J.-J., BOUDAGHER-FADEL, M., PHILIPPON, M., LÉTICÉE, J. L., LEGENDRE, L., MAINCENT, G., LEBRUN, J.-F. & MÜNCH, P. (2020). Paleogene Carbonate Systems of Saint Barthélemy, Lesser Antilles : Stratigraphy and General Organization. *Newsletters on Stratigraphy*, 53(4), 461-478. <https://doi.org/10.1127/nos/2020/0587>
- COUSSERAN, S. (2002). Les Inclusions Fluides, Un Outil Pour La Discrimination Des Quartz Archéologiques. Application Au Problème de Circulation Du Quartz Dans Les Alpes Occidentales et Lombardes. Réalisation d'un Premier Référentiel de Données Sur Les Quartz Alpins. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 99(4), 833-838.
- CREVAUX, J. (1989). *En Radeau Sur l'Orénoque : Des Andes Aux Bouches Du Grand Fleuve (1881-1882)*. Phébus.
- CROCK, J. G. (2019). Natural and anthropogenic landscape change and the submergence and emergence of Archaic Age settlement on the eastern edge of the Anegada Passage. In C. L. HOFMAN & A. T. ANTCZAK (Éd.), *Early Settlers of the Insular Caribbean. Dearchaizing the Archaic* (p. 67-78). Sidestone Press.
- CROCK, J. G. & BARTONE, R. N. (1998). Archaeology of Trants, Montserrat. Part 4. Flaked Stone and Stone Bead Industries. *Annals of Carnegie Museum Pittsburgh*, 67(3), 197-224.
- CROCK, J. G. & CARDER, N. (2011). Diet and Rank in a Caribbean Maritime Society. *Latin American Antiquity*, 22(4), 573-594.
- CROCK, J. G. & PETERSEN, J. B. (2004). Inter-Island Exchange, Settlement Hierarchy, and a Taíno-related Chiefdom on the Anguilla Bank, Northern Lesser Antilles. *BAR International Series*, 139-158.
- CROCK, J. G., PETERSEN, J. B. & DOUGLAS, N. (1995). Preceramic Anguilla : A View from the Whitehead's Bluff Site. *Proceedings of the 15th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 283-292.

- CROCK, J. G. (2000). *Interisland Interaction and the Development of Chiefdoms in the Eastern Caribbean* (thèse de doct.). University of Pittsburgh.
- CRUXENT, J. M. & ROUSE, I. (1958). *An Archeological Chronology of Venezuela*. Pan American Union.
- CURET, L. A. (1996). Ideology, Chiefly Power, and Material Culture : An Example from the Greater Antilles. *Latin American Antiquity*, 7(2), 114-131. <https://doi.org/10.2307/971613>
- CURET, L. A. (2003). Issues on the Diversity and Emergence of Middle-Range Societies of the Ancient Caribbean : A Critique. *Journal of Archaeological Research*, 11(1), 1-42. <https://doi.org/10.1023/A:1021277308225>
- CURET, L. A. (2005). *Caribbean Paleodemography : Population, Culture History, and Sociopolitical Processes in Ancient Puerto Rico*. University of Alabama Press.
- CURET, L. A. & OLIVER, J. R. (1998). Mortuary Practices, Social Development, and Ideology in Precolumbian Puerto Rico. *Latin American Antiquity*, 9(3), 217-239.
- DAWSON, H. (2020). Network Science and Island Archeology : Advancing the Debate. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, (0), 1-18. <https://doi.org/10.1080/15564894.2019.1705439>
- D'ERRICO, F., PITARCH MARTÍ, A., WEI, Y., GAO, X., VANHAEREN, M. & DOYON, L. (2021). Zhoukoudian Upper Cave personal ornaments and ochre : Rediscovery and reevaluation. *Journal of Human Evolution*, 161, 103088. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2021.103088>
- DRAPER, G., JACKSON, T. A. & DONOVAN, S. K. (1994). Geologic Provinces of the Caribbean Region. In S. K. DONOVAN & T. A. JACKSON (Éd.), *Caribbean Geology : An Introduction* (p. 3-12). U.W.I. Publishers' Association.
- DUBIN, L. S. (1987). *The History of Beads from 30,000 BC to the Present*. Thames and Hudson Ltd.
- DURAND, J.-F. & PETITJEAN ROGET, H. (1991). A propos d'un collier funéraire à Morel, Guadeloupe : les Huecoïdes sont-ils un mythe ? *Proceedings of the 12th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 53-72.

- EARLE, T. (2011). Chiefs, Chieftaincies, Chiefdoms, and Chiefly Confederacies : Power in the Evolution of Political Systems. *Social Evolution and History*, 10.
- EARLE, T. & SPRIGGS, M. (2015). Political Economy in Prehistory : A Marxist Approach to Pacific Sequences. *Current Anthropology*, 56(4), 515-544. <https://doi.org/10.1086/682284>
- EPSTEIN, D. S. (1988). Amethyst Mining in Brazil. *Gems and Gemology*, 24(4), 214-228.
- FALCI, C. G. (2020). *Indigenous Adornment in the Circum-Caribbean* (thèse de doct.). Leiden University. Leiden.
- FALCI, C. G., ANTCZAK, M. M., ANTCZAK, A. T. & VAN GIJN, A. (2017). Recontextualizing Bodily Ornaments from North-Central Venezuela (AD 900-1500) : The Alfredo Jahn Collection at the Ethnologisches Museum Berlin. *Baessler-Archiv*, 64.
- FALCI, C. G., KNAF, A. C. S., VAN GIJN, A., DAVIES, G. R. & HOFMAN, C. L. (2020). Lapidary production in the eastern Caribbean : a typo-technological and microwear study of ornaments from the site of Pearls, Grenada. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12(2), 53. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-01001-4>
- FALCI, C. G., NGAN-TILLARD, D., HOFMAN, C. L. & VAN GIJN, A. (2020). The Biographies of Bodily Ornaments from Indigenous Settlements of the Dominican Republic (AD 800–1600). *Latin American Antiquity*, 31(1), 180-201. <https://doi.org/10.1017/laq.2019.101>
- FERNANDES, D. M., SIRAK, K. A., RINGBAUER, H., SEDIG, J., ROHLAND, N., CHERONET, O., MAH, M., MALLICK, S., OLALDE, I., CULLETON, B. J., ADAMSKI, N., BERNARDOS, R., BRAVO, G., BROOMANDKHOSHBAHT, N., CALLAN, K., CANDILIO, F., DEMETZ, L., CARLSON, K. S. D., ECCLES, L., ... REICH, D. (2020). A genetic history of the pre-contact Caribbean. *Nature*, 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03053-2>
- FEWKES, J. W. (1922). *A prehistoric island culture area of America*.
- FITZPATRICK, S. M., KAPPERS, M. & GIOVAS, C. M. (2010). The Southward Route Hypothesis : Examining Carriacou's Chronological Position in Antillean Prehistory. In S. M. FITZPATRICK & A. H. ROSS (Éd.), *Island Shores, Distant Pasts : Archaeolo-*

- gical and Biological Approaches to the Pre-Columbian Settlement of the Caribbean* (p. 163-176). University Press of Florida.
- FOORD, E. E. & TAGGART, J. E. (1998). A Reexamination of the Turquoise Group : The Mineral Aheylite, Planerite (Redefined), Turquoise and Coeruleolactite. *Mineralogical Magazine*, 62(1), 93-111. <https://doi.org/10.1180/002646198547495>
- FOUÉRÉ, P., BAILON, S., BONNISSANT, D., CHANCEREL, A., COURTAUD, P., DEGUILLOUX, M. F., GROUARD, S., LENOBLE, A., MORA, P. & MONNEY, J. (2015). La Grotte Du Morne Rita, Capesterre-de-Marie-Galante (Guadeloupe) : Nouvelles Données. *Proceedings of the 25th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 20-23.
- FOUÉRÉ, P. (2006). Étude Du Mobilier Lithique. In T. ROMON (Éd.), *Gourbeyre « Bisdary » (Guadeloupe). Un Site Amérindien de Piémont*. Service régional de l'Archéologie, DRAC Guadeloupe.
- FREUND, K. P. & BATIST, Z. (2014). Sardinian Obsidian Circulation and Early Maritime Navigation in the Neolithic as Shown Through Social Network Analysis. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, 9(3), 364-380. <https://doi.org/10.1080/15564894.2014.881937>
- GARCIA-CASCO, A., KNIPPENBERG, S., RODRÍGUEZ RAMOS, R., HARLOW, G. E., HOFMAN, C. L., POMO, J. C. & BLANCO-QUINTERO, I. F. (2013). Pre-Columbian Jadeitite Artifacts from the Golden Rock Site, St. Eustatius, Lesser Antilles, with Special Reference to Jadeitite Artifacts from Elliot's, Antigua : Implications for Potential Source Regions and Long-Distance Exchange Networks in the Greater Caribbean. *Journal of Archaeological Science*, 40(8), 3153-3169. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.03.025>
- GARCÍA-CASCO, A., TORRES-ROLDÁN, R. L., ITURRALDE-VINENT, M. A., MILLÁN, G., CAMBRA, K. N., LÁZARO, C. & VEGA, A. R. (2006). High Pressure Metamorphism of Ophiolites in Cuba. *Geologica Acta : an international earth science journal*, 4(1), 63-88. <https://doi.org/10.1344/105.000000358>

- GARCÍA-CASCO, A., VEGA, A. R., PÁRRAGA, J. C., ITURRALDE-VINENT, M. A., LÁZARO, C., QUINTERO, I. B., AGRAMONTE, Y. R., KRÖNER, A., CAMBRA, K. N., MILLÁN, G., TORRES-ROLDÁN, R. L. & CARRASQUILLA, S. (2009). A new jadeitite jade locality (Sierra del Convento, Cuba) : first report and some petrological and archeological implications. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 158(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s00410-008-0367-0>
- GARMON, W. T., ALLEN, C. D. & GROOM, K. M. (2017). Geologic and Tectonic Background of the Lesser Antilles. In C. D. ALLEN (Éd.), *Landscapes and Landforms of the Lesser Antilles* (p. 7-15). Springer.
- GAROFOLI, D. & ILIOPOULOS, A. (2019). Replacing Epiphenomenalism : a Pluralistic Enactive Take on the Metaplasticity of Early Body Ornamentation. *Philosophy & Technology*, 32(2), 215-242. <https://doi.org/10.1007/s13347-017-0296-9>
- GASSÓN, R. A. (2000). Quirípas and Mostacillas : The Evolution of Shell Beads as a Medium of Exchange in Northern South America. *Ethnohistory*, 47(3-4), 581-609. <https://doi.org/10.1215/00141801-47-3-4-581>
- GASSÓN, R. A. (2002). Orinoquia : The Archaeology of the Orinoco River Basin. *Journal of World Prehistory*, 16(3), 237-311. <https://doi.org/10.1023/A:1020978518142>
- GENT, B. & DE MILLE, C. N. (2003). Preliminary Investigations At PA-15, A Saladoid Site On Antigua. *Proceedings of the 20th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 181-188.
- GEORJON, C., KYAW, U. A. A., WIN, D. T. T., WIN, D. T. T., PRADIER, B., WILLIS, A., PETCHEY, P., IIZUKA, Y., GONTHIER, E., PELEGRIN, J., BELLINA, B. & PRYCE, T. O. (2021). Late Neolithic to Early-Mid Bronze Age semi-precious stone bead production and consumption at Oakaie and Nyaung'gan in central-northern Myanmar. *Archaeological Research in Asia*, 25, 100240. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2020.100240>
- GIOVAS, C. M. (2018). Continental Connections and Insular Distributions : Deer Bone Artifacts of the Precolumbian West Indies—a Review and Synthesis with New

- Records. *Latin American Antiquity*, 29(1), 27-43. <https://doi.org/10.1017/laq.2017.57>
- GIOVAS, C. M. (2019a). The Beasts at Large—Perennial Questions and New Paradigms for Caribbean Translocation Research. Part I : Ethnozoogeography of Mammals. *Environmental Archaeology*, 24(2), 182-198. <https://doi.org/10.1080/14614103.2017.1315208>
- GIOVAS, C. M. (2019b). A Critical Appraisal of the Taxonomic Attribution of Raptorial Bird Pendants : Is the Condor King? *Proceedings of the 27th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*.
- GJESFJELD, E. (2015). Network Analysis of Archaeological Data from Hunter-Gatherers : Methodological Problems and Potential Solutions. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 22(1), 182-205. <https://doi.org/10.1007/s10816-014-9232-9>
- GOLDMANN, K. (1968). Zur Auswertung Archaologischer Funde Mit Hilfe von Computern. *Die Kunde NF*, 19(1-8).
- GOMES, F. B. (2021). Phytomorphic carnelian pendants in the Late Bronze and Iron Ages of the Iberian Peninsula : origin, distribution, and significance. *Complutum*, 32(1), 29-47. <https://doi.org/10.5209/cmpl.76447>
- GOUPY DES MARETS, J. (1690). *Voyage Aux Iles d'Amérique et Aux Côtes d'Afrique En 1675 et 1676*. Bibliothèque municipale de Rouen.
- GRAYSON, D. K. & DELPECH, F. (2002). Specialized Early Upper Palaeolithic Hunters in Southwestern France ? *Journal of archaeological science*, 29(12), 1439-1449. <https://doi.org/10.1006/jasc.2002.0806>
- GROBON, C. (2003). *La Cornaline En Egypte Ancienne. Une Approche Gemmologique* (rapp. tech.). Université de Genève.
- GUERRERO, J. V. (1998). The Archaeological Context of Jade in Costa Rica. In J. JONES (Éd.), *Jade in Ancient Costa Rica*. Metropolitan Museum of Art.
- HABU, J. & JUNKO, H. (2004). *Ancient Jomon of Japan* (T. 4). Cambridge University Press.

- HAHSLER, M., HORNIK, K. & BUCHTA, C. (2008). Getting Things in Order : An Introduction to the R Package seriation. *Journal of Statistical Software*, 25, 1-34. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i03>
- HANNA, J. A. (2019). Camáhogue's Chronology : The Radiocarbon Settlement Sequence on Grenada, West Indies. *Journal of Anthropological Archaeology*, 55, 101075. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2019.101075>
- HARBOTTLE, G. & WEIGAND, P. C. (1992). Turquoise in Pre-Columbian America. *Scientific American*, 266(2), 78-85.
- HARDY, M. D. (2008). *Saladoid Economy and Complexity on the Arawakan Frontier* (thèse de doct.).
- HARLOW, G. E. (1994). Jadeitites, albitites and related rocks from the Motagua Fault Zone, Guatemala. *Journal of Metamorphic Geology*, 12(1), 49-68. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.1994.tb00003.x>
- HARLOW, G. E., BERMAN, M. J., CÁRDENAS PÁRRAGA, J., HERTWIG, A., GARCÍA-CASCO, A. & GNIVECKI, P. L. (2019). Pre-Columbian Jadeitite Artifacts from San Salvador Island, Bahamas and Comparison with Jades of the Eastern Caribbean and Jadeitites of the Greater Caribbean Region. *Journal of Archaeological Science : Reports*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.04.019>
- HARLOW, G. E., MURPHY, A. R., HOZJAN, D. J., DE MILLE, C. N. & LEVINSON, A. A. (2006). Pre-Columbian Jadeite Axes from Antigua, West Indies : Description and Possible Sources. *The Canadian Mineralogist*, 44(2), 305-321. <https://doi.org/10.2113/gscanmin.44.2.305>
- HARRINGTON, M. R. (1924). A West Indian Gem Center. *Indian Notes*, 1(4), 184-189.
- HAVISER, J. B. (1990). Perforated Prehistoric Ornaments of Curaçao and Bonaire, Netherlands Antilles. *BEADS : Journal of the Society of Bead Researchers*, 2(1), 85-92.
- HAVISER, J. B. (1991). Preliminary Results from Test Excavations at the Hope Estate Site (SM-026), St. Martin. *Proceedings of the 13th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 647-666.
- HAVISER, J. B. (1993). *Lithic Analyses, Hope Estate* (rapp. tech.).

- HE, M., YAN, W., CHANG, Y., LIU, K. & LIU, X. (2019). Fundamental infrared absorption features of alpha-quartz : An unpolarized single-crystal absorption infrared spectroscopic study. *Vibrational Spectroscopy*, 101, 52-63. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2019.02.003>
- HEIZER, R. F. & FOGELSON, R. (1978). *Handbook of North American Indians*. Smithsonian Institution.
- HENRY, N. & FEKETE, J.-D. (2008). Représentations Visuelles Alternatives Pour Les Réseaux Sociaux. *Réseaux*, 26(152), 59-92. <https://doi.org/10.3166/reseaux.152.59-92>
- HERNÁNDEZ-MURILLO, C., GARCÍA, S., FERNÁNDEZ, P., MÉNAGER, M. & MONTERO, M. L. (2021). Integrated mineralogical and typological study of Axe-God pendants from the Jade and pre-Columbian Culture Museum in Costa Rica. *Cuadernos de Antropología*, 31(1), 1-17. <https://doi.org/10.15517/cat.v31i1.47146>
- HILL, M. O. (1973). Diversity and Evenness : A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2), 427-432.
- HIPPOLYTE, J.-C. & MANN, P. (2011). Neogene–Quaternary tectonic evolution of the Leeward Antilles islands (Aruba, Bonaire, Curaçao) from fault kinematic analysis. *Marine and Petroleum Geology*, 28(1), 259-277. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2009.06.010>
- HOFMAN, C. L. (2013). The Post-Saladoid in the Lesser Antilles (AD 600/800-1492). In W. F. KEEGAN, C. L. HOFMAN & R. RODRÍGUEZ RAMOS (Éd.), *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology* (p. 205-220). Oxford University Press
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195392302.013.0070>.
- HOFMAN, C. L. & ANTCZAK, A. T. (2019a). *Early Settlers of the Insular Caribbean : Dearchaizing the Archaic*. Sidestone Press.
- HOFMAN, C. L. & ANTCZAK, A. T. (2019b). Introduction. In C. L. HOFMAN & A. T. ANTCZAK (Éd.), *Early Settlers of the Insular Caribbean : Dearchaizing the Archaic* (p. 31-44). Sidestone Press.

- HOFMAN, C. L., BRIGHT, A. J., BOOMERT, A. & KNIPPENBERG, S. (2007). Island Rhythms : The Web of Social Relationships and Interaction Networks in the Lesser Antillean Archipelago between 400 B.C. and A.D. 1492. *Latin American Antiquity*, 18(3), 243. <https://doi.org/10.2307/25478180>
- HOFMAN, C. L. & HOOGLAND, M. L. P. (1999). *Archaeological Investigations on St. Martin (Lesser Antilles). The Sites of Norman Estate, Anse Des Pères, and Hope Estate. With a Contribution to the 'La Hueca Problem'*. Archaeological Studies Leiden University,
- HOFMAN, C. L. & HOOGLAND, M. L. P. (2011). Unravelling the Multi-Scale Networks of Mobility and Exchange in the Pre-colonial Circum-Caribbean. In C. L. HOFMAN & A. VAN DUJVENBODE (Éd.), *Communities in Contact. Essays in Archaeology, Ethno-history & Ethnography of the Amerindian Circum-Caribbean* (p. 15-43). Sidestones Press.
- HOFMAN, C. L., MOL, A. A. A., RODRÍGUEZ RAMOS, R., KNIPPENBERG, S., BÉRARD, B. & LOSIER, C. (2014). Networks Set in Stone : Archaic-Ceramic Interaction in the Early Pre-Colonial Northeastern Caribbean. *Archéologie Caraïbe* (p. 119-132). Sidestone Press.
- HOFMAN, C. L., RODRÍGUEZ RAMOS, R. & PAGÁN JIMÉNEZ, J. R. (2018). The Neolithisation of the Northeastern Caribbean. In B. A. REID (Éd.), *The Archaeology of Caribbean and Circum-Caribbean Farmers (6000 BC-AD 1500)* (p. 71-97). Routledge New York.
- HONORÉ, S. & BÉRARD, B. (2014). Etude analytique des décors céramiques du site de la Gare Maritime, Basse-Terre, Guadeloupe. In B. BÉRARD & C. LOSIER (Éd.), *Archéologie Caraïbe* (p. 303-322). Sidestone Press.
- HULL, S., FAYEK, M., MATHIEN, F. J. & ROBERTS, H. (2014). Turquoise Trade of the Ancestral Puebloan : Chaco and Beyond. *Journal of Archaeological Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.02.016>
- HULL, S., FAYEK, M., MATHIEN, F. J., SHELLEY, P. & DURAND, K. R. (2008). A New Approach to Determining the Geological Provenance of Turquoise Artifacts Using Hydrogen and Copper Stable Isotopes. *Journal of Archaeological Science*, 35(5),

- 1355-1369. <https://doi.org/10.1180/00264619854749510.1016/j.jas.2007.10.001>
- IHM, P. (2005). A Contribution to the History of Seriation in Archaeology. *Classification—the Ubiquitous Challenge* (p. 307-316). Springer.
- INSOLL, T., POLYA, D. A., BHAN, K., IRVING, D. & JARVIS, K. (2004). Towards an Understanding of the Carnelian Bead Trade from Western India to Sub-Saharan Africa : The Application of UV-LA-ICP-MS to Carnelian from Gujarat, India, and West Africa. *Journal of Archaeological Science*, 31(8), 1161-1173. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2004.02.007>
- ITURRALDE-VINENT, M. A. (1994). Cuban Geology : A New Plate-Tectonic Synthesis. *Journal of Petroleum Geology*, 17(1), 39-69. <https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.1994.tb00113.x>
- ITURRALDE-VINENT, M. A. (2006). Meso-Cenozoic Caribbean Paleogeography : Implications for the Historical Biogeography of the Region. *International Geology Review*, 48(9), 791-827. <https://doi.org/10.2747/0020-6814.48.9.791>
- JONES, J. (Éd.). (1998). *Jade in Ancient Costa Rica*. Metropolitan Museum of Art.
- JONES, S. (2003). *The Archaeology of Ethnicity : Constructing Identities in the Past and Present* (Second). Routledge.
- KEEGAN, W. F. & HOFMAN, C. L. (2017). *The Caribbean before Columbus*. Oxford University Press.
- KEEGAN, W. F., HOFMAN, C. L. & RODRÍGUEZ RAMOS, R. (2013a). Introduction. In W. F. KEEGAN, C. L. HOFMAN & R. RODRÍGUEZ RAMOS (Éd.), *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology* (p. 1-18). Oxford University Press
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195392302.013.0011>.
- KEEGAN, W. F., HOFMAN, C. L. & RODRÍGUEZ RAMOS, R. (2013b). *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology*. Oxford University Press
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195392302.001.0001>.
- KEEHNEN, F. W. M. & MOL, A. A. A. (2020). The Roots of the Columbian Exchange : An Entanglement and Network Approach to Early Caribbean Encounter Transactions.

- The Journal of Island and Coastal Archaeology*, 16(2-4), 1-29. <https://doi.org/10.1080/15564894.2020.1775729>
- KENOYER, J. M. (1991). The Indus Valley Tradition of Pakistan and Western India. *Journal of World Prehistory*, 5(4), 331-385. <https://doi.org/10.1007/BF00978474>
- KINDLER, P. & HEARTY, P. J. (1997). Geology of the Bahamas : Architecture of Bahamian Islands. *Geology and Hydrogeology of Carbonate Islands, Developments in Sedimentology*, 54, 141-160.
- KINTIGH, K. W. (1984). Measuring Archaeological Diversity by Comparison with Simulated Assemblages. *American Antiquity*, 49(1), 44-54. <https://doi.org/10.2307/280511>
- KIRCH, P. V. (2017). *On the Road of the Winds : An Archaeological History of the Pacific Islands Before European Contact, Revised and Expanded Edition*. Univ of California Press.
- KNAF, A. C. S., HABIBA, SHAFIE, T., KOORNNEEF, J. M., HERTWIG, A., CÁRDENAS-PÁRRAGA, J., GARCÍA-CASCO, A., HARLOW, G. E., SCHERTL, H. .-, MARESCH, W. V., LÓPEZ BELANDO, A. J., HOFMAN, C. L., BRANDES, U. & DAVIES, G. R. (2021). Trace-elemental and multi-isotopic (Sr-Nd-Pb) discrimination of jade in the circum-Caribbean : Implications for pre-colonial inter-island exchange networks. *Journal of Archaeological Science*, 135, 105466. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105466>
- KNAF, A. C. S., FALCI, C. G., HABIBA, TOFTGAARD, C. J., KOORNNEEF, J. M., VAN GIJN, A., BRANDES, U., HOFMAN, C. L. & DAVIES, G. R. (2022). A holistic provenance and microwear study of pre-colonial jade objects from the Virgin Islands : Unravelling mobility networks in the wider Caribbean. *Journal of Archaeological Science : Reports*, 41, 103223. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103223>
- KNAPPETT, C. (2013). *Network Analysis in Archaeology : New Approaches to Regional Interaction*. Oxford University Press.
- KNAPPETT, C., EVANS, T. & RIVERS, R. (2008). Modelling Maritime Interaction in the Aegean Bronze Age. *Antiquity*, 82(318), 1009-1024.

- KNIPPENBERG, S. (2007). *Stone Artefact Production and Exchange among the Lesser Antilles*. Amsterdam University Press.
- KUBOYAMA, W. (2022). *Lapidary technology of celtiform pendants from pre-Columbian Costa Rica : productive organisation, human interaction, and distribution* (thèse de doct.). University of Southampton.
- KUHN, S. L. (2014). Signaling Theory and Technologies of Communication in the Paleolithic. *Biological Theory*, 9(1), 42-50. <https://doi.org/10.1007/s13752-013-0156-5>
- LAFFOON, J. E., RODRÍGUEZ RAMOS, R., BAIK, L. C., STORDE, Y. N., LOPEZ, M. R., DAVIES, G. R. & HOFMAN, C. L. (2014). Long-distance exchange in the precolonial Circum-Caribbean : A multi-isotope study of animal tooth pendants from Puerto Rico. *Journal of Anthropological Archaeology*, 35, 220-233. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2014.06.004>
- LAFFOON, J. E., SONNEMANN, T. F., ANTCZAK, M. M. & ANTCZAK, A. (2018). Sourcing nonnative mammal remains from Dos Mosquises Island, Venezuela : new multiple isotope evidence. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 10(6), 1265-1281. <https://doi.org/10.1007/s12520-016-0453-6>
- LÓPEZ-GARCÍA, J. M., BERTO, C., COLAMUSSI, V., VALLE, C. D., VETRO, D. L., LUZI, E., MALAVASI, G., MARTINI, F. & SALA, B. (2014). Palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction of the latest Pleistocene–Holocene sequence from Grotta del Romito (Calabria, southern Italy) using the small-mammal assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 409, 169-179. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.05.017>
- LOZADA MENDIETA, N., OLIVER, J. & RIRIS, P. (2016). Archaeology in the Atures Rapids of the Middle Orinoco, Venezuela. *Archaeology International*, 19, 73-77.
- MALAIZÉ, B., BERTRAN, P., CARBONEL, P., BONNISSANT, D., CHARLIER, K., GALOP, D., IMBERT, D., SERRAND, N., STOUVENOT, C. & PUJOL, C. (2011). Hurricanes and climate in the Caribbean during the past 3700 years BP. *The Holocene*, 21(6), 911-924. <https://doi.org/10.1177/0959683611400198>
- MARCON, E. (2018). Mesures de la Biodiversité.

- MARCON, E. & HERAULT, B. (2019). Entropart : Entropy Partitioning to Measure Diversity.
- MARCON, E. & HÉRAULT, B. (2015). Entropart : An R Package to Measure and Partition Diversity. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-26. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i08>
- MARWICK, B. (2021). Open data on beads, pendants, blanks from the Ceramic Age Caribbean. *Peer Community in Archaeology*, 1, 100009. <https://doi.org/10.24072/pci.archaeo.100009>
- MATHUR, R., TITLEY, S., BARRA, F., BRANTLEY, S., WILSON, M., PHILLIPS, A., MUNIZAGA, F., MAKSAEV, V., VERVOORT, J. & HART, G. (2009). Exploration Potential of Cu Isotope Fractionation in Porphyry Copper Deposits. *Journal of Geochemical Exploration*, 102(1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2008.09.004>
- MATTIONI, M. D. (1976). Discovery of Three Third Century Pre-Columbian Tombs in Martinique. *Proceedings of the First Puerto Rican Symposium on Archaeology*, 79-84.
- MATTIONI, M. D. (1979). *Salvage Excavations at the Vivé Site, Martinique : Final Report*. Department of Anthropology, University of Manitoba.
- MATTIONI, M. D. (1983). *Fouilles de Sondage à l'Anse Trabaud, Compte-rendu Préliminaire* (rapp. tech.). SRA Martinique.
- MATTSON, H. V. (Éd.). (2021). *Personal Adornment and the Construction of Identity : A Global Archaeological Perspective*. Oxbow Books.
- MAURY, R. C., WESTBROOK, G. K., BAKER, P. E., BOUYASSE, P. & WESTERCAMP, D. (1991). Geology of the Lesser Antilles. <https://doi.org/10.1130/DNAG-GNA-H.141>
- MILLER, J. M. & WANG, Y. V. (2022). Ostrich eggshell beads reveal 50,000-year-old social network in Africa. *Nature*, 601(7892), 234-239. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04227-2>
- MILLS, B. J. (2017). Social Network Analysis in Archaeology. *Annual Review of Anthropology*, 46, 379-397. <https://doi.org/10.1146/annurev-anthro-102116-041423>
- MILLS, B. J., ROBERTS JR, J. M., CLARK, J. J., HAAS JR, W. R., HUNTLEY, D., PEEPLES, M. A., BORCK, L., RYAN, S. C., TROWBRIDGE, M. & BREIGER, R. L. (2013). The Dynamics of Social Networks in the Late Prehispanic US Southwest. In C. KNAPPETT (Éd.),

- Network Analysis in Archaeology : New Approaches to Regional Interaction* (p. 181-202). Oxford University Press.
- MOL, A. A. A. (2011). Bringing Interaction into Higher Spheres. In C. L. HOFMAN & A. VAN DUIJVENBODE (Éd.), *Communities in Contact. Essays in Archaeology, Ethnohistory & Ethnography of the Amerindian Circum-Caribbean* (p. 61-86). Sidestones Press.
- MOL, A. A. A. (2013). Studying Pre-Columbian Interaction Networks : Mobility and Exchange. In W. F. KEEGAN, C. L. HOFMAN & R. RODRÍGUEZ RAMOS (Éd.), *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology* (p. 329-346). Keegan W.F., Hofman C.L., Rodriguez Ramos R.
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195392302.013.0097>.
- MOL, A. A. A. (2014). *The Connected Caribbean : A socio-material network approach to patterns of homogeneity and diversity in the pre-colonial period*. Sidestone Press
Accepted : 2021-03-10T16 :28 :56Z.
- MOL, A. A. A. & MANS, J. (2013). Old Boy Networks in the Indigenous Caribbean. In C. KNAPPETT (Éd.), *Network Analysis in Archaeology : New Approaches to Regional Interaction* (p. 307-333). Oxford University Press.
- MONES, M. (2007). Amerindian Lithics of Tobago : A Preliminary Report. *Proceedings of the 21st Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 757-766.
- MOUSSAÏD, M. (2019). *Fouloscopie. Ce Que La Foule Dit de Nous : Ce Que La Foule Dit de Nous*. HumenSciences / Humensis.
- MULLINS, H. T., BREEN, N., DOLAN, J., WELLNER, R. W., PETRUCCIONE, J. L., GAYLORD, M., ANDERSEN, B., MELILLO, A. J., JURGENS, A. D. & ORANGE, D. (1992). Carbonate Platforms along the Southeast Bahamas-Hispaniola Collision Zone. *Marine Geology*, 105(1-4), 169-209. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(92\)90188-N](https://doi.org/10.1016/0025-3227(92)90188-N)
- MUNAN, H. (1995). Social Status Gradations Expressed in the Beadwork Patterns of Sarawak's Orang Ulu. *BEADS : Journal of the Society of Bead Researchers*, 7(1), 55-64.

- MURPHY, A. R. (1999). *The prehistory of Antigua, ceramic age : subsistence, settlement, culture and adaptation within an insular environment* (thèse de doct.). University of Calgary.
- MURPHY, A. R., HOZJAN, D. J., DE MILLE, C. N. & LEVINSON, A. A. (2000). Pre-Columbian Gems and Ornamental Materials from Antigua, West Indies. *Gems and Gemology*, 36(2), 234-245. <https://doi.org/10.5741/GEMS.36.3.234>
- NÄGELE, K., POSTH, C., ORBEGOZO, M. I., de ARMAS, Y. C., GODOY, S. T. H., HERRERA, U. M. G., NIEVES-COLÓN, M. A., SANDOVAL-VELASCO, M., MYLOPOTAMITAKI, D., RADZEVICIUTE, R., LAFFOON, J., PESTLE, W. J., RAMOS-MADRIGAL, J., LAMNIDIS, T. C., SCHAFFER, W. C., CARR, R. S., DAY, J. S., ANTÚNEZ, C. A., RIVERO, A. R., ... SCHROEDER, H. (2020). Genomic insights into the early peopling of the Caribbean. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.aba8697>
- NAPOLITANO, M. F., DINAPOLI, R. J., STONE, J. H., LEVIN, M. J., JEW, N. P., LANE, B. G., O'CONNOR, J. T. & FITZPATRICK, S. M. (2019). Reevaluating human colonization of the Caribbean using chronometric hygiene and Bayesian modeling. *Science Advances*, 5(12). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aar7806>
- NARGANES STORDE, Y. M. (1995). La Lapidaria de La Hueca, Vieques, Puerto Rico. *Proceedings of the 15th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 141-151.
- NARGANES STORDE, Y. M. (1999). La Lapidaria de Sorce, Vieques y Tecla, Guayanilla, Puerto Rico. *Proceedings of the 16th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 17-26.
- NAVARRETE, R. (2008). The Prehistory of Venezuela – Not Necessarily an Intermediate Area. In H. SILVERMAN & W. H. ISBELL (Éd.), *The Handbook of South American Archaeology* (p. 429-458). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74907-5_23
- NEWELL, R. R., KIELMAN, D., CONSTANDSE-WESTERMANN, T. S., VAN DER SANDEN, W. A. B. & VAN GIJN, A. (1990). *An Inquiry Into the Ethnic Resolution of Mesolithic Regional Groups : The Study of Their Decorative Ornaments in Time and Space*. Brill.

- NGURU, M. M. & MAINA, S. M. (2020). Social-Cultural Impact of Bead Work in East Africa : The Nexus between the Dinka, Samburu & Masaai Ethnicities. *International Journal of Innovative Research and Development*, 9(7).
- NOBAYASHI, A. (2020). The Diversity of Taiwanese Indigenous Culture Seen in Bead Products. *Senri Ethnological Studies*, 103, 51-63. <https://doi.org/10.15021/00009622>
- O'CONNOR, J. T., WHITE, F. J. & HUNT, T. L. (2017). Fishhook Variability and Cultural Transmission in East Polynesia. *Archaeology in Oceania*, 52(1), 32-44. <https://doi.org/10.1002/arco.5120>
- O'DONOGHUE, M. (2006). *Gems* (6th edition). Elsevier.
- ODRIOZOLA, C. P., LINARES-CATELA, J. A. & HURTADO-PÉREZ, V. (2010). Variscite Source and Source Analysis : Testing Assumptions at Pico Centeno (Encinasola, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 37(12), 3146-3157. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.07.016>
- ONAC, B. P., SUMRALL, J., MYLROIE, J. E. & KEARNS, J. B. (2009). *Cave Minerals of San Salvador Island, Bahamas*. University of South Florida Tampa Library.
- OSTAPKOWICZ, J. (2018). To Produce “a Pleasing Effect :” Taíno Shell and Stone Cibas and Spanish Cuentas in the Early Colonial Caribbean. *BEADS : Journal of the Society of Bead Researchers*, 30.
- ÖSTBORN, P. & GERDING, H. (2014). Network Analysis of Archaeological Data : A Systematic Approach. *Journal of archaeological science*, 46, 75-88. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.03.015>
- OTHMANE, G., HULL, S., FAYEK, M., ROUXEL, O., LAHD GEAGEA, M. & KYSER, T. K. (2015). Hydrogen and Copper Isotope Analysis of Turquoise by SIMS : Calibration and Matrix Effects. *Chemical Geology*, 395, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2014.11.024>
- PAGÁN-JIMÉNEZ, J. R. (2013). Human–Plant Dynamics in the Precolonial Antilles. In W. F. KEEGAN, C. L. HOFMAN & RODR (Éd.), *The Oxford Handbook of Caribbean*

- Archaeology*. Oxford University Press, New York (p. 391-406)
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195392302.013.0112>.
- PAGÁN-JIMÉNEZ, J. R., RODRÍGUEZ RAMOS, R., REID, B. A., VAN DEN BEL, M. & HOFMAN, C. L. (2015). Early dispersals of maize and other food plants into the Southern Caribbean and Northeastern South America. *Quaternary Science Reviews*, 123, 231-246. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.07.005>
- PARDO ECHARTE, M. E. & COBIELLA REGUERA, J. L. (2017). Overview of the Geology of Cuba. In M. E. PARDO ECHARTE & J. L. COBIELLA REGUERA (Éd.), *Oil and Gas Exploration in Cuba : Geological-Structural Cartography using Potential Fields and Airborne Gamma Spectrometry* (p. 9-38). Springer International Publishing.
- PEEPLES, M. A. (2011). R Script for Calculating the Brainerd-Robinson Coefficient of Similarity and Assessing Sampling Error.
- PEEPLES, M. A. (2018). Measuring Archaeological Diversity by Comparing to Simulated Assemblages.
- PEEPLES, M. A. & ROBERTS, J. M. (2013). To binarize or not to binarize : relational data and the construction of archaeological networks. *Journal of Archaeological Science*, 40(7), 3001-3010. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.03.014>
- PERESANI, M., VANHAEREN, M., QUAGGIOTTO, E., QUEFFELEC, A. & D'ERRICO, F. (2013). An Ochered Fossil Marine Shell From the Mousterian of Fumane Cave, Italy. *PLoS ONE*, 8(7), e68572. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068572>
- PERROT-MINNOT, S. & BUTAUD, P. (2021). Le Diamant – Dizac. *ADLFI. Archéologie de la France - Informations*.
- PÉTREQUIN, P., PÉTREQUIN, A.-M., CINQUETTI, M., ERRERA, M., VALCARCE, R. F., GAUTHIER, E., JALLET, F., PAILLER, Y., PRODÉO, F. & SHERIDAN, A. (2019). Rings and Axeheads of Alpine Jades : Imports to and Exports from the Gulf of Morbihan during the 5th Millennium and the Beginning of the 4th Millennium. In G. QUERRÉ, S. CASSEN & E. VIGIER (Éd.), *La Parure En Callais Du Néolithique Européen* (p. 445-464). Archaeopress Publishing Ltd.
- PETRIE, W. M. F. (1899). *Sequences in Prehistoric Remains* (T. 331). Bobbs-Merrill.

- PIÉLOU, E. C. (1966). The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections. *Journal of theoretical biology*, 13, 131-144.
- PINCHON, R. (1967). *Quelques aspects de la nature aux Antilles*. Ozanne.
- POTTER, R. B., BARKER, D., KLAK, T. & CONWAY, D. (2004). *The Contemporary Caribbean*. Routledge.
- QUEFFELEC, A. (2020). Provenancing turquoise : a difficult task. *ArcheoSciences. Revue d'archéométrie*, (44-1), 19-32. <https://doi.org/10.4000/archeosciences.7186>
- QUEFFELEC, A., BELLOT-GURLET, L., FOY, E., LEFRAIS, Y. & FRITSCH, E. (2021). First Identification of Sudoite in the Caribbean Ceramic Age Lapidary Craftsmanship. *Gems and Gemology*, 57(3), 206-226. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.5741/GEMS.57.3.206>
- QUEFFELEC, A., FOUÉRE, P., BELLOT-GURLET, L. & BÉRARD, B. (2020). Stone Ornaments from Guadeloupe and Martinique Early Ceramic Period Sites (200 BC – AD 400), Detailed Analysis and Comparison with a Late Ceramic Period Site (AD 750 – 1000). *Journal of Caribbean Archaeology*, 20, 1-44.
- QUEFFELEC, A., FOUÉRE, P., BELLOT-GURLET, L., LEDEVIN, R., STOUVENOT, C., BÉRARD, B., ROUSSEAU, L., GUILLIEN, L. & PARIS, C. (2019). *Parures Amérindiennes En Matériaux Lithiques Dans Les Antilles Françaises : Minéralogie, Sources Géologiques et Fabrication* (Rapport de PCR). Service Régional de l'Archéologie. Basse-Terre, Guadeloupe.
- QUEFFELEC, A., FOUÉRE, P. & CAVERNE, J.-B. (2020). A database of lapidary artifacts in the Caribbean for the Ceramic Age. *SocArXiv*, ver. 4 peer-reviewed and recommended by PCI Archaeology. <https://doi.org/10.31235/osf.io/7dq3b>
- QUEFFELEC, A., FOUÉRE, P. & CAVERNE, J.-B. (2021). A Database of Lapidary Artifacts in the Caribbean for the Ceramic Age. *Journal of Open Archaeology Data*, 9, 11. <https://doi.org/10.5334/joad.74>
- QUEFFELEC, A., FOUÉRE, P., PARIS, C., STOUVENOT, C. & BELLOT-GURLET, L. (2018). Local Production and Long-Distance Procurement of Beads and Pendants with High Mineralogical Diversity in an Early Saladoid Settlement of Guadeloupe

- (French West Indies). *Journal of Archaeological Science : Reports*, 21, 275-288.
<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.07.011>
- QUERRÉ, G., CASSEN, S. & VIGIER, E. (2019). *La Parure En Callais Du Néolithique Européen*. Archaeopress.
- RADOVČIĆ, D., SRŠEN, A. O., RADOVČIĆ, J. & FRAYER, D. W. (2015). Evidence for Neandertal Jewelry : Modified White-Tailed Eagle Claws at Krapina. *PLoS One*, 10(3), e0119802. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119802>
- REDMOND, E. M. (1998). *Chiefdoms and Chieftaincy in the Americas*. University Press of Florida.
- REID, B. A. (2018). *The Archaeology of Caribbean and Circum-Caribbean Farmers (6000 BC-AD 1500)*. Routledge.
- REID, B. A. & GILMORE III, R. G. (2014). *Encyclopedia of Caribbean Archaeology*. University Press of Florida.
- RIGAUD, S., D'ERRICO, F. & VANHAEREN, M. (2015). Ornaments Reveal Resistance of North European Cultures to the Spread of Farming. *PLOS ONE*, 10(4), e0121166. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121166>
- RIGAUD, S., MANEN, C. & GARCÍA-MARTÍNEZ DE LAGRÁN, I. (2018). Symbols in Motion : Flexible Cultural Boundaries and the Fast Spread of the Neolithic in the Western Mediterranean. *PLoS One*, 13(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196488>
- RIGHTER, E. (Éd.). (2002a). Site Analysis. In *The Tutu Archaeological Village Site : A Multidisciplinary Case Study in Human Adaptation* (p. 342-353). Routledge.
- RIGHTER, E. (Éd.). (2002b). *The Tutu Archaeological Village Site : A Multidisciplinary Case Study in Human Adaptation* (T. 2). Routledge.
- RIGHTER, E. (2003). Saladoid Midden And Burial Distributions At The Tutu Site, St. Thomas, USVI : The Missing Link. *Proceedings of the 20th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 24-30.
- RIOS, S., SALJE, E. & REDFERN, S. (2001). Nanoquartz vs. macroquartz : a study of the alpha-beta phase transition. *The European Physical Journal B - Condensed Matter and Complex Systems*, 20(1), 75-83. <https://doi.org/10.1007/s100510170286>

- ROBINSON, W. S. (1951). A Method for Chronologically Ordering Archaeological Deposits. *American Antiquity*, 16(4), 293-301. <https://doi.org/10.2307/276978>
- RODRIGUEZ, M. & RIVERA, P. D. (1991). Puerto Rico and the Caribbean Pre-Saladoid "Crosshatch Connection". *Proceedings of the 12th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 45-52.
- RODRIGUEZ, M. (1991). Arqueologia de Punta Candelero, Puerto Rico. *Proceedings of the 13th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 605-627.
- RODRIGUEZ, M. (1993). Early Trade Networks in the Caribbean. *Proceedings of the 14th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 306-314.
- RODRÍGUEZ RAMOS, R. (2007). *Puerto Rican Precolonial History Etched in Stone* (thèse de doct.). University of Florida.
- RODRÍGUEZ RAMOS, R. (2010). What Is the Caribbean? An Archaeological Perspective. *Journal of Caribbean Archaeology*, 3, 19-51.
- RODRÍGUEZ RAMOS, R. (2011a). The Circulation of Jadeitite across the Caribbeanscape. In C. L. HOFMAN & A. VAN DUIJVENBODE (Éd.), *Communities in Contact. Essays in Archaeology, Ethnohistory & Ethnography of the Amerindian Circum-Caribbean* (p. 117-136). Sidestones Press.
- RODRÍGUEZ RAMOS, R. (2011b). Close Encounters of the Caribbean Kind. *Islands at the crossroads : migration, seafaring, and interaction in the Caribbean*, 164-192.
- RODRÍGUEZ RAMOS, R. (2013). Isthmo–Antillean Engagements. In W. F. KEEGAN, C. L. HOFMAN & R. RODRÍGUEZ RAMOS (Éd.), *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology* (p. 155-170). Oxford University Press
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195392302.013.0058>.
- RODRÍGUEZ RAMOS, R., PAGÀN-JIMÉNEZ, J. & HOFMAN, C. L. (2013). The Humanization of the Insular Caribbean. In W. F. KEEGAN, C. L. HOFMAN & R. RODRÍGUEZ RAMOS (Éd.), *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology* (p. 126-140). Oxford University Press
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195392302.013.0050>.

- ROMON, T., BERTRAN, P., FOUÉRE, P., HILDEBRAND, M. & SERRAND, N. (2013). Le site de la gare maritime de Basse-Terre (Guadeloupe). In B. BÉRARD (Éd.), *Martinique, terre amérindienne : Une approche pluridisciplinaire* (p. 223-234). Sidestone Press.
- ROMON, T., BERTRAN, P., FOUÉRE, P., HILDEBRAND, M. & VALLET, C. (2006). *Fouille Préventive de La Gare Maritime de Basse-Terre (Guadeloupe)* (Rapport Final de Fouille). SRA Guadeloupe.
- ROOBOL, M. J. & LEE, J. W. (1976). Petrography and source of some Arawak artifacts from Jamaica. *Proceedings of the 6th International Congress for the study of Pre-Columbian cultures of the Lesser Antilles*, 304-313.
- ROOSEVELT, A. C. (1980). *Parmana : Prehistoric Maize and Manioc Subsistence along the Amazon and Orinoco*. Academic Press.
- ROSS, A. H., KEEGAN, W. F., PATEMAN, M. P. & YOUNG, C. B. (2020). Faces Divulge the Origins of Caribbean Prehistoric Inhabitants. *Scientific Reports*, 10(1), 147. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56929-3>
- ROSTAIN, S. (2006). Spécialisation et Commerce Dans Les Guyanes Amérindiennes. *Techniques & culture*, 46–47.
- ROSTAIN, S. (2008). The Archaeology of the Guianas : An Overview. In H. SILVERMAN & W. H. ISBELL (Éd.), *The Handbook of South American Archaeology* (p. 279-302) https://doi.org/10.1007/978-0-387-74907-5_16.
- ROTH, V. (1944). A Stone-Age Bead Factory on the Mahaica River. *Timehri*, 26, 42-48.
- ROUSE, I. & ALEGRÍA, R. E. (1990). Excavations at María de La Cruz Cave and Hacienda Grande.
- ROUSE, I. (1992). *The Tainos : Rise & Decline of the People Who Greeted Columbus*. Yale University Press.
- ROUSE, I. & CRUXENT, J. M. (1963). *Venezuelan Archaeology* (T. 6). New Haven : Yale University Press.
- ROUX, V. (2000). *Carnelian in India*. Les Editions de la MSH.

- SACHANBIŃSKI, M., GIRULSKI, R., BOBAK, D. & LYDŹBA-KOPCZYŃSKA, B. (2008). Pre-historic Rock Crystal Artefacts from Lower Silesia (Poland). *Journal of Raman Spectroscopy*, 39(8), 1012-1017. <https://doi.org/10.1002/jrs.1988>
- SCHELLMANN, G. & RADTKE, U. (2004). A Revised Morpho-and Chronostratigraphy of the Late and Middle Pleistocene Coral Reef Terraces on Southern Barbados (West Indies). *Earth-Science Reviews*, 64(3-4), 157-187. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(03\)00043-6](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(03)00043-6)
- SCHERTL, H.-P., MARESCH, W. V., KNIPPENBERG, S., HERTWIG, A., BELANDO, A. L., RODRÍGUEZ RAMOS, R., SPEICH, L. & HOFMAN, C. L. (2018). Petrography, mineralogy and geochemistry of jadeite-rich artefacts from the Playa Grande excavation site, northern Hispaniola : evaluation of local provenance from the Río San Juan Complex. *Geological Society, London, Special Publications*, 474, SP474.3. <https://doi.org/10.1144/SP474.3>
- SCHERTL, H.-P., MARESCH, W. V., STANEK, K. P., HERTWIG, A., KREBS, M., BAESE, R. & SERGEEV, S. S. (2012). New occurrences of jadeitite, jadeite quartzite and jadeite-lawsonite quartzite in the Dominican Republic, Hispaniola : petrological and geochronological overview. *European Journal of Mineralogy*, 24(2), 199-216. <https://doi.org/10.1127/0935-1221/2012/0024-2201>
- SCHMIDT, P., BADOU, A. & FRÖHLICH, F. (2011). Detailed FT Near-Infrared Study of the Behaviour of Water and Hydroxyl in Sedimentary Length-Fast Chalcedony, SiO₂, upon Heat Treatment. *Spectrochimica Acta Part A : Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 81(1), 552-559. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2011.06.050>
- SCHMIDT, P., BELLOT-GURLET, L., LEÁ, V. & SCIAU, P. (2013). Moganite detection in silica rocks using Raman and infrared spectroscopy. *European Journal of Mineralogy*, 25(5), 797-805. <https://doi.org/10.1127/0935-1221/2013/0025-2274>
- SCHMIDT, P., BELLOT-GURLET, L., SŁODCZYK, A. & FRÖHLICH, F. (2012). A Hitherto Unrecognised Band in the Raman Spectra of Silica Rocks : Influence of Hydroxylated Si–O Bonds (Silanole) on the Raman Moganite Band in Chalcedony

- and Flint (SiO₂). *Physics and chemistry of minerals*, 39(6), 455-464. <https://doi.org/10.1007/s00269-012-0499-7>
- SELLIER-SEGARD, N. (2020). *Saint-Martin, Grand-Case, Rue de l'Espérance, Parcelle BK 77 - Un Village de Bord de Mer Du Néoindien Récent et Une Installation de La Fin Du XVII^e Siècle : Un Atelier de Production de Chaux* (Rapport Finale d'opération de Fouille SRA/97-127-0020).
- SERRAND, N. (2002). *Exploitation des invertébrés marins et terrestres par les populations saladoïdes et post-saladoïdes du nord des petites Antilles (500 B.C. - 1200 A.D.) étude de cas et comparaisons* (thèse de doct.). Université Panthéon-Sorbonne. Paris.
- SERRAND, N. (2007). Exploitation des invertébrés par les sociétés précolombiennes des Petites Antilles. *Journal de la société des américanistes*, 92(93-1), 7-47. <https://doi.org/10.4000/jsa.6213>
- SERRAND, N. (2016). *Stade José Bade : Les Occupations Cedrosan-Saladoïde et Troumassan-Troumassoïde de Turlourous* (Rapport d'opération de Fouille Archéologique). SRA Guadeloupe.
- SHAW, B., HAWKINS, S., BECERRA-VALDIVIA, L., TURNEY, C. S. M., COXE, S., KEWIBU, V., HARO, J., MIAMBA, K., LECLERC, M., SPRIGGS, M., PRIVAT, K., HABERLE, S., HOPF, F., HULL, E., PENGILLEY, A., BROWN, S., MARJO, C. E. & JACOBSEN, G. (2022). Frontier Lapita interaction with resident Papuan populations set the stage for initial peopling of the Pacific. *Nature Ecology & Evolution*, 6(6), 802-812. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01735-w>
- SHOTT, M. J. (2010). Size Dependence in Assemblage Measures : Essentialism, Materialism, and “She” Analysis in Archaeology. *American Antiquity*, 75(4), 886-906. <https://doi.org/10.7183/0002-7316.75.4.886>
- SIEGEL, P. E. (1989). *Early Ceramic Population Lifeways and Adaptive Strategies in the Caribbean* (T. 506). British Archaeological Association.
- SIEGEL, P. E. (2010). Continuity and Change in the Evolution of Religion and Political Organization on Pre-Columbian Puerto Rico. *Journal of Anthropological Archaeology*, 29(3), 302-326. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2010.04.002>

- SIEGEL, P. E. (2018). *Island Historical Ecology : Socionatural Landscapes of the Eastern and Southern Caribbean*. Berghahn Books.
- SIEGEL, P. E., JONES, J. G., PEARSALL, D. M., DUNNING, N. P., FARRELL, P., DUNCAN, N. A., CURTIS, J. H. & SINGH, S. K. (2015). Paleoenvironmental Evidence for First Human Colonization of the Eastern Caribbean. *Quaternary Science Reviews*, 129, 275-295. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.10.014>
- SIEGEL, P. E. (1992). *Ideology, Power, and Social Complexity in Prehistoric Puerto Rico* (thèse de doct.). State University of New York. Binghamton.
- SINCLAIR, A. (1995). The Technique as a Symbol in Late Glacial Europe. *World Archaeology*, 27(1), 50-62. <https://doi.org/10.1080/00438243.1995.9980292>
- SO, J. F. (2018). Connecting Friend and Foe : Western Zhou Personal Regalia in Jade and Colored Stones. *Archaeological Research in Asia*. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2018.05.001>
- SPENCER, C. S. & REDMOND, E. M. (1992). Prehispanic Chiefdoms of the Western Venezuelan Ilanos. *World Archaeology*, 24(1), 134-157. <https://doi.org/10.1080/00438243.1992.9980198>
- SPRIGGS, M. (2020). The Political Economy of Prestige Practices in the Pacific : Understanding Lapita and After. *Theory in the Pacific, the Pacific in Theory Archaeological Perspectives*. Routledge.
- STERELNY, K. & HISCOCK, P. (2014). Symbols, Signals, and the Archaeological Record. *Biological Theory*, 9(1), 1-3. <https://doi.org/10.1007/s13752-013-0154-7>
- STINER, M. C. (2014). Finding a Common Bandwidth : Causes of Convergence and Diversity in Paleolithic Beads. *Biological Theory*, 9(1), 51-64. <https://doi.org/10.1007/s13752-013-0157-4>
- STOUVENOT, C. & CASAGRANDE, F. (2017). Recherche Des Occupations Précolombiennes Dans Les Hauteurs de Capesterre-Belle-Eau (Guadeloupe) : Résultats Préliminaires. *Proceedings of the 26th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*.

- STOUVENOT, C. & HENOCQ, C. (1999). *Inventaire des sites archéologiques de la partie française de l'île de Saint-Martin. Guadeloupe* (rapp. tech. SRA 96). AAHE (Association Archéologique Hope Estate), SRA DRAC Guadeloupe.
- SUED BADILLO, J. (1974). La Industria Lapidaria Pretaina En Las Antillas. *Proceedings of the 41st I.C.O.A.*, 3, 717-724.
- TEN BRUGGENCATE, R., FAYEK, M., MILNE, B. & BROWNLEE, K. (2014). Characterizing Quartz Artefacts : A Case Study from Manitoba's Northern Boreal Forest. *Archaeometry*, 56(6), 913-926. <https://doi.org/10.1111/arcm.12092>
- TEN BRUGGENCATE, R., FAYEK, M., BROWNLEE, K., MILNE, S. B. & HAMILTON, S. (2013). A Combined Visual-Geochemical Approach to Establishing Provenance for Pegmatite Quartz Artifacts. *Journal of Archaeological Science*, 40(6), 2702-2712. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.02.008>
- THEUNISSEN, R., GRAVE, P. & BAILEY, G. (2000). Doubts on Diffusion : Challenging the Assumed Indian Origin of Iron Age Agate and Carnelian Beads in Southeast Asia. *World Archaeology*, 32(1), 84-105.
- THIBODEAU, A. M., KILLICK, D. J., HEDQUIST, S. L., CHESLEY, J. T. & RUIZ, J. (2015). Isotopic Evidence for the Provenance of Turquoise in the Southwestern United States. *Geological Society of America Bulletin*, 127(11-12), 1617-1631. <https://doi.org/10.1130/B31135.1>
- THIBODEAU, A. M., LUJÁN, L. L., KILLICK, D. J., BERDAN, F. F. & RUIZ, J. (2018). Was Aztec and Mixtec turquoise mined in the American Southwest? *Science Advances*, 4(6), eaas9370. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aas9370>
- THOMAS, J. T. (2011). Fashioning Identities, Forging Inequalities : Late Neolithic/Copper Age Personal Ornaments of the Portuguese Estremadura. *European Journal of Archaeology*, 14(1-2), 29-59. <https://doi.org/10.1179/146195711798369373>
- TOFTGAARD, C. J. (2019). The Huecoid Culture in the US Virgin Islands - "Old" Evidence from the National Museum of Denmark. *Proceedings of the 27th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, 279-296.

- TOLEDO I MUR, A., BERTRAN, P., CHANCEREL, G., FOUÉRE, P., FOUILLOU, C., MAHEUX, H., STOUVENOT, C. & VALLET, C. (2003). *Rivière Du Grand Carbet, Capesterre-Belle-Eau (97)*. (Document Final de Synthèse). SRA Guadeloupe. Basse-Terre.
- TORVINEN, A. & NELSON, B. A. (2020). Refinement of the Chronology of La Quemada, Zacatecas, Mexico, Using Ceramic Seriation. *Latin American Antiquity*, 31(1), 61-80. <https://doi.org/10.1017/laq.2019.106>
- TÓTHMÉRÉSZ, B. (1995). Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science*, 6(2), 283-290. <https://doi.org/10.2307/3236223>
- TURNER, B. F., STALLARD, R. F. & BRANTLEY, S. L. (2003). Investigation of in Situ Weathering of Quartz Diorite Bedrock in the Rio Icacos Basin, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Chemical Geology*, 202(3-4), 313-341. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2003.05.001>
- ULLOA HUNG, J. & VALCÁRCEL ROJAS, R. (2019). Construction and deconstruction of the "archaic" in Cuba and Hispaniola. In C. L. HOFMAN & A. T. ANTCZAK (Éd.), *Early Settlers of the Insular Caribbean. Dearchaizing the Archaic* (p. 165-178). Sidestone Press.
- VANHAEREN, M. & D'ERRICO, F. (2006). Aurignacian Ethno-Linguistic Geography of Europe Revealed by Personal Ornaments. *Journal of Archaeological Science*, 33(8), 1105-1128. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.11.017>
- VANHAEREN, M., D'ERRICO, F., STRINGER, C., JAMES, S. L., TODD, J. A. & MIENIS, H. K. (2006). Middle Paleolithic Shell Beads in Israel and Algeria. *Science*, 312(5781), 1785-1788. <https://doi.org/10.1126/science.1128139>
- VANHAEREN, M., WADLEY, L. & D'ERRICO, F. (2019). Variability in Middle Stone Age Symbolic Traditions : The Marine Shell Beads from Sibudu Cave, South Africa. *Journal of Archaeological Science : Reports*, 27, 101893.
- VERSTEEG, A. H. (2008). Barrancoid and Arauquinoid Mound Builders in Coastal Suriname. In H. SILVERMAN & W. H. ISBELL (Éd.), *The Handbook of South American Archaeology* (p. 303-318). Springer
https://doi.org/10.1007/978-0-387-74907-5_17.

- VERSTEEG, A. H. & SCHINKEL, C. (1992). *The Archaeology of St. Eustatius : The Golden Rock Site*.
- VESCELIUS, G. S. & ROBINSON, L. (1979). Exotic Items in Archaeological Collections from St. Croix : Prehistoric Imports and Their Implications. *Proceedings of the 8th International Congress for the Study of Pre-Columbian Cultures of the Lesser Antilles*.
- WAGNER, E. & SCHUBERT, C. (1972). Pre-Hispanic Workshop of Serpentinite Artifacts, Venezuelan Andes, and Possible Raw Material Source. *Science*, 175(4024), 888-890. <https://doi.org/10.1126/science.175.4024.888>
- WALDRON, L. (2011). Geographic Distributions of Zoomorphic Motifs in Saladoid Ceramics. *Caribbean Connections*, 1(2).
- WALLACE, A. R. (1889). *A Narrative of Travels on the Amazon and Rio Negro, with an Account of the Native Tribes, and Observations on the Climate, Geology, and Natural History of the Amazon Valley* (Second). Ward, Lock & Co.
- WANG, L.-Y. & MARWICK, B. (2021). A Bayesian networks approach to infer social changes from burials in northeastern Taiwan during the European colonization period. *Journal of Archaeological Science*, 134, 105471. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105471>
- WATTERS, D. R. (1997a). Stone Beads in the Prehistoric Caribbean. *Bead Study Trust Newsletter*, 29, 7-8.
- WATTERS, D. R. (1997b). Maritime Trade in the Prehistoric Eastern Caribbean. *The Indigenous People of the Caribbean* (p. 88-99). University Press of Florida.
- WEIDELE, D., VAN GARDEREN, M., GOLITKO, M., FEINMAN, G. M. & BRANDES, U. (2016). On Graphical Representations of Similarity in Geo-Temporal Frequency Data. *Journal of Archaeological Science*, 72, 105-116. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.05.013>
- WEN, G. & JING, Z. (1992). Chinese Neolithic Jade : A Preliminary Geoarchaeological Study. *Geoarchaeology*, 7(3), 251-275. <https://doi.org/10.1002/gea.3340070304>
- WESTERCAMP, D., ANDREIEFF, P., BOUYASSE, P., COTTEZ, S. & BATTISTINI, R. (1989). Martinique, Carte Géologique à 1/50 000. *BRGM (Ed.)*

- WESTERCAMP, D. & TAZIEFF, H. (1980). *Martinique, Guadeloupe, Saint-Martin, La Désirade*. Masson.
- WIESSNER, P. (1982). Risk, Reciprocity and Social Influences on ! Kung San Economics. *Politics and history in band societies*, 61, 84.
- WILSON, S. M. (2007). *Archaeology of the Caribbean*. Cambridge University Press.
- WRIGHT, K. I. & GARRARD, A. (2003). Social identities and the expansion of stone beadmaking in Neolithic western Asia : new evidence from Jordan. *Antiquity*, 77(296), 267-284. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00092267>

Index

A

Améthyste 34, 50, 110,
111, 121, 135,
136, 138, 209,
226, 282, 299

Anguilla 4

Anse Trabaud 128

Anse à la Gourde 50, 121,
128, 129, 220, 222

Antigua 4, 8, 128, 132,
134, 136, 137,
220, 278

Araquinoïde 303

Archaique 6, 8, 98, 307

Aventurine 34

B

Bahamas 5, 23

Baie Orientale 98, 116,
118, 121, 220

Barbade 6, 278

Barbuda 4

Big Men 12, 309

Bitronconique 263, 288,
289

Brésil 134, 136

C

Calcaire 107–109

Calcite 34, 50, 107–109,
116–118, 121,
137, 209, 226,
282, 299, 313

Calcédoine 110, 112–114

Chiefdom 309

Chieftaincy 12, 309

Chili 134

Chlorite 103, 131, 140

Clinochlore 34, 131

Colombie 29, 129, 304,
317

Cornaline 50, 110,
112–114, 136,
137, 209, 226,
282, 299, 313,
317

Costa Rica 29, 132, 304,
307, 317

Cristal de roche 34, 50,
110, 138, 209,
226, 282, 299

Cuba 5, 6, 128, 307

Cylindrique 135, 138, 139,
212, 254, 259,
289, 299, 304,
308

Céramique ancien 8, 9, 11,

220, 223, 226,
236, 297, 301

Céramique final 9, 226,
236, 297

Céramique moyen 12, 223,
298

Céramique récent 9, 10, 15,
226, 236, 297

D

Diorite 34, 101, 139, 188,
209, 226, 282,
299, 304, 313,
317

Discoïde 23, 138, 139, 212,
254, 259, 289

Doig's 237, 246, 249, 272

Dos Mosquitos 24

E

El Cabo 220, 236, 259, 263

El Flaco 220, 259

Elliot's 103, 128, 136, 138,
220, 298

F

Feldspath 139

Feldspaths 34, 101, 138

G

Gare Maritime 33, 34, 50,

- 121, 128, 131,
134, 137, 138,
140, 246
Golden Rock 237, 249, 278
Grand Bay 236, 272
Grand Case 250
Grenade 128, 136, 209
Grenouille 23, 212, 302
Guadeloupe 128, 134, 137,
299
Guatemala 129, 131
Guyana 304
Géométrie 288
- H**
Hacienda Grande 138, 250,
272
Hispaniola 5, 128, 299,
307
Hope Estate 33, 97, 98,
100, 101, 103,
108–115, 121,
122, 128, 133,
137, 138, 220,
222, 246
- I**
Isotopes 176, 178, 182
- J**
Jadéite 209, 282
Jadéitite 128, 129, 131
- Jamaïque 5, 128, 278
Jaspe 34
- L**
La Barbade 4
La Dominique 278
La Hueca 24, 103, 122,
127, 132, 209,
212, 236, 266,
279, 297
- M**
Main Street 132, 245, 246,
272
Malachite 103, 121, 132,
134, 282
Marbre 107–109
Marie-Galante 4, 128
Martinique 6, 128,
134–136
Montserrat 134, 136, 209,
278
Morel 50, 97, 121, 122,
128, 138, 237,
245, 246
- N**
Nahuange 129
Néphrite 34, 50, 105,
128–130, 269, 282
- O**
Orénoque 6, 7, 303, 305
- P**
PA-15 138
Panama 304
Paragonite 34, 103, 131,
269, 282
Pearls 24, 121, 128,
136–138, 209,
211, 212, 237,
250
Pendentif 211, 290, 292,
298, 302, 308
Perle 211, 288
Perle-Pendentif 263
Perle-pendentif 290
Planoconvexe 212, 263,
288, 289
Playa Grande 220, 236,
272
Plomb 182
Porto Rico 5, 6, 10, 121,
128, 136, 139,
209, 237, 278,
309
Porto Rico 139
Prehnite 101
Provenance 301
Pumpellyite 284
Punta Candelero 24, 121,
127, 132, 209,
249, 279

- R**
- Ronquín 304
- Royall's 128, 136–138, 222, 249, 298
- S**
- Saint Barthélemy 4
- Saint Eustache 278
- Saint Vincent 278
- Saint-Martin 33, 100, 107, 121, 137, 299
- Sainte Lucie 278
- Saladero 304
- Saladoïde 34, 35, 50, 97, 98, 214, 222
- Saladoïde cedrosan 297
- Saladoïde huecan 297
- Santarém 304
- Serpentine 34, 50, 105, 127–129, 209, 282
- Shaman 309
- Société 300
- Sorcé 132, 136, 138, 209, 236, 279, 297, 301
- Sudoïte 34, 103, 125, 140, 282, 317
- Suriname 26
- T**
- Tairona 129, 317
- Tecla 136, 138, 272
- Titanite 103
- Tobago 1, 2, 6, 27, 128, 139, 299
- Tonneau 101, 107, 110, 135, 139, 212, 263, 289, 299, 308
- Trants 136–138, 209, 226, 246, 249, 278
- Trinidad 1, 2, 6, 9, 23, 26
- Troumassoïde 50, 98, 116, 117
- Turquoise 34, 50, 103, 134, 162, 176, 182, 209, 226, 282
- Tutu 136, 138
- Typologie 21, 23, 27, 34, 50, 121, 128, 211, 212, 222, 249, 254, 288, 297, 298, 311
- V**
- Valencioïde 25
- Vieques 127, 128, 134, 136, 209, 237, 279
- Vivé 50, 121, 122, 222, 226, 246
- Vénézuéla 1, 6, 25, 26, 304
- Z**
- Zemis 16, 23
- Zoomorphe 26, 103, 105, 121, 122, 128, 138, 212, 269, 288, 290, 299, 308

Annexes

A Article concernant les perforations de perles en matériaux très durs (M. Raymond *et al.*)

Cet article issu du travail de Master 2 de M. Raymond, co-encadré par P. Fouéré et A. Queffelec, présente la première étude des perforations de matériaux très durs par les Amérindiens du Céramique ancien en se basant sur des travaux expérimentaux. Il a été finalisé et mis en ligne sous la forme de preprint sur le serveur SocArXiv (<https://osf.io/preprints/socarxiv/a5tgp/>). Il est actuellement en cours de recommandation par *Peer Community In Archaeology*.

RESEARCH ARTICLE

Published
2022-11-07

Cite as

Madeleine Raymond, Pierrick Fouéré, Ronan Ledevin, Yannick Lefrais and Alain Queffelec (2022) *Technological analysis and experimental reproduction of the techniques of perforation of quartz beads from the Ceramic period in the Antilles*, Peer Community Journal, 2: e66.

Correspondence

alain.queffelec@u-bordeaux.fr

Peer-review

Peer reviewed and recommended by PCI Archaeology, <https://doi.org/10.24072/pci.archaeo.100020>



This article is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

Technological analysis and experimental reproduction of the techniques of perforation of quartz beads from the Ceramic period in the Antilles

Madeleine Raymond¹, Pierrick Fouéré^{2,3}, Ronan Ledevin¹, Yannick Lefrais⁴, and Alain Queffelec¹

Volume 2 (2022), article e66

<https://doi.org/10.24072/pcjournal.184>

Abstract

Personal ornaments are a very specific kind of material production in human societies and are particularly valuable artifacts for the archaeologist seeking to understand past societies. In the Caribbean, Early Ceramic Age sites have yielded a highly diverse production both in terms of raw materials and typology. In recent years they have been the subject of renewed interest, mainly based on the diversity and provenance of raw materials, and on typological similarity, used as proxies for exchange networks, social interactions and the evolution of these phenomena through the Ceramic Age. Meanwhile, the *chaîne opératoire* for lithic beads and pendants has not been investigated in detail, including the process of creating narrow perforations in quartz beads several centimeters long. This hard material (7 on the Mohs scale), represented as rock crystal and amethyst in the collections, is indeed very difficult to perforate without the use of metal drills or harder minerals used as drill-bits or abrasives such as diamond or emery. In this work we demonstrate that it is possible to produce these perforations with cactus thorns and crushed quartz as abrasive powder. We also show that the wear created by our experimental work is fully comparable to the wear visible on the archaeological artifacts. This process, using only materials available to Ceramic Age people, also accounts for the absence of both adequate drills and production wastes of quartz beads in the archaeological record. The investment of Ceramic Age inhabitants of the Lesser Antilles in the production of the many beads made of very hard material recovered in archaeological excavations is once again highlighted. The perforation process, not investigated in detail so far in this archaeological context, has to be taken into account in the value of these highly symbolic artifacts, in addition to the exotic provenance of the raw material.

¹UMR5199 CNRS PACEA, Univ. Bordeaux, Ministère de la Culture – Pessac, France, ²INRAP Nouvelle Aquitaine et Outre-Mer – Pessac, France, ³UMR5608 CNRS TRACES, Univ. Toulouse Jean Jaurès – Toulouse, France, ⁴UMR6034 CNRS Archéosciences Bordeaux, Univ. Bordeaux Montaigne, Univ. Bordeaux – Pessac, France

Introduction

Personal ornaments are found in many human cultures around the world and is considered as one of the oldest forms of symbolic expression, appearing in the Middle Paleolithic (Vanhaeren et al., 2006; Peresani et al., 2013; Radovčić et al., 2015; Bar-Yosef Mayer et al., 2020) and diversifying in the Upper Paleolithic in the form of durable, archaeologically identifiable remains (Kuhn, 2014). Such ornaments are non-utilitarian artifacts, often attached to a symbolic function, taking their value mainly in what they embody: social distinction according to gender or a particular status, embellishment of the individual, social links, etc. (e.g. Heizer and Fogelson, 1978; Munan, 1995; Nguru and Maina, 2020; Nobayashi, 2020; Wiessner, 1982). They are also the marker of common concepts and symbolic thought among an ancient society (Kenoyer, 1991, 1997; d'Errico et al., 2003; Vanhaeren & d'Errico, 2006; Bérard, 2013; Carter & Helmer, 2015). They can also be valued because of the often associated complex craftsmanship necessary to their production, which is acquired only after many years of practice (Roux et al., 1995).

Early Ceramic communities are known in the Lesser Antilles since about 500 B.C. thanks to numerous radiocarbon dates (Fitzpatrick, 2006; Napolitano et al., 2019) and occupied the whole archipelago. They grew locally into chiefdoms in the Late Ceramic Age (ca. 750-1100 A.D.), and into the complex societies of the Final Ceramic that were encountered by the European colonization at the end of the 15th century (Siegel, 2010; Hofman, 2013; Bérard, 2019). During the Early Ceramic Age, a population of pioneering horticulturists and ceramists, known as being part of Saladoid tradition, occupied the entire Lesser Antilles (Bérard, 2013). Their economy was based on shellfish harvesting, fishing, hunting, and slash-and-burn cultivation of various plants imported from the mainland (Bérard and Giraud, 2006; Giovas, 2019; Pagan-Jimenez, 2011; Serrand and Bonnissent, 2018). In addition to a complex and diversified ceramic production (zoomorphic effigy vessels, incense burners, dishes, pots, bowls and bell-shaped vessels), displaying very elaborate decorations (painted, incised), most of the tools were produced from shell and diverse rocks, locally available or imported from other islands and even from the continent (Bérard, 2004; Knippenberg, 2007; Queffelec et al., 2018; Knaf et al., 2021). At the very heart of their material culture, personal ornaments had a special place: made of shells (Haviser, 1990; Serrand, 2002, 2007; Falci, 2020) or gemstones, they are very diverse.

Raw material acquisition from as far away as the isthmo-colombian area, the Northeastern part of South America, or the Greater Antilles, and the variety of shapes, demonstrate the important investment in this craft, and the expertise of the craftspeople (Cody, 1990, 1993; Haviser, 1991; Narganes Storde, 1995, 1999; Murphy et al., 2000; Knippenberg, 2007; Hofman et al., 2008; Bérard, 2013; Queffelec et al., 2018, 2020; Falci et al., 2020). Indeed, if many of these ornaments were made from soft minerals or rocks, the numerous, much harder long quartz beads¹ raised an undeniable interest around their perforations since the first observations of this production (Harrington, 1924). Quartz is a mineral with a hardness of 7 on the Mohs scale, and it can therefore theoretically only be perforated by materials at least as hard as it. Metal drills, particularly hard rocks, or the use of diamond are described in numerous works dealing with lithic adornment as indispensable tools for the narrow perforation of hard objects (Kenoyer, 1986, 1997; Gwinnett & Gorelick, 1987, 1998; Kenoyer & Vidale, 1992; Ludvik et al., 2015). If such studies exist for some archaeological contexts, the perforation techniques used for quartz in the Antilles during the Ceramic period are particularly difficult to imagine. Indeed, no production of metal for utilitarian purposes is known for this period, metal being introduced in the archipelago only with the arrival of the inhabitants from the Greater Antilles around 750 cal A.D., in the form of an alloy of copper, silver and gold called guanin, which was used exclusively for ornamentation (Siegel & Severin, 1993). Descriptions of perforations and associated tools remain very limited and poorly documented in the Caribbean context (de Mille et al., 2008; Falci et al., 2020). A fragment of a lithic point interpreted as a drill of less than a centimeter associated with a broken amethyst bead was found in Pearls (Grenada) and is very briefly described (Cody, 1991). The works on two Puerto Rican sites mention, without description, drills in hyaline quartz and flint (Narganes

¹ As amethyst is a gem composed of quartz whose color comes from its Fe⁴⁺ ion content (Fritsch & Rossman, 1988), we will use the term quartz in the remainder of this work, since it is the properties of the mineral that are of interest to us here and not its color, while the term amethyst will be retained when describing archaeological objects which do indeed have a clearly visible purple or mauve coloration

Storde, 1995, 1999), while the flint drills found at Gare Maritime (Guadeloupe) are too wide compared to the narrow perforations observed on the hard rock beads found in Antillean sites (Fouéré, 2006). The only drills of the Precolumbian period that can correspond to the small dimensions of the perforations are found in Mexico, outside the Saladoid context (Hirth et al., 2009), and do not appear to have been suitable to produce perforations several centimeters long. Finally, several historical sources indicate the use of plants (leaf stem or palm wood) and fine sand to perforate hyaline quartz beads with a simple hand drill in Central American communities in the early 20th century (Koch-Grünberg, 1910 cited by Cody 1990; Wallace, 1889). A. R. Wallace (1889, p. 191-192), returning from a trip to South America, writes that “Indians” wore ornaments “which is really quartz imperfectly crystallized. These stones are from four to eight inches long, and about an inch in diameter” and that drilling them “is said to be a labour of years” and “for the largest size, [...] [he] was informed [it] sometimes occupies two lives”. His work has been summarized by W. E. Roth (1924), the latter then being cited as primary source by V. Roth (1944) and then by J. Crock and R. Bartone (1998). This somewhat incredible investment is based on the narrative saying that the perforation is made with “large wide plantain, triturating with fine sand and a little water”. In the archaeological cases, the lubrication of the perforation is attested but the drills are made of materials harder than the one to be perforated or, in the cases where this difference in hardness is weak, coupled with a harder abrasive (Kenoyer, 1986, 1991; Kenoyer & Vidale, 1992; Gwinnett & Gorelick, 1998; Ludvik et al., 2015; Gurova et al., 2017). Observations on archaeological Saladoid objects are limited to the mention without photography, of unfinished quartz beads with cones at the bottom of the perforation, which indicates the use of a tubular drill bit (Cody, 1991; Crock & Bartone, 1998). Observations of microwear on the inner surface of the perforations also confirm the use of an abrasive (Falci et al., 2020).

In order to understand the techniques used and measure the investment in time and resources devoted to this particular production by the Precolumbian groups of the Early Ceramic Age in the Antilles, this work will focus on the *chaîne opératoire* and, more particularly, on the question of quartz perforation. For this, a study of beads from several Caribbean archaeological sites was conducted, and these results have been compared with those from an experiment specifically focused on perforation techniques.

Materials & Methods

Material

The regional inventory of lapidary ornaments from the Ceramic period recently completed (Queffelec et al., 2021), and the systematic studies of these objects found in the archaeological sites of Guadeloupe, Martinique, and Saint-Martin (Queffelec et al., 2018, 2020) have allowed the identification of numerous beads made of quartz or amethyst. A total of 32 amethyst beads and 27 rock crystal beads, found on the three islands (Figure 1), in Early Ceramic Age midden layers and burials, were therefore available for study, but none were found with an unfinished perforation (Table 1 ; Figures 2, 3, 4 and 5). Noteworthy is the scarcity of elements from the *chaîne opératoire* of the quartz beads, represented only by six small amethyst flakes and five rock crystal flakes and crystals.

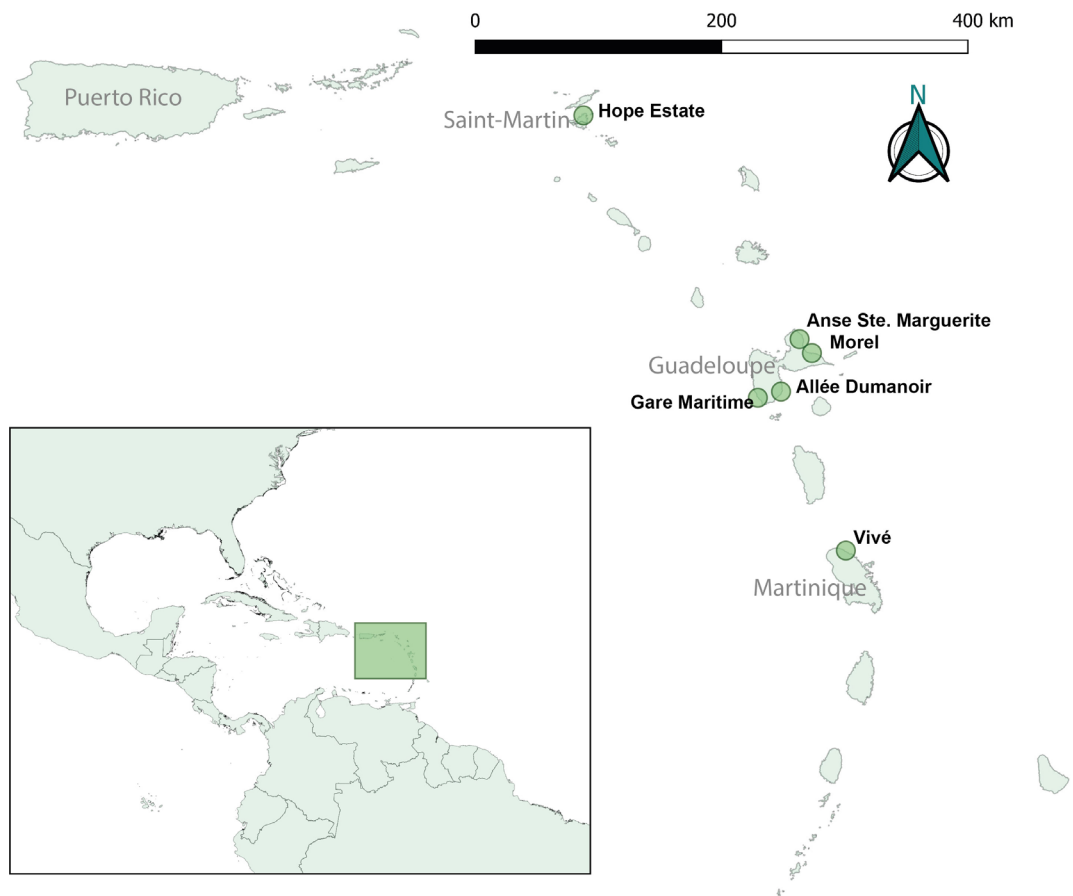


Figure 1: Map showing the location of the archaeological sites from which the beads were recovered.

Table 1: Distribution of the types of amethyst and rock crystal beads in the different Early Ceramic sites studied.

Gem material	Type	State	Guadeloupe				St. Martin	Martinique	
			Gare Maritime	Allée Dumanoir	Morel	Anse Ste Marguerite	Hope Estate	Vivé	
Amethyst	Barrel-shaped	Blank							
		Finished	2		6		1		
		Broken		1	2		1		
	Cylindrical	Blank							
		Finished	1		1		2		
		Broken	1				1		
	Discoid	Blank							
		Finished					1		
		Broken							
	Biconical	Blank							
		Finished			3	1		4	
		Broken							
	Spherical	Blank							
		Finished			1			1	
		Broken							
	Button	Blank							
		Finished		1					
		Broken							
Undetermined	Blank	1							
	Finished								
	Broken					1			
Total			5	2	13	1	6	6	
Rock crystal	Barrel-shaped	Blank							
		Finished							
		Broken							
	Cylindrical	Blank							
		Finished	1		11		3	1	
		Broken			2		2		
	Discoid	Blank							
		Finished	1				2		
		Broken	1				1		
	Biconical	Blank							
		Finished							
		Broken					1		
	Spherical	Blank							
		Finished							
		Broken							
	Total			3	0	13	0	9	1

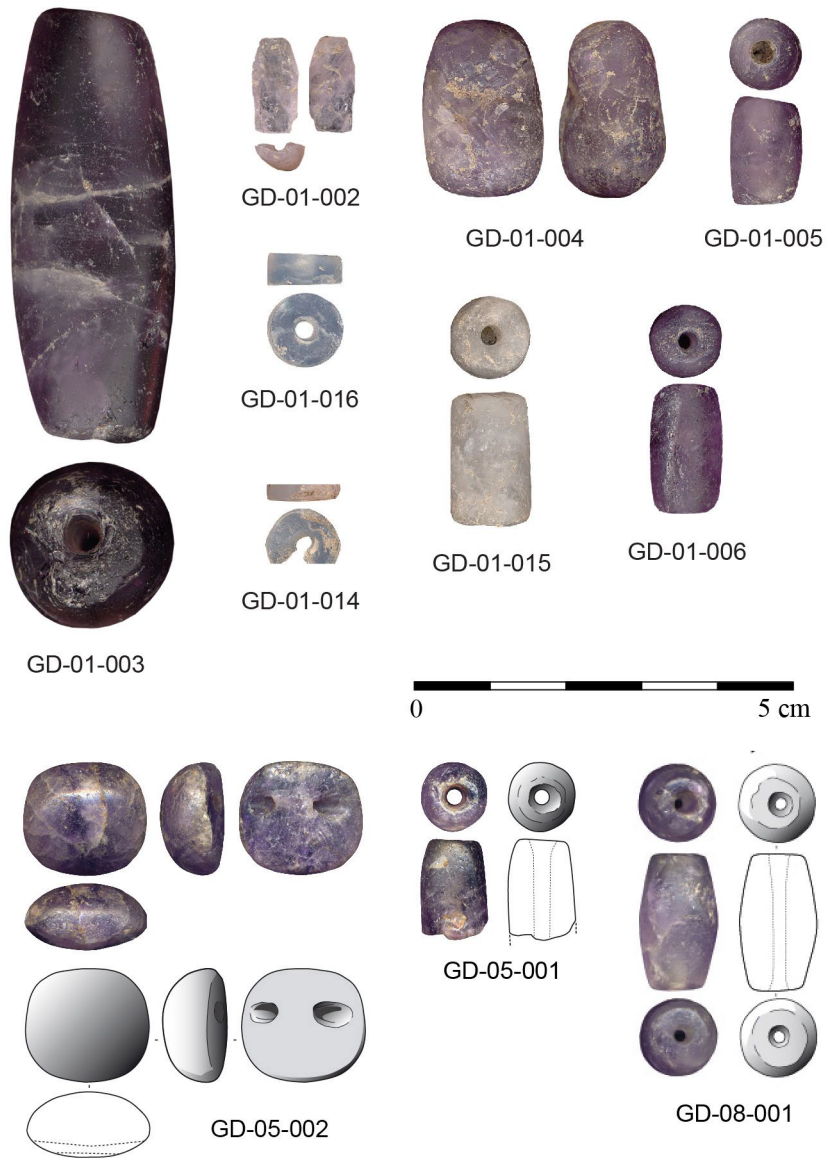


Figure 2: Photographs and drawings of beads from Gare Maritime (GD-01), Allée Dumanoir (GD-05), and Anse Ste Marguerite (GD-08), Guadeloupe.

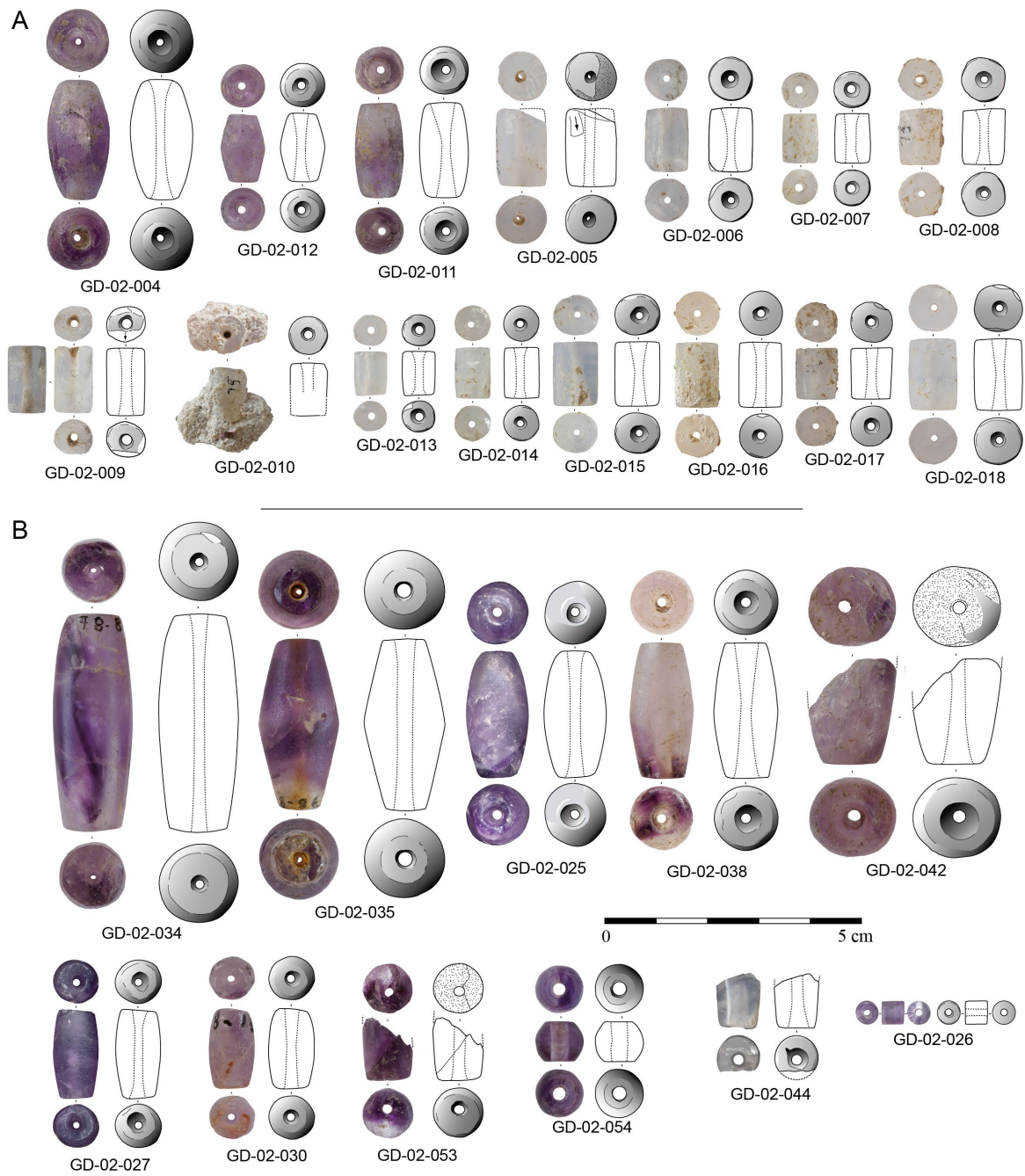


Figure 3: Photographs and drawings of beads from the collar (A) and the other parts of Morel (GD-02) site (B), Guadeloupe.

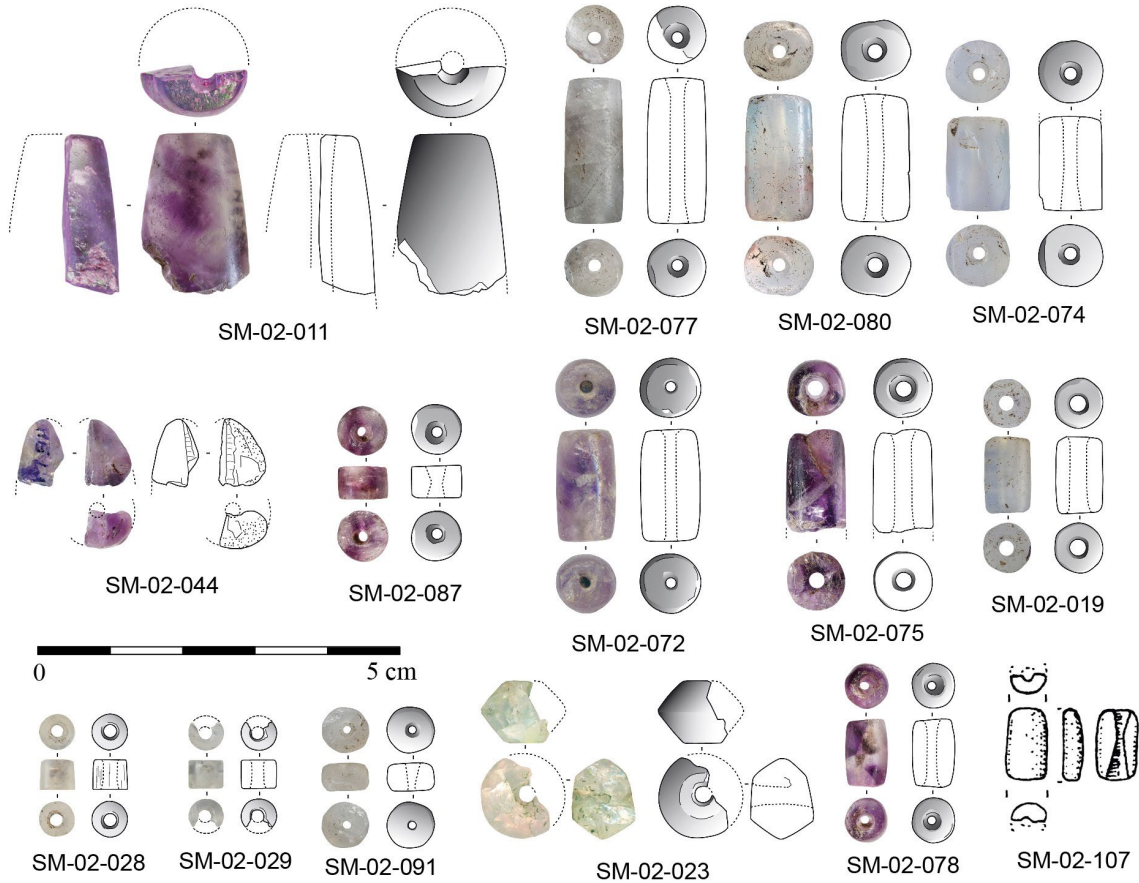


Figure 4: photographs and drawings of the beads and manufacturing debris from the site of Hope Estate (SM-02), Saint-Martin.

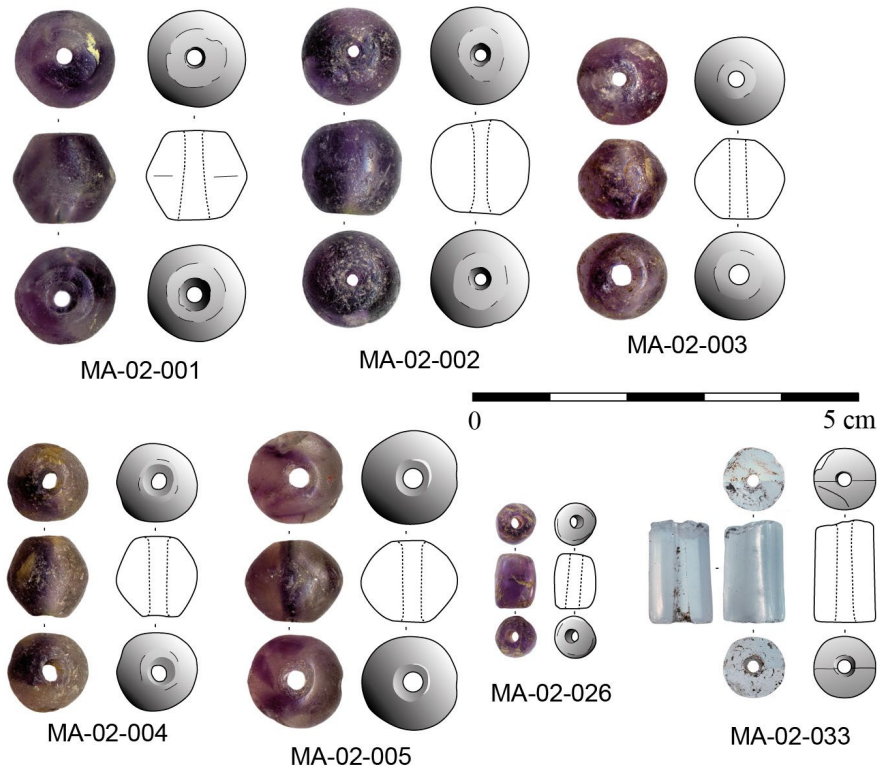


Figure 5: Photographs and drawings of the beads of Vivé (MA-02), Martinique.

Methods

Imaging Archaeological Beads

Perforations were first observed with the hand lens, and for most of them, an elastomer imprint of the interior of the hole was made with a dispenser gun for more advanced observations. For this purpose, the beads are first cleaned with a fine bamboo rod and wet cotton, and three successive imprints are made to clean the perforation. The last imprint is observed and photographed at low magnification (Leica Z16APO Macroscope and Canon EOS 350D digital camera), then under scanning electron microscope (SEM) at 30X and 100X magnification, after being coated with carbon to ensure electron conductivity. These observations were made with a JEOL IT 500 HR equipped with a Field Electron Gun. SEM allows to observe the fine structures on the surface of the elastomer which are the negatives of the surface of the perforation. It is also the only method that allows comparison with the literature (Ludvik et al., 2015; Kenoyer, 2017; Raad & Makarewicz, 2019).

X-ray microtomography is a technique aiming at 3D-scanning an object in a totally non-invasive way, and providing access to both internal and external features. This technique overcomes the constraints of 2D while eliminating the need for elastomer casts. (sometimes impossible if the bead is too narrow or broken). It has already been used, albeit rarely, for studies of archaeological beads, with highly technical focus on the scanning method (Yang et al., 2011). and to look at the shape of the perforation, especially of double perforated beads, with no specifics on the details of the surface of the hole (Falci et al., 2020). In this study four archaeological amethyst beads (GD-02-038, GD-02-026, GD-02-025 and GD-08-001) were 3D-scanned using a GE V|tome|x s microtomograph, at a cubic resolution of 7 μm per voxel.

Experimentation

Numerous perforation techniques exist in the ethnographic record. They fall into two categories: manual perforation systems and mechanical systems (Leroi-Gourhan, 1971). For the hardest materials, mechanical systems are necessary to optimize the applied force and rotational movements. One of the most effective systems for our experiments is the bow drill (Figure 6), which we used. Other mechanical drills can be effective, like the pump drill, but we did not test it. This system allows a greater vertical force to be exerted, which is essential when the hardness of the rocks to be drilled exceeds 5 or 6 on the Mohs scale (Kenoyer, comm. pers.). However, the force applied to the handle must not be too high or the drill will break. The bow is made of a piece of green wood (for flexibility) about 85 cm long and slightly curved for a better grip. The diameter is about 1.5 cm along the whole length. A leather cord attached to both ends of the bow induces the rotation of the shaft or rod. This rod is held in a vertical position by one of the hands via any object that allows its rotation.

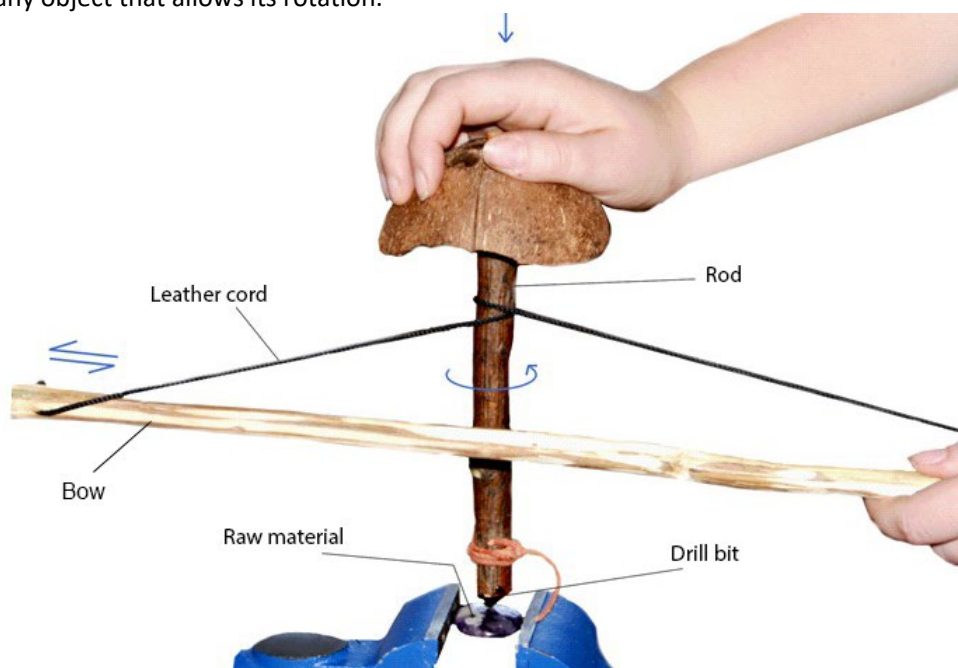


Figure 6: Experimental bow drill device used in this work.

The drills are inserted and attached to the end of the handle with shellac (insect resin) and held firmly in place with a leather lace tie. The drills must be narrow and strong enough not to wear out too much under the action of the abrasive.

Most archaeological examples indicate that perforations of hard materials are achieved by using an abrasive, which can be combined with water or oil as a lubricant, considerably increasing the perforation effectiveness (Gwinnett & Gorelick, 1979). From a mechanical point of view, the volume loss of the future bead, per unit length, during a perforation, depends on three main physical factors of the drilled material: toughness (ability of a material to resist fracturing), hardness (resistance of a sample surface to penetration) and abrasion resistance (Sela & Roux, 2000). The drill bits and abrasives were selected according to two criteria: their hardness, which must be at least equal to that of quartz for one of them, and their compatibility with the archaeological record. One obsidian and one flint drill were pressure shaped to maintain straightness along a ridge. These proved too large to make long perforations, so 4 additional pressure-worked flint flake drills were made. These flake drills have a triangular cross-section, to allow for more efficient drilling (Kenoyer, pers. comm.). As for the the organic drills to be used with the hard abrasives, we used bone, wood and vegetable thorns. The bone is a fragment of horse rib already shaped into a point and measuring less than 2 mm in diameter. Two types of wood were tested: *Lignum vitae*, or guayacan (found in the Antilles), which is known for its extreme hardness and resistance (Friedrich et al., 2021), and oak wood, which is less hard but has well-known physical properties. The thorns of selected plants are the tips of agave leaves and thorns of *Melocactus intortus*, also called « cactus tête à l'anglais », a species of cactus endemic to the Caribbean. Its thorns have a density, and thus a hardness, much higher than that of wood (2280 kg/m³ for thorns of *Melocactus intortus* (see Appendix 2)) versus 1142 kg/m³ for fresh oak for example (Shmulsky and Jones, 2019).

Preliminary tests have been made with different abrasives: fine amethyst powder ground using a ball mill (Fritsch brand Pulverisette 23, with a bowl and ball made of zirconium oxide), fine almandine garnet powder (up to 7.5 on the Mohs scale) made by the same process, and industrial silicon carbide (hardness of 9-9.5) used only for tests with wood drill. The final and complete perforation was done using hammered and sieved amethyst to get as close as possible to the archaeological context. To ensure lubrication, drops of water and small amounts of abrasive are deposited at regular intervals (every minute) on the depression. It was necessary to often push back the sand towards the active part. Movements called push and up (applied by making vertical gestures with the handle of the drill), necessary for the perforation, allow the abrasive to stay at the bottom of the depression, avoiding the digging on the edges and thus the enlargement of the cavity in the active area (pushing marks). The surface of the polished amethyst pebbles bought for experiments was previously frosted by abrading it on a diamond wheel, in order to obtain a surface closer to those observed on the preforms of the archaeological record and to guarantee a better grip of the drill on the surface at the beginning of the process.

Results

Chaînes opératoires

Rock crystal and amethyst are two gems ubiquitously employed by Saladoid people (Cody, 1993; Watters, 1997; Queffelec et al., 2018, 2020; Falci et al., 2020). Unfortunately, this material, although widely distributed in the region, does not allow to trace its origin, despite some unfounded hypotheses summarized in Queffelec (2018).

The blanks seem to be processed by flake shaping and then pecking and polishing (Falci et al., 2020), as observed in other parts of the region and world (Kenoyer, 1997; Sela & Roux, 2000; Falci, 2015). They are then perforated with different profiles: some beads have tapered perforations while others have particularly straight and narrow perforations. Except for some discoid beads, the perforations are made from both ends. Once the perforation is complete, the surface of the bead is finely polished, probably on "grooved polishers", such as those found at the Gare Maritime site in Guadeloupe (Figure 7). Their use for the manufacture of shell beads, which are very common at many sites (Serrand, 2002), is also likely. The reuse of broken objects, when the location of the break allows it, is quite recurrent. Some broken beads are roughly repolished at the break. More precise descriptions and drawing can be found in previous works (Queffelec et al., 2018, Queffelec et al., 2020).

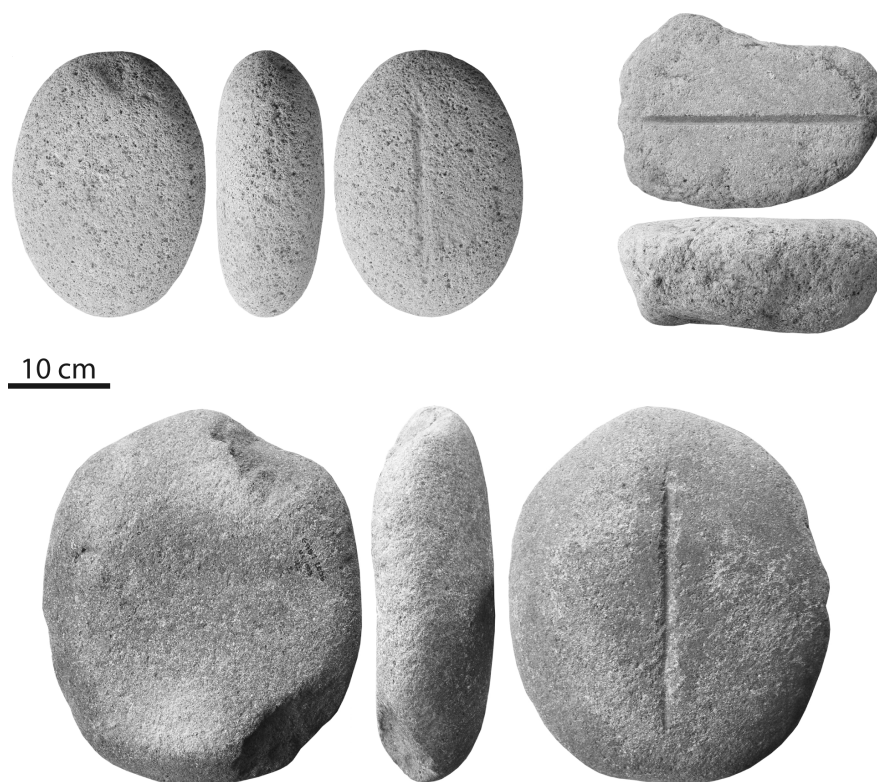


Figure 7: Grooved polishers recovered during excavations at the Gare Maritime site (modified after Fouéré, 2006).

Observations and experimental results

Types of perforations in the archaeological record

No bead in the process of being perforated has been identified in our studies. Four types of perforations are observed in the assemblages: cylindrical, chamfered (cylindrical with a larger diameter at the beginning), biconical and conical perforations. With the exception of the last type, they are made by perforating from both ends. The blanks in other materials than quartz do not allow us to define a clear order of perforation: some present a start of perforation on one end only, while others are perforated from both sides. As it can be observed for other hard material which may probably share the perforation technique, the surfaces to be perforated are prepared either by percussion, as shown by centripetal microremovals on carnelian blanks, or by pecking as observed on diorite blanks.

Perforations are often asymmetrical, sometimes with different perforation axes. The type of perforation does not appear to be related to the shape of the bead (Figure 8 and Appendix 1). The rock crystal beads from the Morel site make up a significant portion of the rock crystal sample and allow to make an interesting observation: although homogeneous in their typology and found within the same burial (Durand & Petitjean Roget, 1991), their perforations differ: one is cylindrical, 8 are chamfered and 3 are biconical.

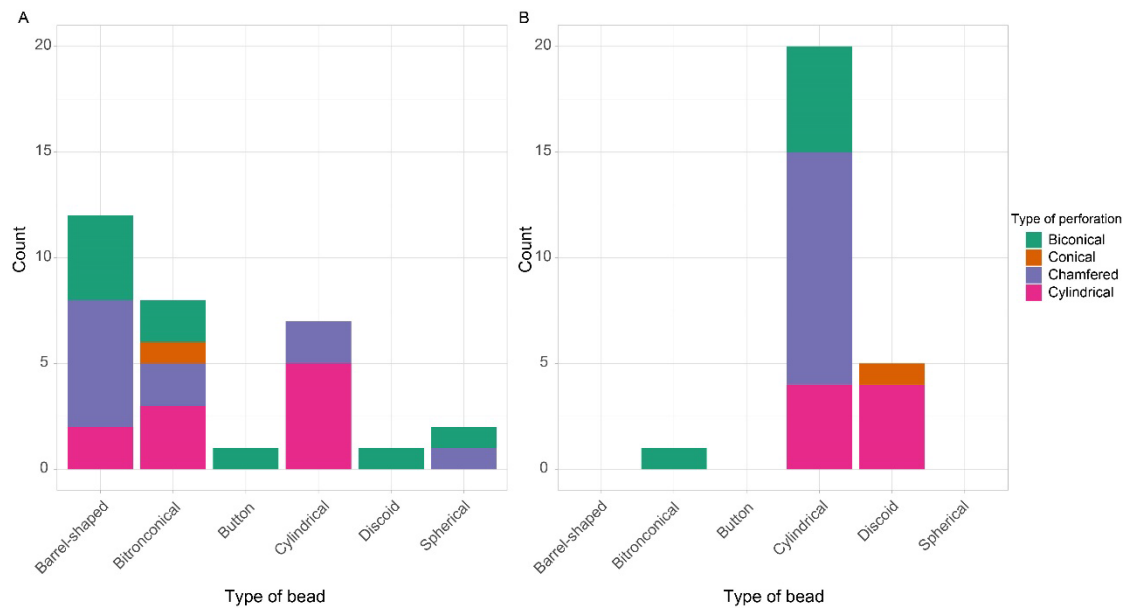


Figure 8: Types of perforation according to the type of amethyst (A) and rock crystal (B) beads. Data and script to reproduce this figure are available at <https://osf.io/zyhb7/>

X-ray microtomography images of the selected amethyst beads from Morel and Anse à la Gourde (GD-02-038, GD-02-025 and GD-08-001) demonstrate how efficient and useful is this method to highlight the morphology of the perforations. The perforation of the selected beads are all biconical and join in the center of the bead with a slight offset (Figure 9). The perforations are narrow and not very tapered. The junction of the two sides of the perforation shows a smaller diameter for two beads (GD-02-038 and GD-02-025) indicating that the final few millimeters of drilling was made with a thinner drill bit. The remaining tip of the perforation at the junction allows to observe only the edges of the hole, not the center unfortunately. The shape of the bottom of the perforation would have been “nipple” shaped, with a rather flat terminal surface, but we cannot know if there would have been an inverted cone or not. The resolution of the 3D model of these full beads is sufficient to observe the internal striations, because these beads are not the biggest ones. Long scanning times centered on the perforation are required to obtain 3D models with sufficient resolution to observe them on big beads like GD-01-003 (Figure 10), since the resolution automatically drops when one wants to scan a bigger volume. It is also possible to see on the surface of the beads GD-08-001 and GD-02-025 the pecking marks under the coarse polish, and that striations have been erased from some parts of the perforation, probably due to the hanging of the bead.

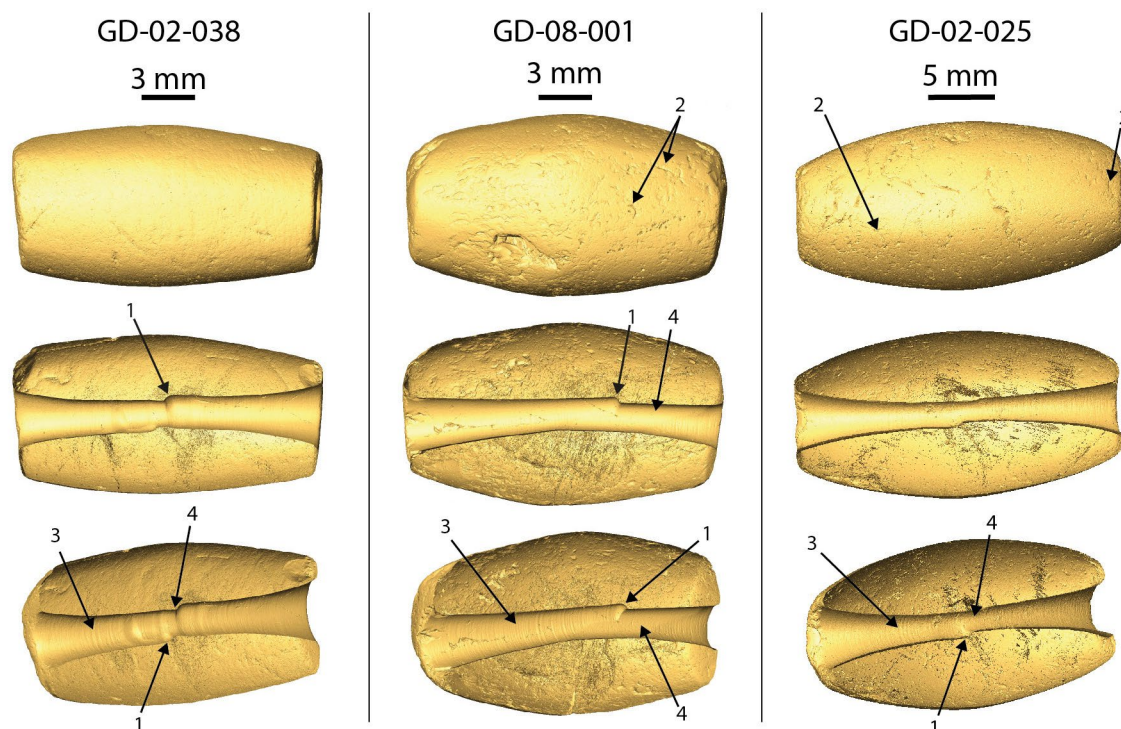


Figure 9: X-ray microtomography images of amethyst beads GD-02-038, GD-02-001, and GD-02-025. The tip of the perforations are “nipple” shaped with a rather flat terminal surface(1). Traces of surface staking are visible(2). Abrasive striations (3) and their absence in some parts (4) can be distinguished in the three perforations thanks to the high resolution reached for these 3D models.

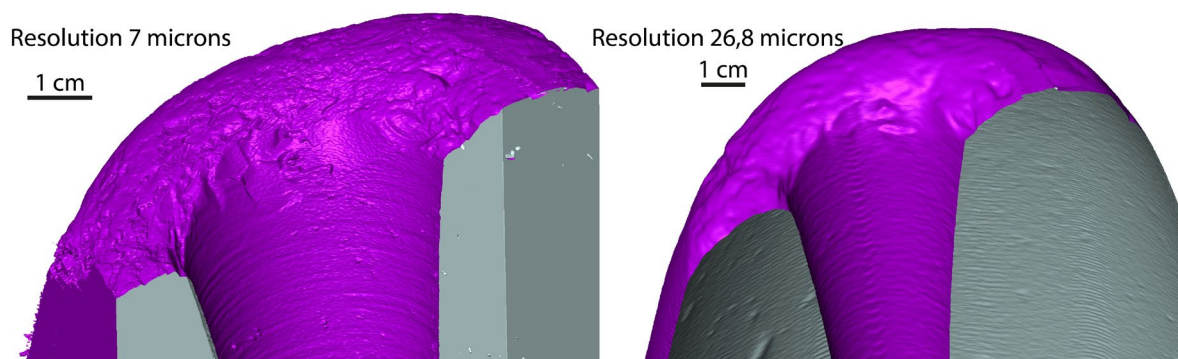


Figure 10: Comparison of visibility of perforation details with two microtomography resolutions on GD-01-003. The resolution with 7 microns per voxels on the left allows to observe the striae, while the resolution of 26.8 microns per voxel on the right allows only to imagine them.

Observations of the elastomer casts of the beads' perforations with a Scanning Electron Microscope (SEM) reveal deep, discontinuous striations on the Gare Maritime amethyst beads (GD-01-002 and GD-01-005; Figure 11, A et B). The striations on the Vivé bead cast (MA-02-033 and MA-02-006; Figure 12) are more faded,. The very smooth surfaces of the St. Martin beads still show very slight striations (Figure 13). This smoothing of striations is caused by string rubbing that can cause abrasion of the perforation on the long-term. The resulting smooth surfaces are also visible on the casts of GD-01-003 (Figure 11, C) and MA-02-033 (Figure 12), as well as a long stripe on MA-02-033 cast (Figure 12). The pushing marks are also well preserved. They are visible as slightly larger diameter rings in GD-01-002, GD-01-005, and MA-02-006.

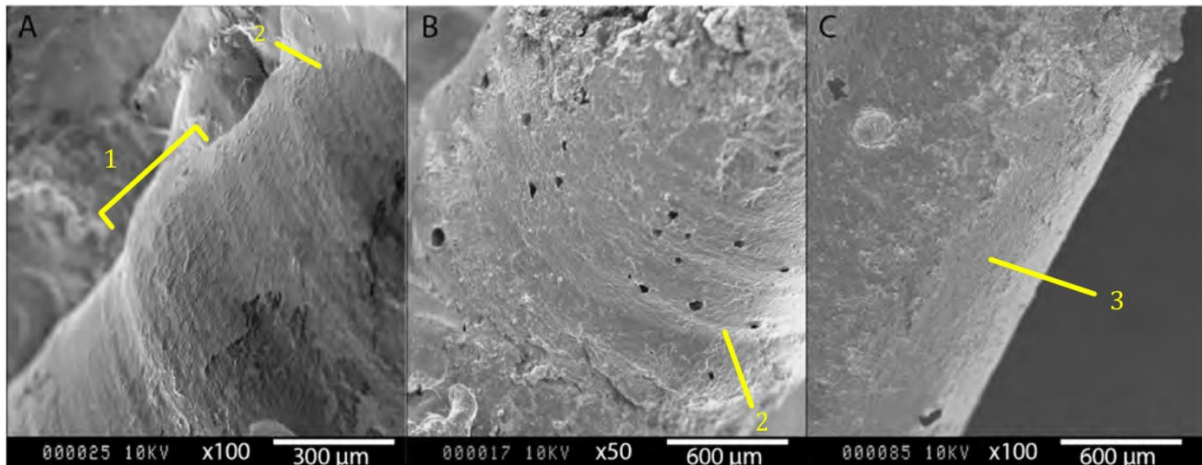


Figure 11: SEM images of the elastomer casts of the GD-01-002 (A), GD-01-005 (B) and GD-01-003 (C) perforations. The pushing marks (1), striations (2) and polished surfaces (3) are shown.

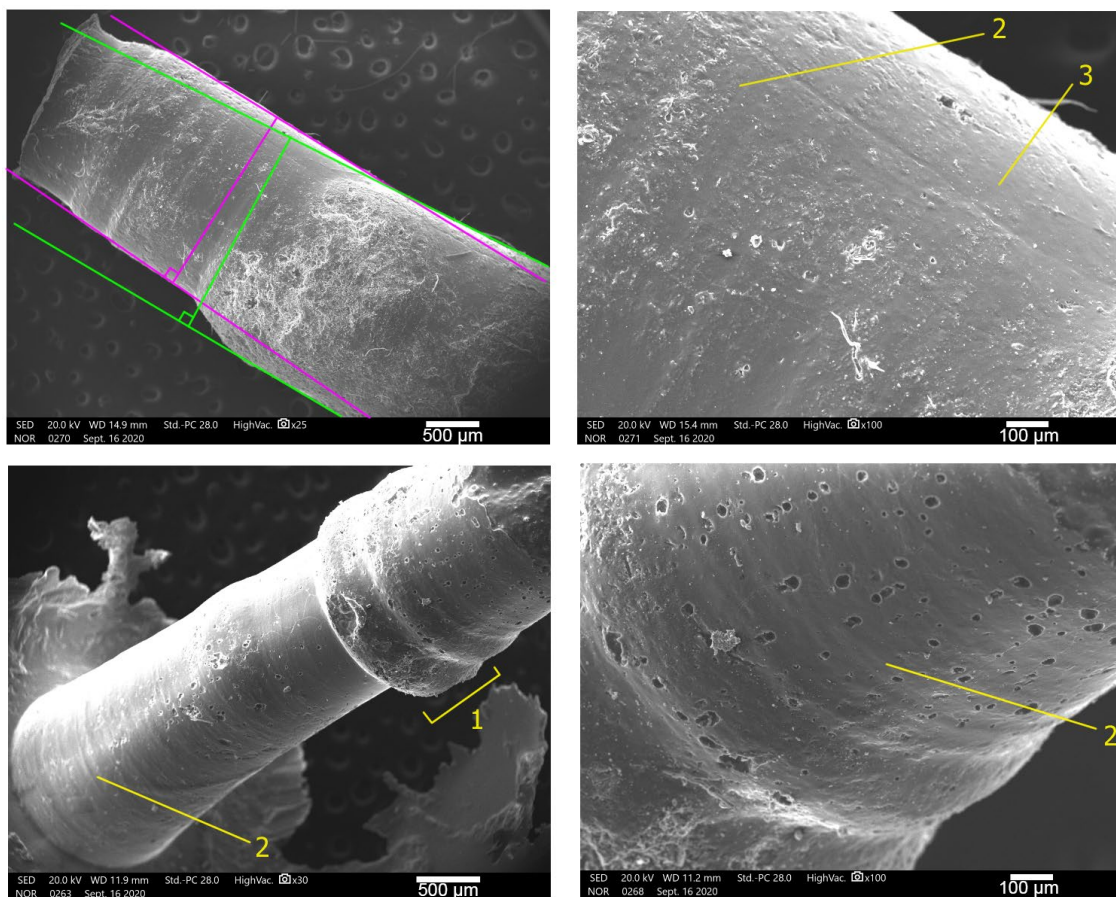


Figure 12: SEM images of perforation icasts of beads from the Vivé site (Martinique): MA-02-033 made of amethyst (top) and MA-02-006 made of rock crystal (bottom). The bead MA-02-33 shows two axes of perforation and we can guess striations (2), probably partly erased by the wear due to the use of the object (3). The cast of the perforation of bead MA-02-006 shows striations related to the perforation process (2), as well as very marked pushing marks (1).

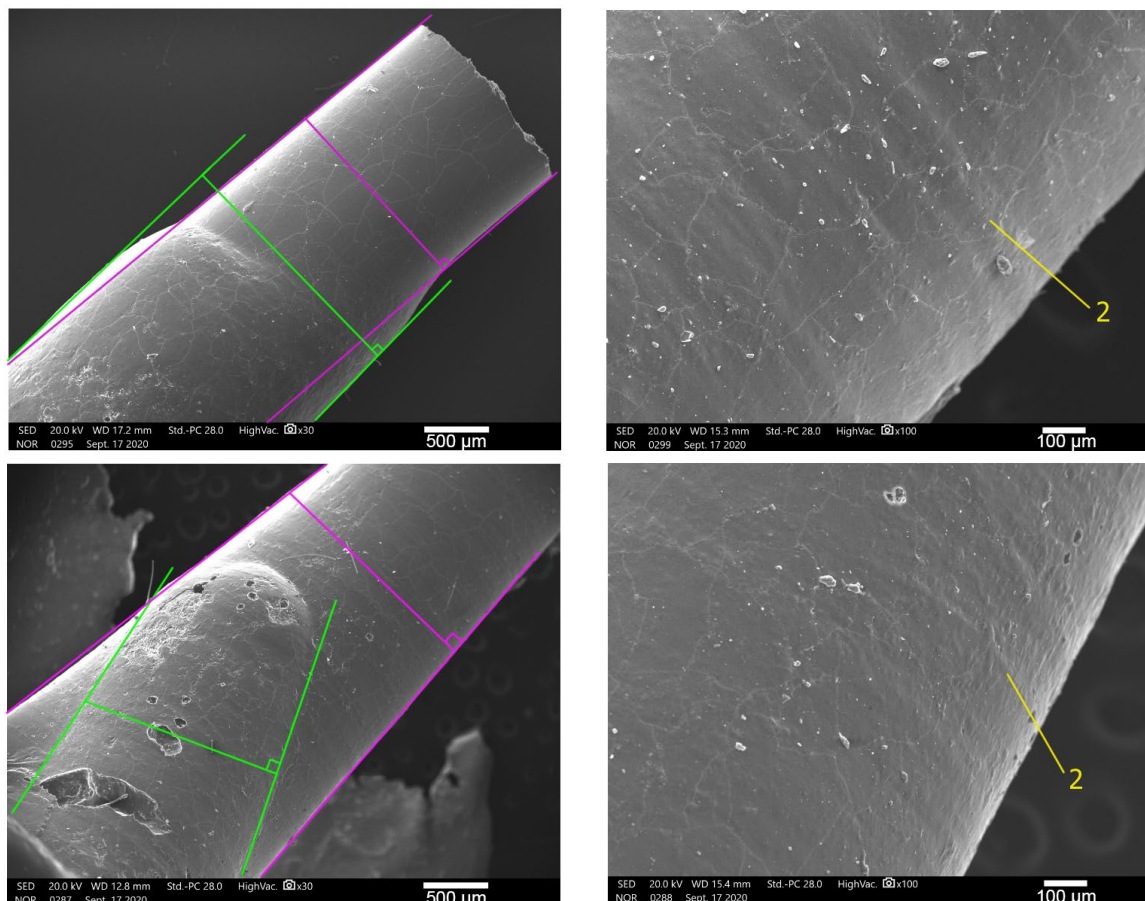


Figure 13: SEM images of the perforation casts of Hope Estate rock crystal beads SM-02-77 (top) and SM-02-80 (bottom). The perforation of SM-02-077 is highly polished where its diameter is smallest. The perforation of SM-02-080 clearly shows an error in the angle at the beginning of the perforation, which was later corrected by the craftsman. Although the surface of the perforations is very smooth, the striations are still visible (2).

The orientation of the perforation has sometimes changed during the work, as it is obvious from the observation of the imprint of bead SM-02-080, from the Hope Estate archaeological site, which shows no less than ten different perforation angles (Figure 14). The second rock crystal bead from the same site has only two perforation angles but of different diameters, creating a pretty regular perforation pattern.

The two imaging techniques allowed for the observation of internal microwear, the shape of the drill hole, but we can also note that of course SEM images have higher resolution and allow to observe the surface of the hole at higher magnifications. It also allow to observe the different axes of perforation better. On the contrary, the 3D model could allow to acces the variation of diameter, circularity of the perforation etc., but this remain a perspective of the method since we did not apply it in this first attempt. X-Ray microtomography also needs the archaeological beads to be moved from their museum or other curation place, while making an elastomer cast is feasible in any place.

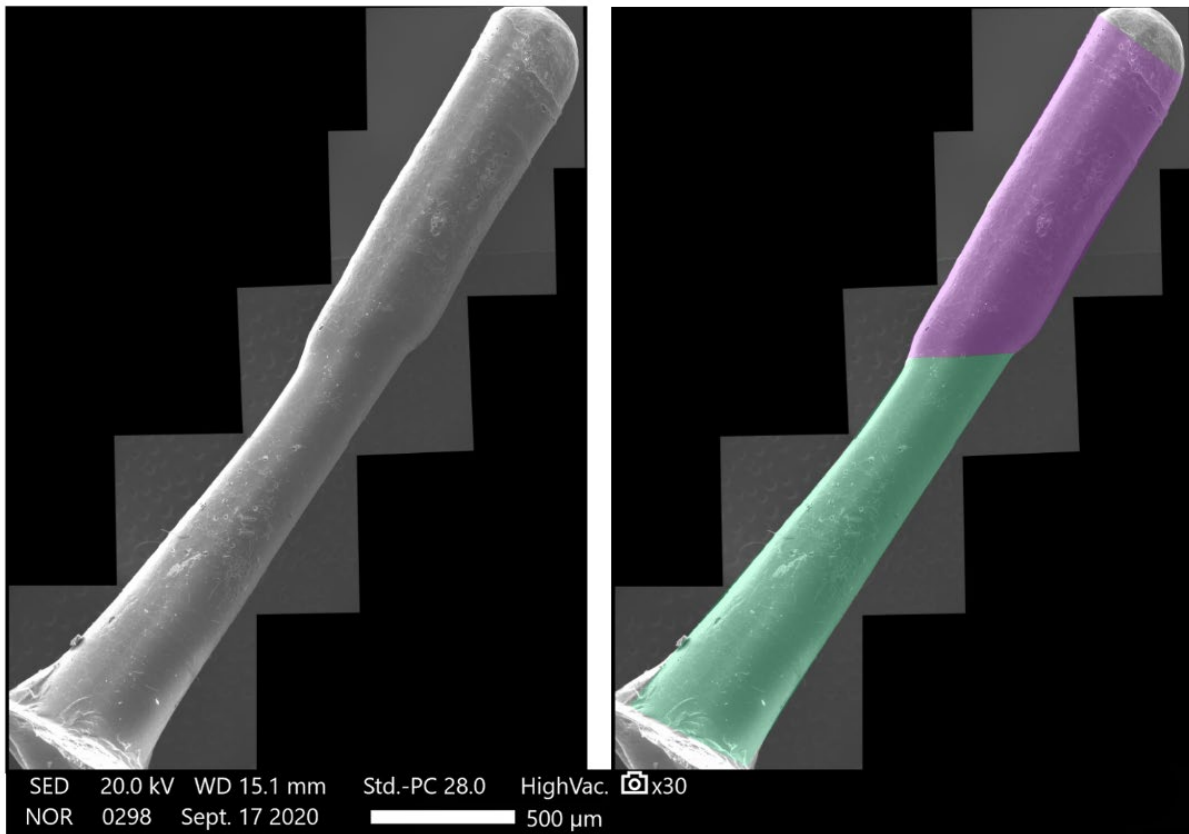


Figure 14: Montage of SEM images of the perforation casts of rock crystal beads SM-02-77 (top) and SM-02-80 (bottom). The perforation of SM-02-77 shows ten different perforation axes, some of which show a strong offset from the perforation axis (green and light blue). The bead SM-02-80 shows only two perforation angles.

Experimental perforations

The preliminary tests have implemented the different combinations of drill bits and abrasive, in order to verify the effectiveness of the bow drill, as well as the parameters allowing to perforate quartz. It was obviously possible to drill a hole with a solid copper drill and abrasives harder than quartz (silicon carbide, rutile), and also by substituting these very hard abrasives with ground quartz: quartz powder can be used to produce a perforation in quartz.

On the contrary, using long and narrow diameter drill bits made of lithic materials, which could be compatible with the observed perforations, has not been successful since they are too brittle (Figure 15). These drill bits are not found in the archaeological record. Bead drill holes made with experimental chert and obsidian drills create wide, conical and short perforation, unlike the archaeological ones (Figure 16).

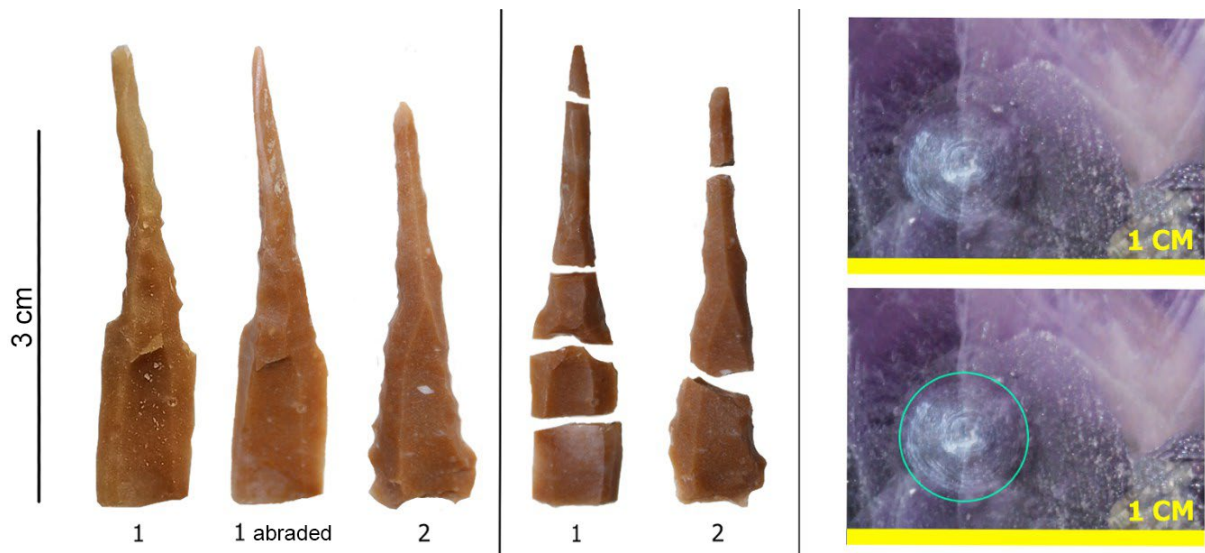


Figure 15: Photographs of the two flint drill bits (one of which has been abraded to reduce its diameter), before and after use, as well as of the perforation created. The diameter of the perforation is almost compatible with the archaeological record but these drills are very fragile.



Figure 16: Flint (left) and obsidian (right) drill bits, before and after use. They allowed to produce the beginnings of perforation, but too large compared to the archaeological record.

The use of bone or wood drills, whether made of oak or *Lignum vitae*, did not allow us to make a perforation in quartz, even using silicon carbide as an abrasive. Indeed, under these conditions, it is the drill that wears out or breaks, while the support does not undergo a significant removal of material. The palm leaf stalk and the agave thorn did not allow the realization of a perforation into quartz either, because they were too flexible to impose a sufficient vertical force. The only organic material that allowed the realization of a beginning of perforation are the thorns of cactus: *Melocactus intortus* in our experiment. The casts of the experimental perforations made with cactus thorns and garnet abrasive show striations due to the abrasive (Figure 17). Residual frustums are observed at the end of both casts (i.e., point at which the cactus drill tip was drilling into the amethyst) for the perforations made with the cactus thorn drill and the quartz abrasive. In addition, this perforation shows two different perforation diameters, clearly visible in the macroscope images. The shape of the beginning of the perforation is oval, due to the back and forth movements that impacted the verticality of the drill during perforation.

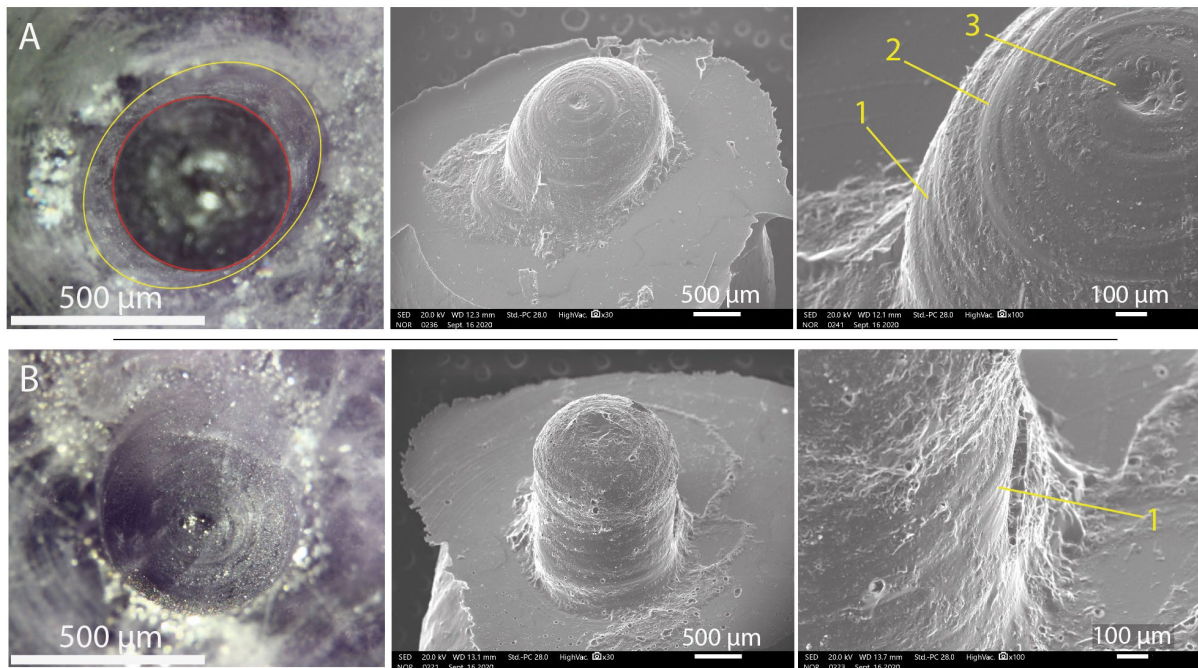


Figure 17: Microphotographies of experimental drillings and SEM image of the elastomer cast (20kV HV SS28 SED x30 et x100). A : amethyst with quartz abrasive and drill made of *Melocactus intortus* thorns, B : amethyst with garnet abrasive and drill made of *Melocactus intortus* thorns. Fine striae created by the abrasive are visible (1), and also thicker striae of unknown origin (2), as well as a frustum at the end of each perforation (3). Perforation in B shows two different diameters of perforation.

A through-hole in an amethyst pebble was made with a total of 28 long *Melocactus intortus* thorns (Figure 18) and crushed amethyst as the abrasive. The perforation was bipolar and is 10.2 mm long and has a widest diameter of 2.5 mm at one of the beginning. This represents 43 days of work, 5 hours per day, for a total of 215 hours.

The darker, older thorns were found to be more resistant than the lighter thorns which are younger and softer. The active part quickly became blunt and sometimes burnt due to insufficient water inflow. The deeper the perforation, the more difficult it was to bring water to the active part (creation of a bubble, less contact with the surface of the thorn, thinner at this point). The thorns wore out in a rather heterogeneous way, between 30 minutes and one hour, depending on the vertical force exerted and the moment when the burning was noticed. Once the active part was burnt, the drill became unusable and sometimes left carbonaceous residues at the bottom of the perforation.

Concerning the whole perforation, on the first half of the cast (the elastomer always broke while being pulled out of the perforation), which represents almost the entirety of the biconical perforation created, the striations are well visible and the pushing marks quite weak. Four perforation axes are observed, their offset angles are very small (Figure 19). The end of the perforation is "nipple" shaped. On the second part of this perforation (not shown), we also noticed the striations due to the abrasive, and high angles between axes of perforation implied by the need to join the first perforation.

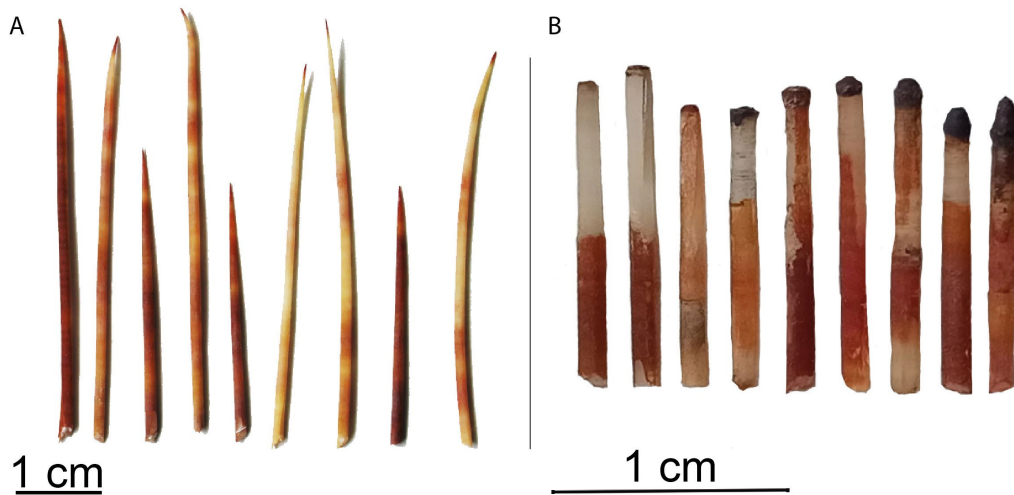


Figure 18: Sample of *Melocactus intortus* thorn drills before and after use. We can observe the change of the shape of the active part according to the wear of the drill, which very often burned because of the friction.

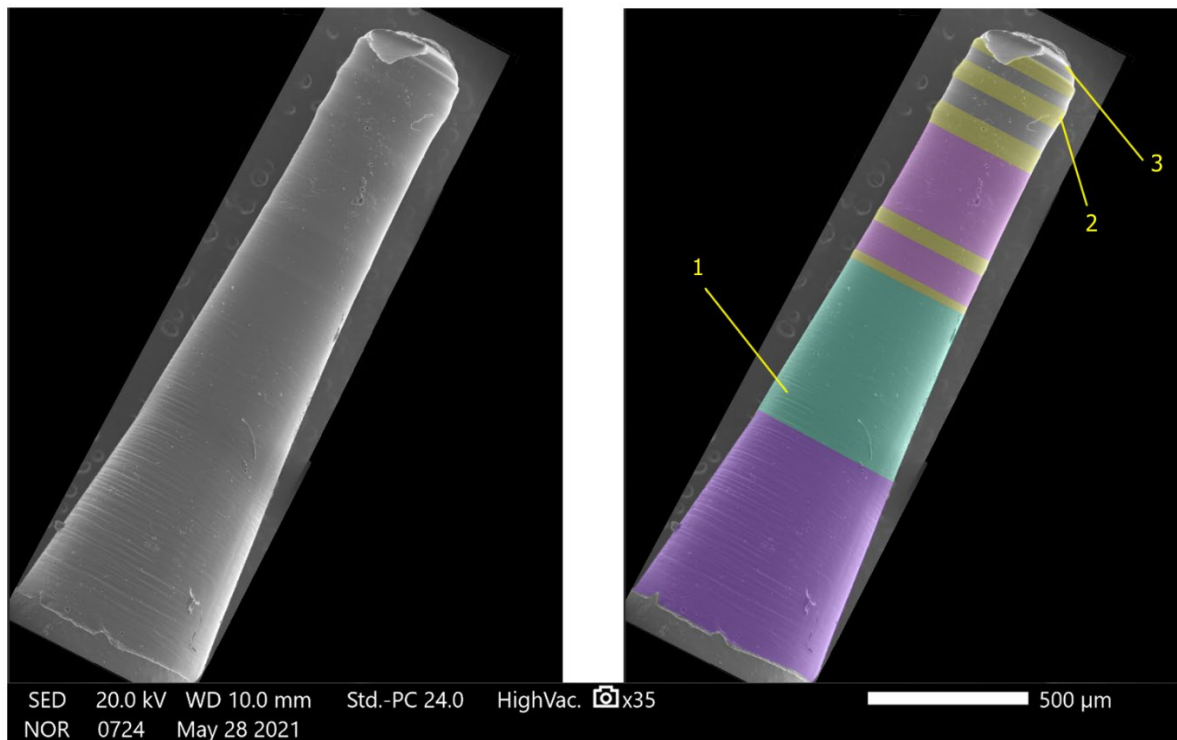


Figure 19: Montage of photographs of one half of the biconical cast of the experimental perforation in the SEM (20kV SED x35). Four different perforation angles are observed with a small variation amplitude (purple, green, pink and original color). We also observe the striations caused by the abrasive which are very marked (1), and the pushing marks, in yellow, are very small and short (2). The tip of the perforation is "nipple" shaped (3).

Discussion

This work based on both archaeological and experimental material describe in detail one of the crucial steps of beads production in the past: the perforation of hard material without the help of metal.

The observation of a significant number of finished archaeological beads from 6 archaeological sites of the Ceramic Age located on 3 islands of the Lesser Antilles, with complete perforations, has provided a great deal of information. From a typological point of view, the length of the bead seems to influence the type of the perforation. Indeed, cylindrical and chamfered perforations are the most common, especially for cylindrical and barrel-shaped beads. On the other hand, conical perforations are relatively rare for these beads and are observed only on short beads. It should be noted that the chamfer may disappear with heavy polishing of the perforation surfaces or wear of the bead. Thus, a bead with a chamfered perforation that is broken and then repolished may look similar to a conical or cylindrical perforation. It is therefore difficult to establish links between typology and technology on the basis of so few artifacts with so much variability.

Imaging techniques, by SEM on elastomer casts and by microtomography, allowed the observation at high magnification of the internal surface invisible to the naked eye. The images of the casts of the perforations of the Antillean beads reveal the abrasive striations and the pushing marks already described in the literature for other contexts (Gwinnett & Gorelick, 1979; Kenoyer & Vidale, 1992; Ludvik et al., 2015; Gurova et al., 2017; Kenoyer, 2017). Similarly, changes in perforation angles could be identified on the SEM image montages as well as through microtomography. The microwear observed in this study confirm the use of abrasive for all the archaeological perforations studied here, and to a great diversity in the technical gesture of perforation, highlighted by a great diversity in terms of frequency of pushing marks and multiple perforation angles.

On the experimental perforation, the striae are very prominent, most likely due to the fact that it did not undergo post perforation wear. The perforation is also quite short compared to the perforations of long beads, which induces less wear of the abrasive particles on the walls near the end of the bead, when perforating the more internal part of the bead. Our experiment also replicated pushing marks, reinforcing the interpretation of their presence due to abrasive use (Gwinnett & Gorelick, 1979, 1998; Ludvik et al., 2015; Gurova et al., 2017). Here they appear to be related to where the drills burned. Indeed, they are located primarily in the innermost part of the experimental perforation (about 5 mm from the external surface of the bead)), where the drills were wearing and burning the fastest. The pushing marks visible on the archaeological beads are located in the central part of the perforation, which confirms the use of abrasive with a resistant drill whose active part wears away. The pushing marks in the context of a perforation with a vegetal drill bit could therefore be reinforced by this specific wear phenomenon combining drill bit wear and accumulation of coals in the active part and then the accumulation of abrasive on the edges of the active part.

The reasons for the irregularities in the alignment of the perforation axes are not yet determined. They can be caused by a changing dexterity of the person(s) performing the perforation or by the position of the blank, especially concerning the shapes whose holding is the most delicate (spherical beads for example). In view of our own experimental work, the regularity of the profile seems to have little to do with technical mastery, contrary to what is claimed in the literature, especially concerning materials exceeding a hardness of 5.5 on the Mohs scale (Gurova et al., 2017). Indeed, although we are novices in this craftsmanship, the entire experimental perforation is rather regular, with four identified perforation axes, differences in orientation of which are very small. This may be due to our maintenance system (industrial vice), not compatible with the archaeological context. Only the error in estimating the ideal location of the second part of the perforation could represent the lack of experience. Thus, perforation habit is not clearly identifiable in our experimental study. Intra- and inter-experimental reproducibility tests would be relevant to identify the parameters governing the regularity of perforation, but given the time required to perform this experimental work, it seems difficult to implement.

Worldwide, the use of metal to perforate materials as hard as quartz or carnelian, especially with small diameters of perforation, has always been the preferred hypothesis (Gwinnett and Gorelick, 1998, 1987; Kenoyer, 1997, 1986; Kenoyer and Vidale, 1992; Ludvik et al., 2015), but for the Caribbean islands, Harrington (1924) already indicated that « *Most of the stones used are very hard, and it must have taken a long time to peck and grind them into shape; the nature of the tools available to the workman of that day and place, and capable of drilling such small holes through such obdurate materials as amethyst and quartz*

crystal, remains a mystery ». Pinchon (1952) also noted, about a cylindrical bead made of rock crystal found in Martinique, that « *The polishing and even more the drilling had to be a considerable task, given the primitive the artist must have had at his disposal. He undertook to drill the stone, first by one end, then by the other, and the holes met with a small shift that reveals the method used. It is difficult to imagine the hours and days of labour that such a work must have required, and this single bead was perhaps part of a necklace made up of multiple similar pieces!* (our translation from French) ». We demonstrate in this work that it is possible to do so with a vegetal drill, in this case made of cactus thorn, a material available in large quantities to the Amerindians, and the perishable nature of which explains their absence in the archaeological record.

The use of abrasives harder than the material to be drilled has also been widely put forward in the literature (Gwinnett & Gorelick, 1979; Kenoyer, 1986, 2017; Sela & Roux, 2000; Ludvik et al., 2015; Gurova et al., 2017) while we can confirm that it is possible to use an abrasive of the same hardness as the object to be perforated. It is also interesting to note that the use of bead shaping débitage could be crushed to be used as an abrasive, thus explaining their rarity in the archaeological record.

Finally, several aspects of the experiment remain to be explored. First, the system for holding the drill bit in the handle has not been addressed. The use of tar for the shank is attested in the Lesser Antilles for the recent ceramic periods (Serrand et al., 2018), so its use for fixing the drill bit is a significant possibility. Also, the impact of the shape and size of the abrasive grains are parameters to be characterized, from a qualitative point of view and also to see if there can be an influence on the striations created. Then, the bead holding system remains to be determined even if it can be as simple as two pieces of wood held together with strings at both ends, especially concerning its position in relation to the person who drills. Indeed, although exhausting, the use of a bow drill in a standing position is also impractical because it constantly solicits both arms. The joints of the upper limbs, especially the shoulders, are heavily strained. A more elevated position in relation to the vice or a seated practice, already observed in the works of description of the productions of carnelian beads in India (Sela & Roux, 2000) are aspects to be explored if we want to take into account the comfort of the craftsman. Finally, the efficiency and ease of the experimental perforation depend on the appreciation of the experimenter, and therefore remain quite subjective. More precise criteria than simply obtaining a perforation after a given time to determine efficiency could be established.

It should be noted that, despite the fact that the analyses of the perforation angles are very instructive concerning the characterization of the regularity of the perforation, they are however carried out on images in 2D despite the 3D nature of the artifacts. The axes are then only those readily apparent and further analysis based on a three-dimensional work would allow to evaluate with precision these shifts between the axes of perforation.

Conclusion

The *chaîne opératoire* for the production of quartz beads (and other hard materials) is still very poorly understood in various archaeological contexts. Although this topic has been exhaustively addressed by a few authors in particular contexts, such as the Bronze Age cultures of the Indus Valley, it is clear that many other periods or regions of the world have not benefited from such studies. This work, by combining observation of archaeological objects and experimentation, makes it possible to remedy this for the Ceramic period in the Antilles.

Very few blanks or shaping wastes are known in the Antillean archaeological record for quartz materials, and observation of finished objects can only point to a shaping technique by pecking before beginning the perforation. A significant variability is observed in the type of perforation of quartz beads from the Ceramic period in the Antilles, preventing any strong link between bead typology and perforation shape to be highlighted. On the contrary, the observation of the striae persisting inside the perforations indicates that the technique used is always the same.

The study of the elastomer casts of experimentally created perforations, highlighting numerous concordances with the usewear preserved by the archaeological objects, allows us to explain some of them, confirming the knowledge previously produced in other archaeological contexts and providing explanations in accordance with the archaeological record devoid of drills compatible with the perforations observed. First of all, we can affirm that the use of metal was not necessary for their perforation: it is

possible to perforate quartz beads using cactus thorns as a drill bit, widely available in the Caribbean islands. Secondly, it is possible to make very fine and long perforations by combining with this vegetable drill a free abrasive of the same hardness as the material to be perforated. Thus we have been able to demonstrate that it is possible to use crushed quartz to perforate quartz, which could explain the near absence of waste from the shaping of these beads in archaeological sites, if the beads were shaped on site. This possibility to crush rock to use it as abrasive has been already evidenced (Gazzola, 2007). It adds to other potential uses of these wastes, which can make it disappear from the archaeological record, as homeopathic powder for example, as demonstrated in other context (Vidale & Shar, 1990)

Such a manufacturing process implies a significant investment in time, but does not require extremely advanced know-how, nor the search for particularly rare materials. It could be implemented directly in the archaeological sites found throughout the Caribbean arc. This investment in lapidary production, already noted by the diversity and distant origin of some of the materials used, confirms the importance of this material culture in these pioneering populations of the Caribbean islands.

Acknowledgements

The authors of this article wish to thank Jonathan M. Kenoyer for his invaluable assistance in the initial stages of the development of this research project and for the many tips he provided. We also thank Michel Lenoir and Michel Brenet for making the experimental lithic drills. Finally, we thank Benoît Bérard for taking elastomer casts of the Vivé bead perforations. The study of the archaeological artifacts would not have been possible without the help of Christian Stouvenot and Gwenola Robert (DAC Guadeloupe), Susana Guimaraes, Katarina Jacobson (Musée Edgar Clerc), Thierry Dorival (DAC Martinique), and François Petit (owner of Hope Estate). The authors also want to thank the three reviewers for their highly valuable comments.

Preprint version 4 of this article has been peer-reviewed and recommended by Peer Community In Archaeology (<https://doi.org/10.24072/pci.archaeo.100020>).

Data, scripts, code, and supplementary information availability

Data from Table 1, Figure 8 and Appendix 1 are available online:

<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/ZYHB7>

Script for figure 8 is available online: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/ZYHB7>

Conflict of interest disclosure

The authors declare there is no financial conflict of interest. Alain Queffelec is manager of PCI Archaeology.

Funding

This work was carried out within the framework of the Programme Collectif de Recherche Parures Amérindiennes dans les Antilles Françaises, funded by the Ministry of Culture (DAC Guadeloupe and DAC Martinique) and the Region of Guadeloupe. This work benefited from the environment of the GPR Human Past.

References

Bar-Yosef Mayer DEB-Y, Groman-Yaroslavski I, Bar-Yosef O, Hershkovitz I, Kampen-Hasday A, Vandermeersch B, Zaidner Y, Weinstein-Evron M (2020) On holes and strings: Earliest displays of human adornment in the Middle Palaeolithic. PLOS ONE, 15, e0234924. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234924>

- Bérard B (2004) Les premières occupations agricoles de l'Arc Antillais, Migrations et insularité. Archaeopress, Oxford.
- Bérard B (2013) The Saladoid. In: *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology* (eds Keegan WF, Hofman CL, Rodríguez Ramos R), pp. 184–197. Oxford University Press, Oxford.
- Bérard B (2019) About Boxes and Labels: A Periodization of the Amerindian Occupation of the West Indies. *Journal of Caribbean Archaeology*, 19, 17.
- Bérard B, Giraud J-P (2006) Les Premières Occupations Agricoles de la Martinique. Vol. 1524, British Archaeological Reports. International Serie. Archaeopress, Oxford.
- Carter B, Helmer M (2015) Elite Dress and Regional Identity: Chimú-Inka Perforated Ornaments from Samanco, Nepeña Valley, Coastal Peru. *BEADS: Journal of the Society of Bead Researchers*, 27, 46–74.
- Cody AK (1990) Prehistoric patterns of exchange in the Lesser Antilles: materials, models, and preliminary observations. San Diego State University.
- Cody AK (1991) From the site of Pearls, Grenada : exotic lithics and radiocarbon dates. In: *Proceedings of the 13th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology* , pp. 589–604. Curaçao.
- Cody AK (1993) Distribution of exotic stone artifacts through the Lesser Antilles : their implications for prehistoric interaction and exchange. In: *Proceedings of the 14th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology* , pp. 204–226. Barbados.
- Crock JG, Bartone RN (1998) Archaeology of Trants, Montserrat. Part 4. Flaked stone and stone bead industries. *Annals of Carnegie Museum Pittsburgh*, 67, 197–224.
- Durand J-F, Petitjean Roget H (1991) A propos d'un collier funéraire à Morel, Guadeloupe : les Huecoïdes sont-ils un mythe ? In: *Proceedings of the 12th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology* , pp. 53–72. Cayenne.
- d'Errico F, Henshilwood C, Lawson G, Vanhaeren M, Tillier A-M, Soressi M, Bresson F, Maureille B, Nowell A, Lakarra J, Backwell L, Julien M (2003) Archaeological Evidence for the Emergence of Language, Symbolism, and Music—An Alternative Multidisciplinary Perspective. *Journal of World Prehistory*, 17, 1–70. <https://doi.org/10.1023/A:1023980201043>
- Falci CG (2015) Stringing Beads Together: a microwear study of bodily ornaments in late pre-Colonial north-central Venezuela and north-western Dominican Republic.
- Falci CG (2020) Indigenous adornment in the circum-Caribbean. Leiden University, Leiden.
- Falci CG, Knaf ACS, van Gijn A, Davies GR, Hofman CL (2020) Lapidary production in the eastern Caribbean: a typo-technological and microwear study of ornaments from the site of Pearls, Grenada. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12, 53. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-01001-4>
- Fitzpatrick SM (2006) A critical approach to 14 C dating in the Caribbean: using chronometric hygiene to evaluate chronological control and prehistoric settlement. *Latin American Antiquity*, 17, 389–418.
- Fouéré P (2006) Le matériel lithique. In: *Fouille préventive de la Gare Maritime de Basse-Terre (Guadeloupe)* (ed Romon T), pp. 82–101. Service Régional de l'Archéologie, Direction des Affaires Culturelles de Guadeloupe, Basse-Terre, Guadeloupe.
- Friedrich K, Akpan EI, Wetzel B (2021) On the tribological properties of extremely different wood materials. *European Journal of Wood and Wood Products*, 79, 977–988. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01654-2>
- Fritsch E, Rossman GR (1988) An update on color in gems. Part 2: Colors involving multiple atoms and color centers. *Gems & Gemology*, 24, 3–15.
- Gazzola J (2007) La producción de cuentas en piedras verdes en los talleres lapidarios de La Ventilla, Teotihuacan. *Arqueología*, 52–70.
- Giovas CM (2019) The beasts at large—perennial questions and new paradigms for Caribbean translocation research. Part I: ethnozoogeography of mammals. *Environmental Archaeology*, 24, 182–198. <https://doi.org/10.1080/14614103.2017.1315208>
- Gurova M, Bonsall C, Bar-Yosef Mayer DE, Bonsall C, Choyke AM (2017) Experimental replication of stone, bone and shell beads from Early Neolithic sites in Southeast Europe. In: *Not Just for Show: The Archaeology of Beads, Beadwork and Personal Ornaments* , pp. 159–167. Oxbow Books, Oxford.
- Gwinnett J, Gorelick L (1979) Ancient lapidary: a study using scanning electron microscopy and functional analysis. *Expedition: The magazine of the University of Pennsylvania*, 22, 17–32.
- Gwinnett AJ, Gorelick L (1987) The change from stone drills to copper drills in Mesopotamia. *Expedition*, 29, 15.

- Gwinnett AJ, Gorelick L (1998) A brief history of drills and drilling. *BEADS: Journal of the Society of Bead Researchers*, 10, 49–56.
- Harrington MR (1924) A West Indian gem center. *Indian Notes*, 1, 184–189.
- Haviser JB (1990) Perforated prehistoric ornaments of Curaçao and Bonaire, Netherlands Antilles. *BEADS: Journal of the Society of Bead Researchers*, 2, 85–92.
- Haviser JB (1991) Preliminary results from test excavations at the Hope Estate site (SM-026), St. Martin. In: *Proceedings of the 13th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology*, pp. 647–666. Curaçao.
- Heizer RF, Fogelson R (1978) *Handbook of North American Indians*. Smithsonian Institution, Washington D.C.
- Hirth KG, Puche MCS, Arce J, León JD (2009) Intermittent domestic lapidary production during the Late Formative period at Nativitas, Tlaxcala, Mexico. *Housework: craft production and domestic economy in ancient Mesoamerica*, 157–173.
- Hofman CL (2013) The Post-Saladoid in the Lesser Antilles (A.D. 600/800-1492). In: *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology*. (eds Keegan WF, Hofman CL, Rodriguez-Ramos R), pp. 205–220. Oxford University Press, Oxford, Royaume-Uni.
- Hofman CL, Jong H de, Keegan WF, Davies GR, Kelly HJ, Newsom LA (2008) *Crossing the Borders: New Methods and Techniques in the Study of Archaeology Materials from the Caribbean*. The University of Alabama Press, Tuscaloosa.
- Kenoyer JM (1986) The Indus bead industry: contributions to bead technology. *Ornament*, 10, 18–23.
- Kenoyer JM (1991) The Indus valley tradition of Pakistan and western India. *Journal of World Prehistory*, 5, 331–385. <https://doi.org/10.1007/BF00978474>
- Kenoyer JM (1997) Trade and technology of the Indus Valley: new insights from Harappa, Pakistan. *World Archaeology*, 29, 262–280.
- Kenoyer JM (2017) Using SEM to Study Stone Bead Technology. In: *Stone Beads of South and Southeast Asia: Archaeology, Ethnography and Global Connections*. (ed Kanungo AK), pp. 405–433. Aryan Books International.
- Kenoyer JM, Vidale M (1992) A new look at stone drills of the Indus Valley Tradition. In: *MRS Proceedings*, p. 495. Cambridge Univ Press. <https://doi.org/10.1557/PROC-267-495>
- Knaf ACS, Habiba, Shafie T, Koornneef JM, Hertwig A, Cárdenas-Párraga J, García-Casco A, Harlow GE, Schertl H-P, Maresch WV, López Belando AJ, Hofman CL, Brandes U, Davies GR (2021) Trace-elemental and multi-isotopic (Sr-Nd-Pb) discrimination of jade in the circum-Caribbean: Implications for pre-colonial inter-island exchange networks. *Journal of Archaeological Science*, 135, 105466. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105466>
- Knippenberg S (2007) *Stone artefact production and exchange among the Lesser Antilles*. Amsterdam University Press.
- Koch-Grünberg T (1910) *Zwei Jahre unter den Indianern: reisen in nordwest-Brasilien 1903/1905*. E. Wasmuth.
- Kuhn SL (2014) Signaling Theory and Technologies of Communication in the Paleolithic. *Biological Theory*, 9, 42–50. <https://doi.org/10.1007/s13752-013-0156-5>
- Leroi-Gourhan A (1971) *L'homme et la matière*. Albin Michel, Paris.
- Ludvik G, Kenoyer JM, Pieniżek M, Aylward W (2015) New perspectives on stone bead technology at Bronze Age Troy. *Anatolian Studies*, 65, 1–18. <https://doi.org/10.1017/S0066154615000046>
- de Mille CN, Varney TL, Turney M (2008) Saladoid lapidary technology : New methods for investigating stone bead drilling techniques. In: *Crossing the Borders: New Methods and Techniques in the Study of Archaeology Materials from the Caribbean* (eds Hofman CL, Hoogland MLP, van Gijn AL), p. . The university of Alabama Press, Tuscaloosa.
- Munan H (1995) Social Status Gradations Expressed in the Beadwork Patterns of Sarawak's Orang Ulu. *BEADS: Journal of the Society of Bead Researchers*, 7, 55–64.
- Murphy AR, Hozjan DJ, de Mille CN, Levinson AA (2000) Pre-Columbian gems and ornamental materials from Antigua, West Indies. *Gems and Gemology*, 36, 234–245. <https://doi.org/10.5741/GEMS.36.3.234>
- Napolitano MF, DiNapoli RJ, Stone JH, Levin MJ, Jew NP, Lane BG, O'Connor JT, Fitzpatrick SM (2019) Reevaluating human colonization of the Caribbean using chronometric hygiene and Bayesian modeling. *Science Advances*, 5. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aar7806>

- Narganes Storde YM (1995) La lapidaria de la Hueca, Vieques, Puerto Rico. In: Proceedings of the 15th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology , pp. 141–151. San Juan de Puerto Rico.
- Narganes Storde YM (1999) La lapidaria de Sorce, Vieques y Tecla, Guayanilla, Puerto Rico. In: Proceedings of the 16th Congress of the International Association for Caribbean Archaeology , pp. 17–26. Basse-Terre.
- Nguru MM, Maina SM (2020) Social-Cultural Impact of Bead work in East Africa: the Nexus between the Dinka, Samburu & Masai Ethnicities. *International Journal of Innovative Research and Development*, 9.
- Nobayashi A (2020) The Diversity of Taiwanese Indigenous Culture Seen in Bead Products. *Senri Ethnological Studies*, 103, 51–63. <https://doi.org/10.15021/00009622>
- Pagan-Jimenez JR (2011) Early phytocultural process in the pre-colonial Antilles. In: Communities in contact. Essays in archaeology, ethnohistory and ethnography of the Amerindian circum-Caribbean (eds Hofman CL, van Duijvenbode A), pp. 87–116.
- Peresani M, Vanhaeren M, Quaggiotto E, Queffelec A, d’Errico F (2013) An Ochered Fossil Marine Shell From the Mousterian of Fumane Cave, Italy. *PLoS ONE*, 8, e68572. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068572>
- Pinchon R (1952) Introduction à l’archéologie martiniquaise. *Journal de la Société des Américanistes*, 41, 305–352.
- Queffelec A, Fouéré P, Bellot-Gurlet L, Bérard B (2020) Stone ornaments from Guadeloupe and Martinique Early Ceramic period sites (200 BC – AD 400), detailed analysis and comparison with a Late Ceramic period site (AD 750 – 1000). *Journal of Caribbean Archaeology*, 20, 1–44.
- Queffelec A, Fouéré P, Caverne J-B (2021) A Database of Lapidary Artifacts in the Caribbean for the Ceramic Age. *Journal of Open Archaeology Data*, 9, 11. <https://doi.org/10.5334/joad.74>
- Queffelec A, Fouéré P, Paris C, Stouvenot C, Bellot-Gurlet L (2018) Local production and long-distance procurement of beads and pendants with high mineralogical diversity in an early Saladoid settlement of Guadeloupe (French West Indies). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, 275–288. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.07.011>
- Raad DR, Makarewicz CA (2019) Application of XRD and digital optical microscopy to investigate lapidary technologies in Pre-Pottery Neolithic societies. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 23, 731–745. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.11.005>
- Radovčić D, Sršen AO, Radovčić J, Frayer DW (2015) Evidence for Neandertal jewelry: Modified white-tailed eagle claws at Krapina. *PLoS One*, 10, e0119802. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119802>
- Roth WE (1924) An introductory study of the arts, crafts , and customs of the Guiana Indians. Smithsonian Institutions, Washington, D.C.
- Roth V (1944) A stone-age bead factory on the Mahaica river. *Timehri*, 26, 42–48.
- Roux V, Bril B, Dietrich G (1995) Skills and learning difficulties involved in stone knapping: The case of stone-bead knapping in Khambhat, India. *World Archaeology*, 27, 63–87. <https://doi.org/10.1080/00438243.1995.9980293>
- Sela A, Roux V (2000) La perforation des perles en calcédoine: approche mécanique des techniques harappéennes. *Cornaline de l’Inde. Des pratiques techniques de Cambay aux techno-systèmes de l’Indus*, 173–204.
- Serrand N (2002) Exploitation des invertébrés marins et terrestres par les populations saladoïdes et post-saladoïdes du nord des petites Antilles (500 B.C. - 1200 A.D.) étude de cas et comparaisons. Université Panthéon-Sorbonne, Paris.
- Serrand N (2007) Exploitation des invertébrés par les sociétés précolombiennes des Petites Antilles. *Journal de la société des américanistes*, 92, 7–47. <https://doi.org/10.4000/jsa.6213>
- Serrand N, Bonnissent D (2018) Interacting Pre-Columbian Amerindian Societies and Environments: Insights from Five Millennia of Archaeological Invertebrate Record on the Saint-Martin Island (French Lesser Antilles). *Environmental Archaeology*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/14614103.2018.1450463>
- Serrand N, Orsini S, Ribechini E, Casagrande F (2018) Bitumen residue on a Late Ceramic Age three-pointer from Marie-Galante, Guadeloupe: Chemical characterization and ligature evidence. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, 243–258. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.07.014>
- Shmulsky R, Jones PD (2019) Forest products and wood science: an introduction. Wiley-Blackwell.

- Siegel PE (2010) Continuity and change in the evolution of religion and political organization on pre-Columbian Puerto Rico. *Journal of Anthropological Archaeology*, 29, 302–326. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2010.04.002>
- Siegel PE, Severin KP (1993) The First Documented Prehistoric Gold-Copper Alloy Artefact from the West Indies. *Journal of Archaeological Science*, 20, 67–79. <https://doi.org/10.1006/jasc.1993.1005>
- Vanhaeren M, d'Errico F (2006) Aurignacian ethno-linguistic geography of Europe revealed by personal ornaments. *Journal of Archaeological Science*, 33, 1105–1128. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.11.017>
- Vanhaeren M, d'Errico F, Stringer C, James SL, Todd JA, Mienis HK (2006) Middle Paleolithic Shell Beads in Israel and Algeria. *Science*, 312, 1785–1788. <https://doi.org/10.1126/science.1128139>
- Vidale M, Shar GM (1990) Zahr-Muhra: Soapstone-Cutting in Contemporary Baluchistan and Sindh. *Annali dell'Istituto Universitario Orientale di Napoli*, 50, 61–78.
- Wallace AR (1889) *A narrative of travels on the Amazon and Rio Negro, with an account of the native tribes, and observations on the climate, geology, and natural history of the Amazon valley*. Ward, Lock & Co, London, New-York and Melbourne.
- Watters DR (1997) Maritime trade in the prehistoric eastern Caribbean. In: *The Indigenous People of the Caribbean*, pp. 88–99. University Press of Florida, Gainesville.
- Wiessner P (1982) Risk, reciprocity and social influences on! Kung San economics. *Politics and history in band societies*, 61, 84.
- Yang M, Yang Y, Wang C (2011) A new 3D information acquisition method of micro-drilling marks on ancient perforated stone bead through micro-CT. *Journal of X-ray science and technology*, 19, 333–343.

Appendix

Appendix 1

Site	Gem material	Type	Inventory number	State	Perforation
Gare Maritime	Amethyst	Barrel-shaped	GD-01-003	finished	biconical
			GD-01-005	finished	cylindrical
		Cylindrical	GD-01-002	broken	cylindrical
			GD-01-006	finished	cylindrical
	Rock crystal	Discoid	GD-01-004	blank	-
			GD-01-014	broken	cylindrical
		Cylindrical	GD-01-016	finished	cylindrical
Allée Dumanoir	Amethyst	Barrel-shaped	GD-01-015	finished	cylindrical
		Button	GD-05-001	finished	chamfered
Morel	Amethyst	Barrel-shaped	GD-05-002	finished	biconical
			GD-02-004*	finished	chamfered
			GD-02-011*	finished	biconical
			GD-02-025	finished	chamfered
			GD-02-027	finished	chamfered
			GD-02-034	finished	chamfered
			GD-02-053	broken	chamfered ?
			GD-02-042	broken	biconical ?
		GD-02-030	finished	biconical	
		Bitronconical	GD-02-012*	finished	biconical
	GD-02-035		finished	chamfered	
	GD-02-038		finished	biconical	
	Spherical	GD-02-054	finished	biconical	
	Cylindrical	GD-02-026	finished	cylindrical	
	Rock crystal	Cylindrical	GD-02-015*	finished	biconical
			GD-02-017*	finished	biconical
			GD-02-018*	finished	biconical
			GD-02-006*	finished	chamfered
			GD-02-007*	finished	chamfered
GD-02-008*			finished	chamfered	
GD-02-009*			finished	chamfered	
GD-02-013*			finished	chamfered	
GD-02-014*			finished	chamfered	
GD-02-016*			finished	chamfered	
GD-02-005*			finished	cylindrical	
GD-02-010*	finished ?	chamfered ?			
GD-02-044	broken	chamfered ?			

Anse Ste Marguerite	Amethyst	Bitronconical	GD-08-001	finished	chamfered
Hope Estate	Amethyst	Cylindrical	SM-02-072	finished	cylindrical
			SM-02-075	broken	chamfered
			SM-02-078	finished	chamfered
		Discoid	SM-02-087	finished	biconical
	Barrel-shaped	SM-02-011	broken	cylindrical ?	
	Undetermined	SM-02-044	broken	-	
	Rock crystal	Cylindrical	SM-02-019	finished	cylindrical
			SM-02-074	finished	biconical
			SM-02-080	finished	chamfered
			SM-02-077	broken	chamfered
SM-02-107			broken	biconical	
Bitronconical		SM-02-023	broken	biconical ?	
Discoid	SM-02-091	finished	conical		
		SM-02-028	finished	cylindrical	
		SM-02-029	broken	cylindrical	
Vivé	Amethyst	Bitronconical	MA-02-001	finished	conical
			MA-02-003	finished	cylindrical
			MA-02-004	finished	cylindrical
			MA-02-005	finished	cylindrical
	Spherical	MA-02-002	finished	chamfered	
	Cylindrical	MA-02-026	finished	cylindrical	
Rock crystal	Cylindrical	MA-02-033	finished	cylindrical	

Appendix 2: Specific mass calculation for cactus thorns used in this work

Dimensions of the thorn :

$h = 39,61 \text{ mm}$

$R = 0,50 \text{ mm}$

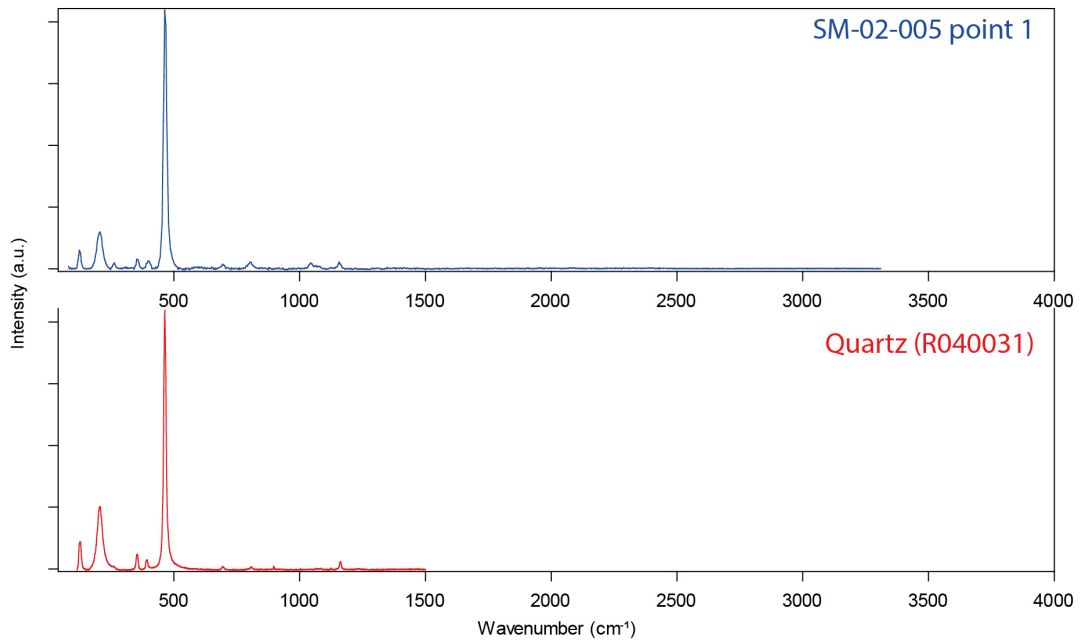
Mass: $m = 0,071 \text{ g}$

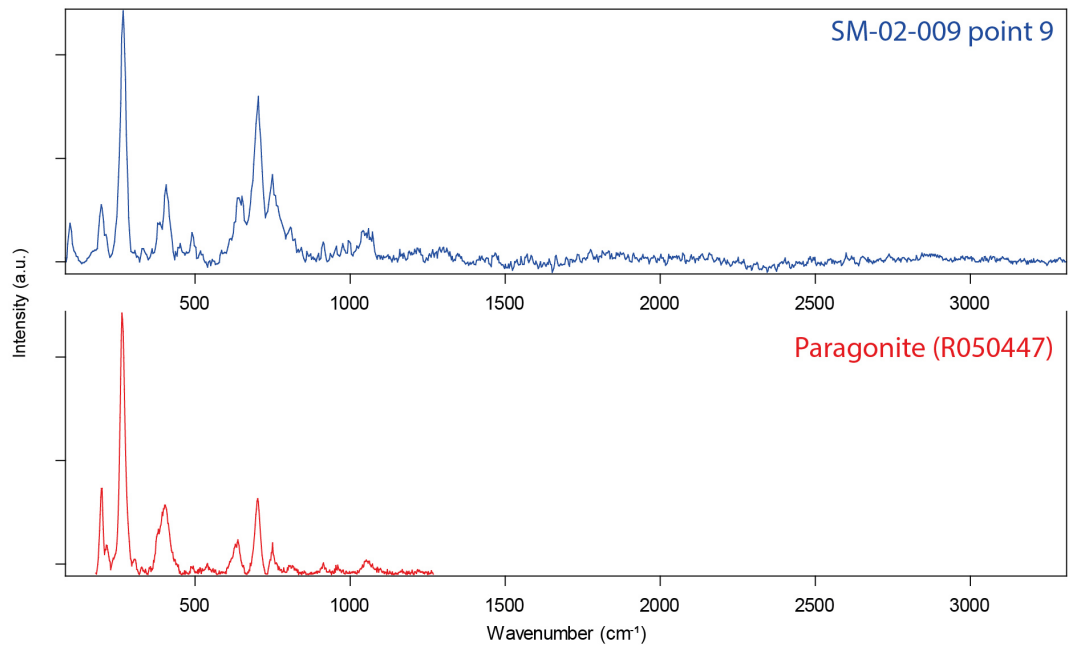
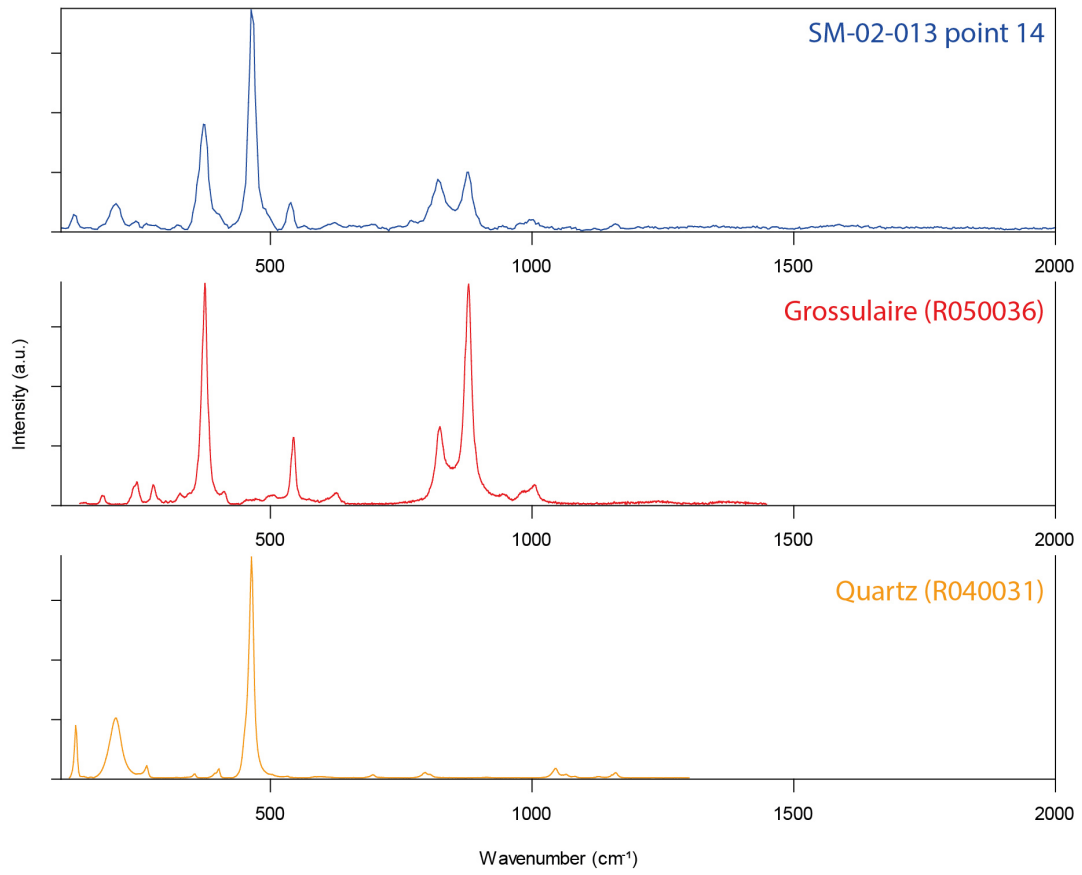
Volume: $V = \pi \times R^2 \times h = \pi \times 0,5^2 \times 39,6 = 31,10 \text{ mm}^3$

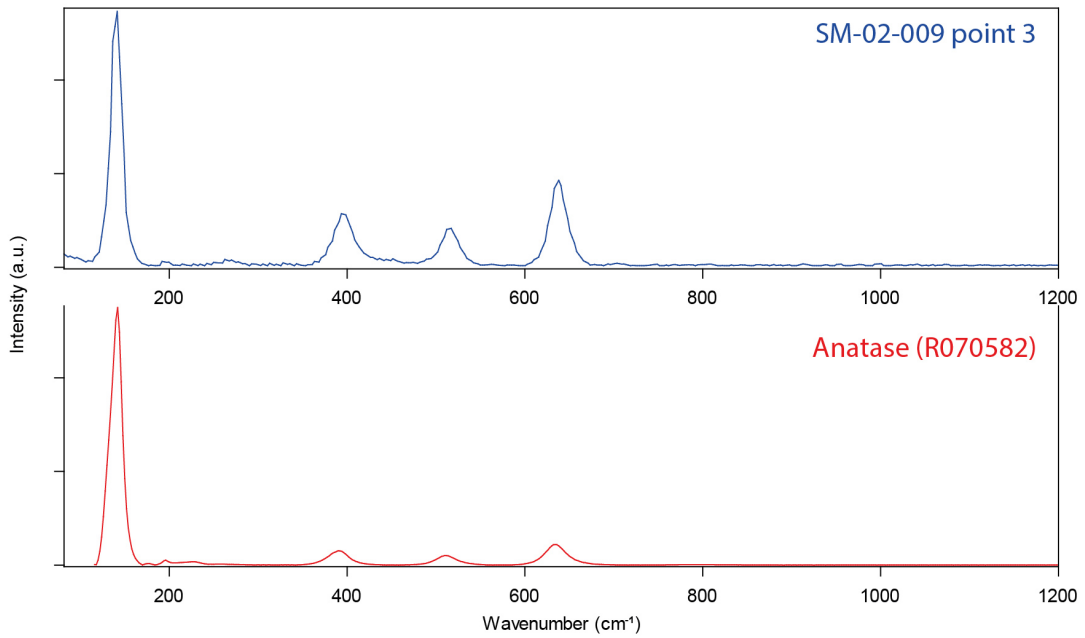
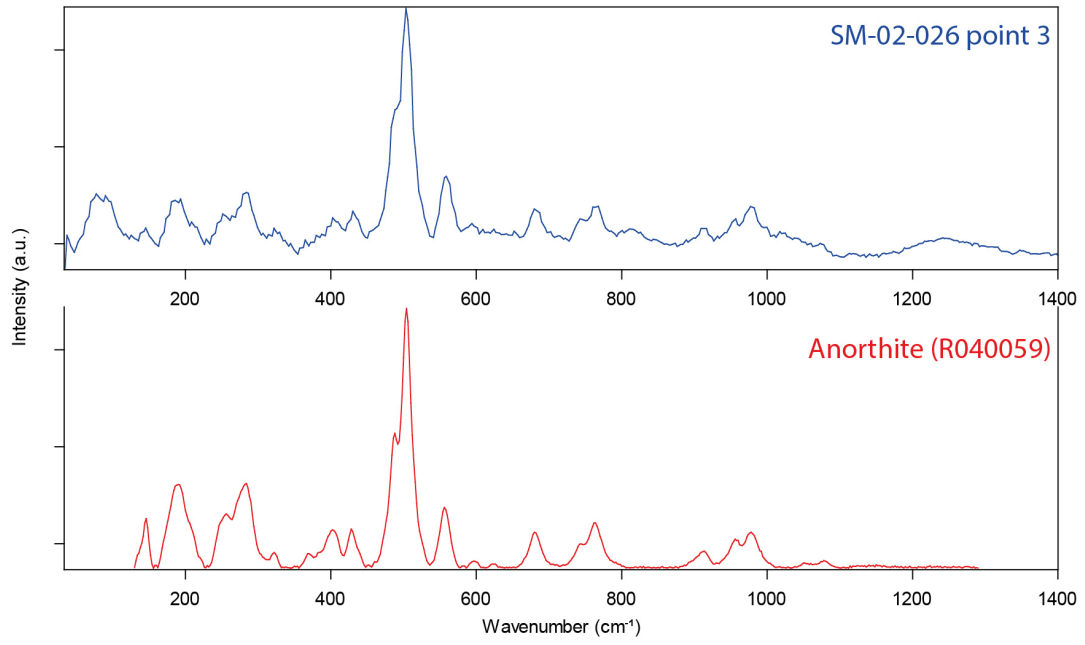
Specific mass: $\rho = m / V = 71/31,10 = 2.28 \text{ mg/mm}^3$ (2280 kg/m³)

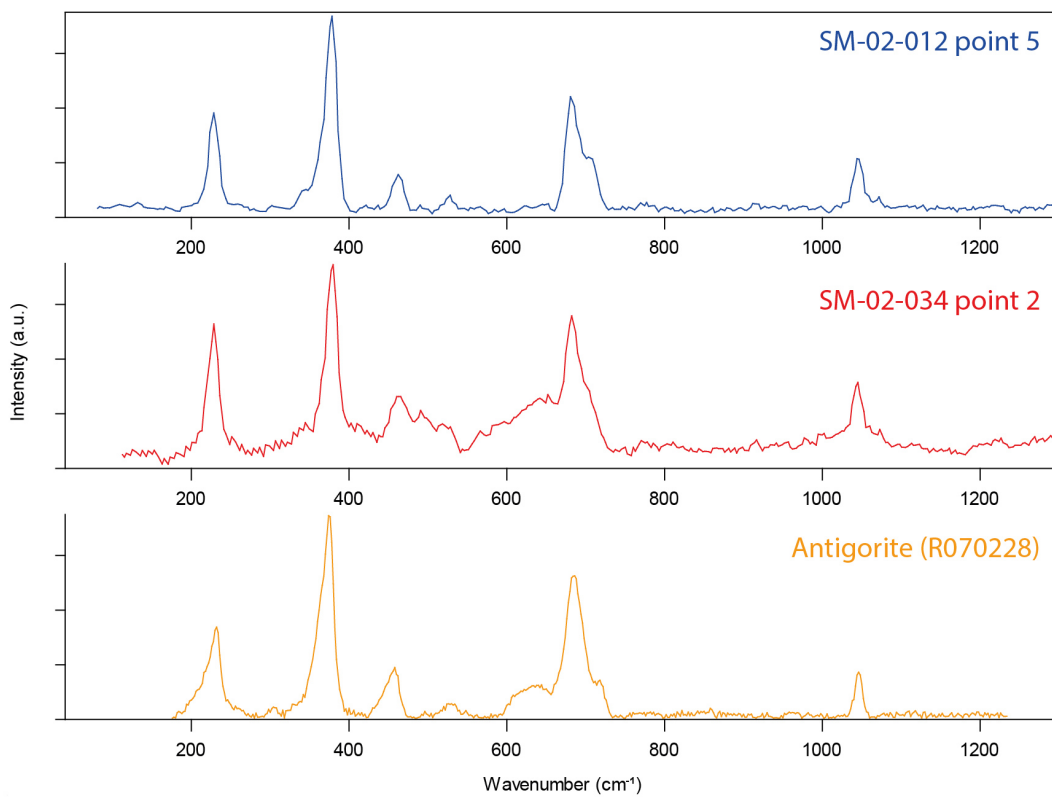
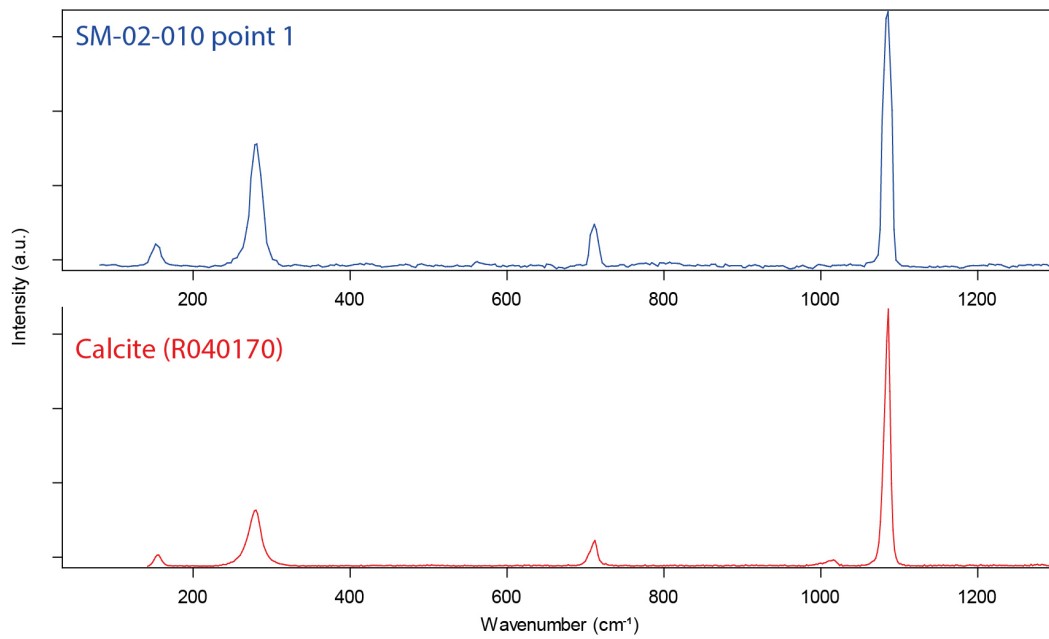
Density: $d_{\text{thorn}} = \rho_{\text{thorn}} / \rho_{\text{water}} = 2280 / 1000 = 2.28$

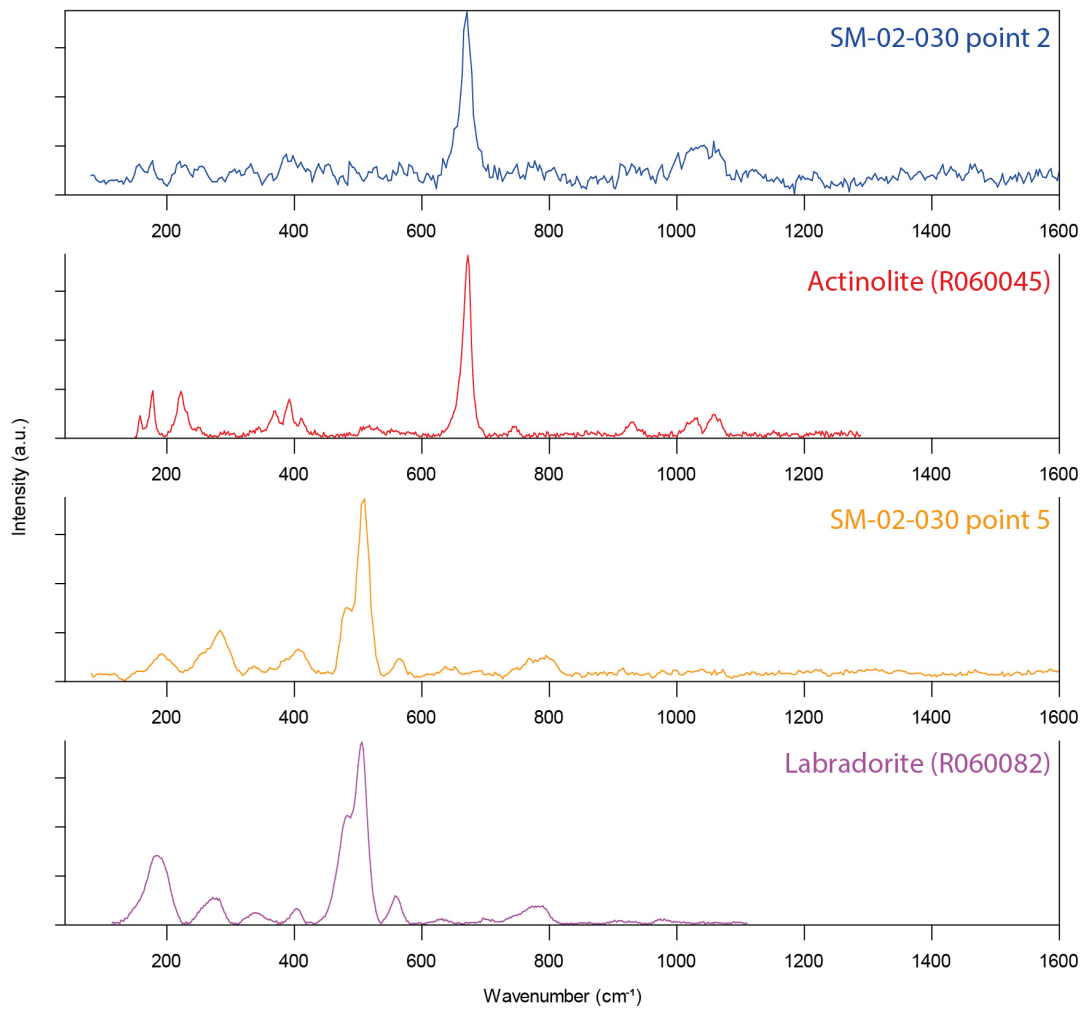
B Exemples de spectres Raman pour les différents minéraux déterminés dans la collection d'Hope Estate

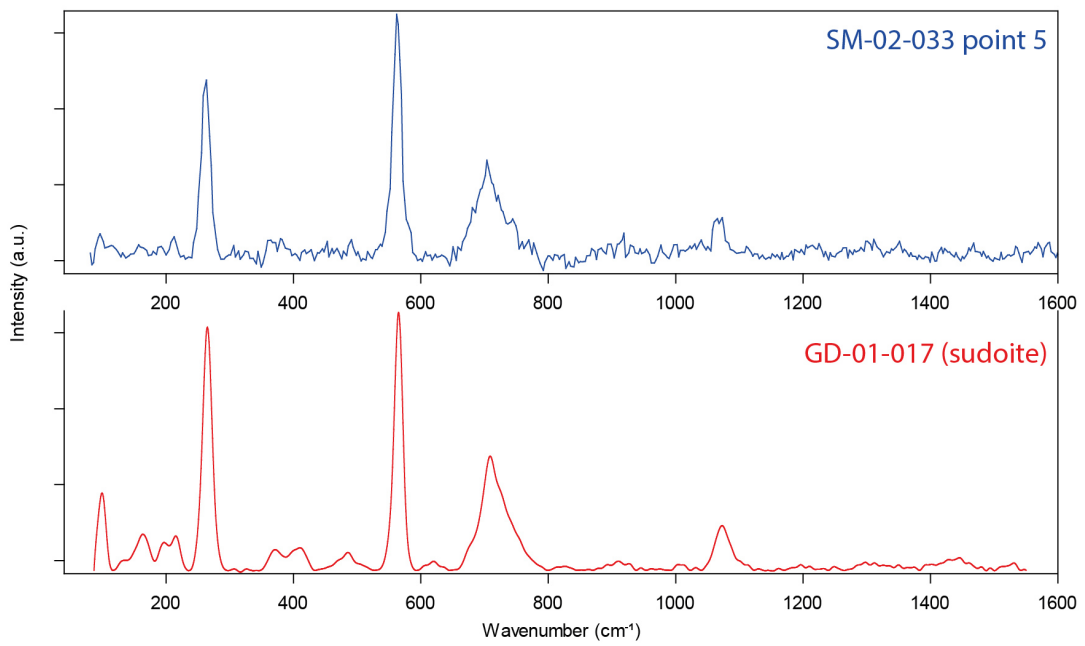
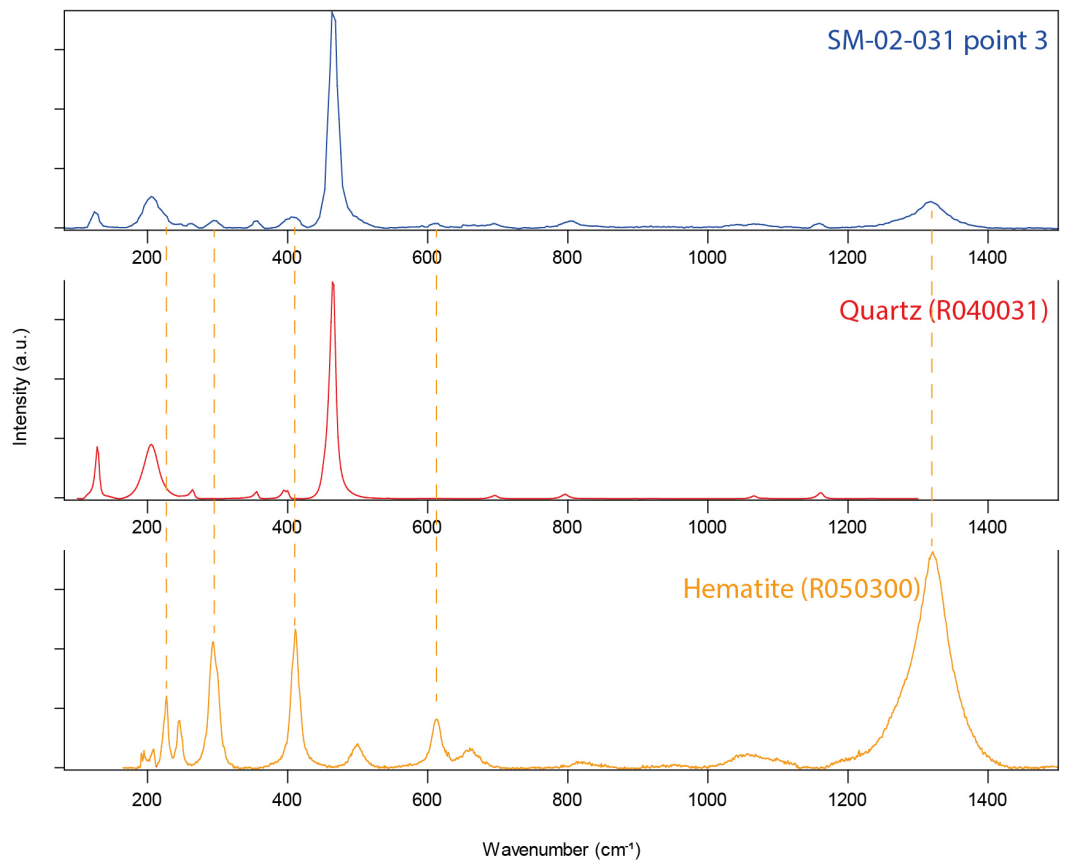


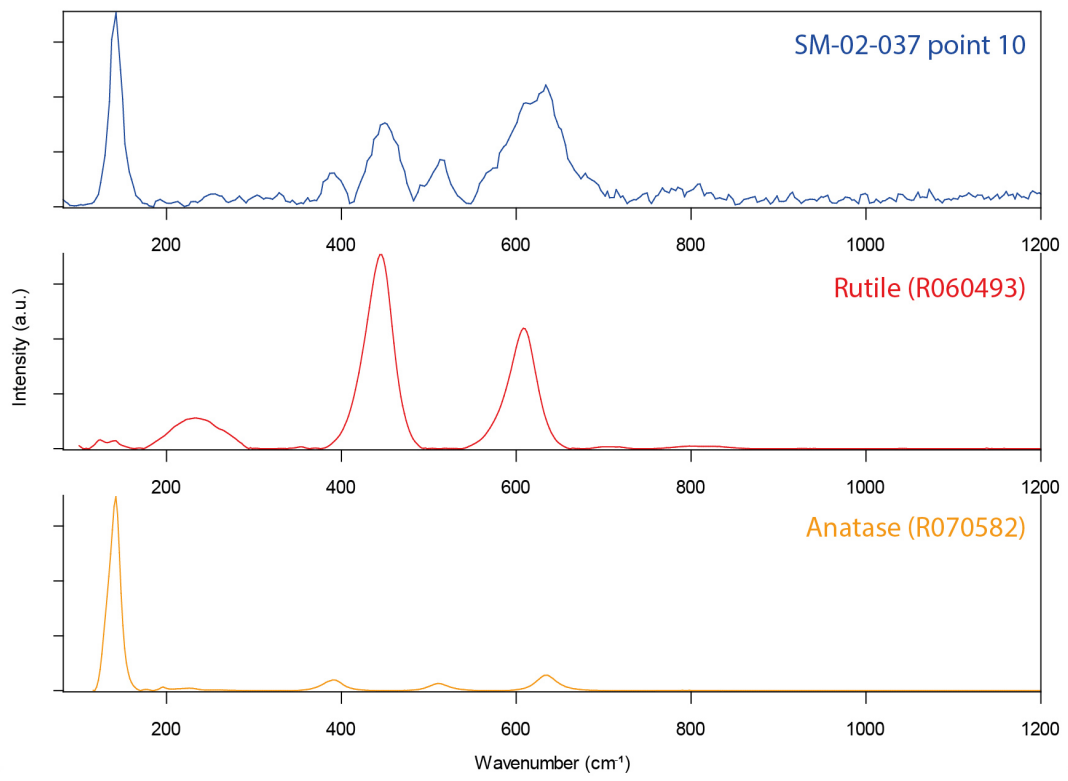


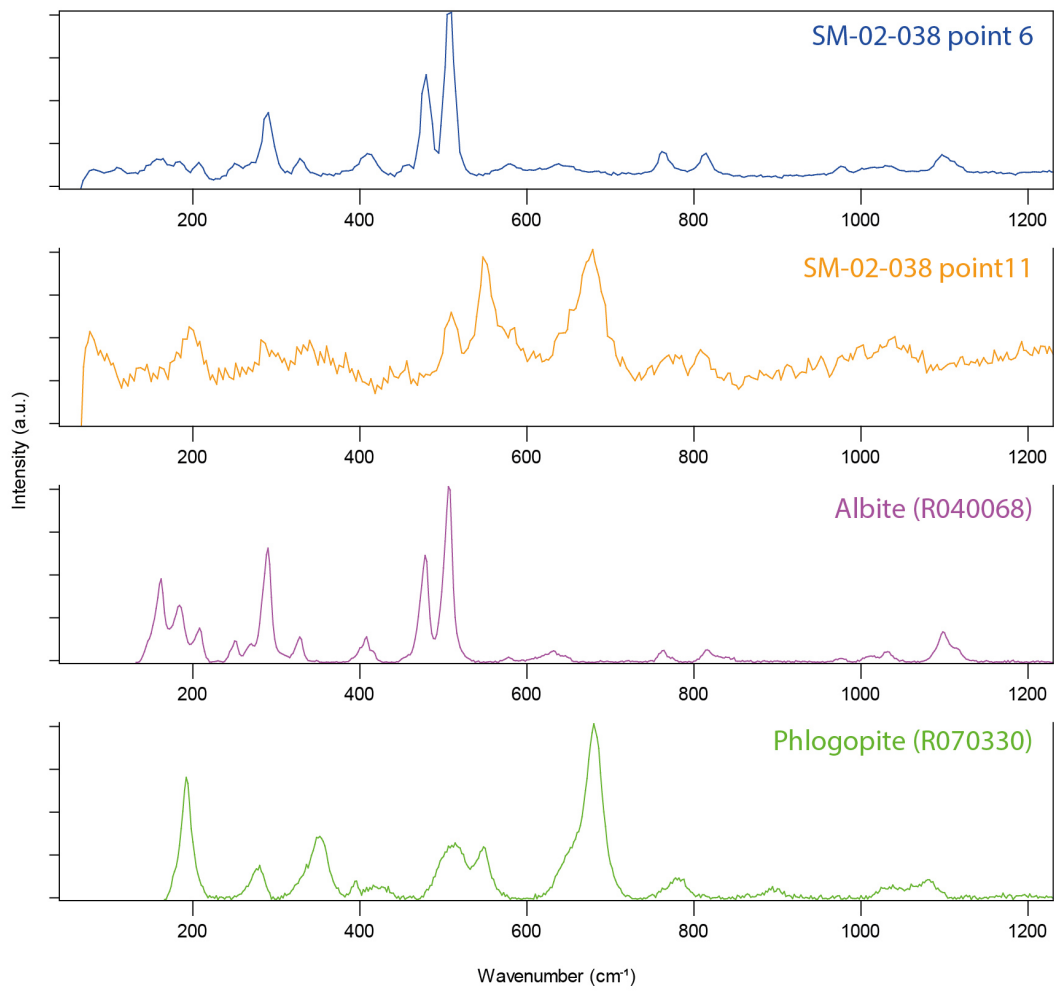


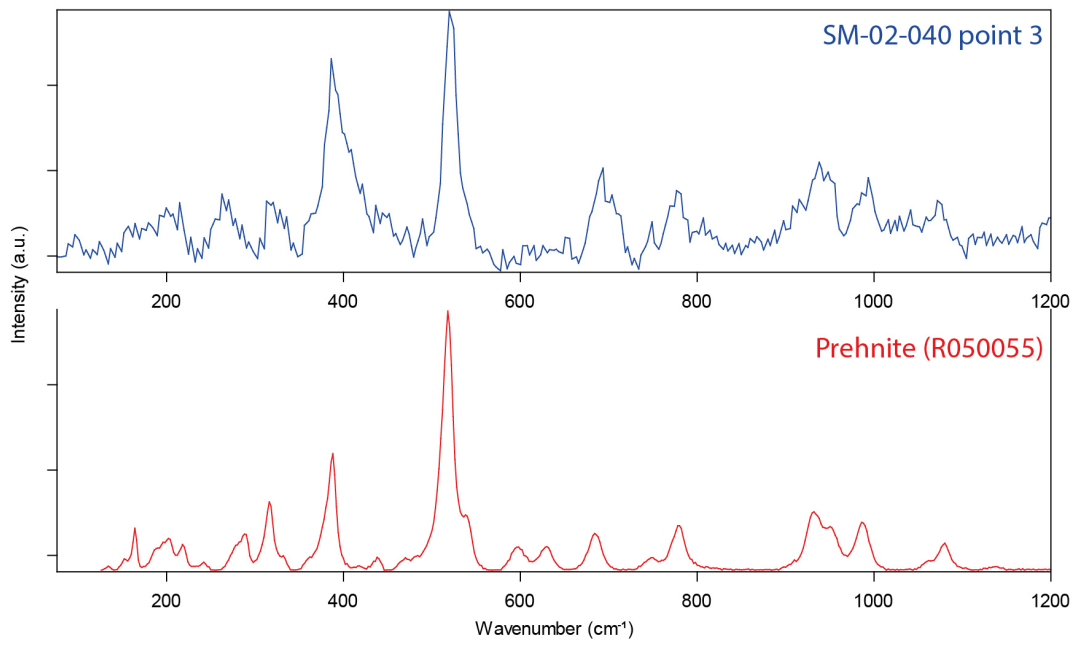


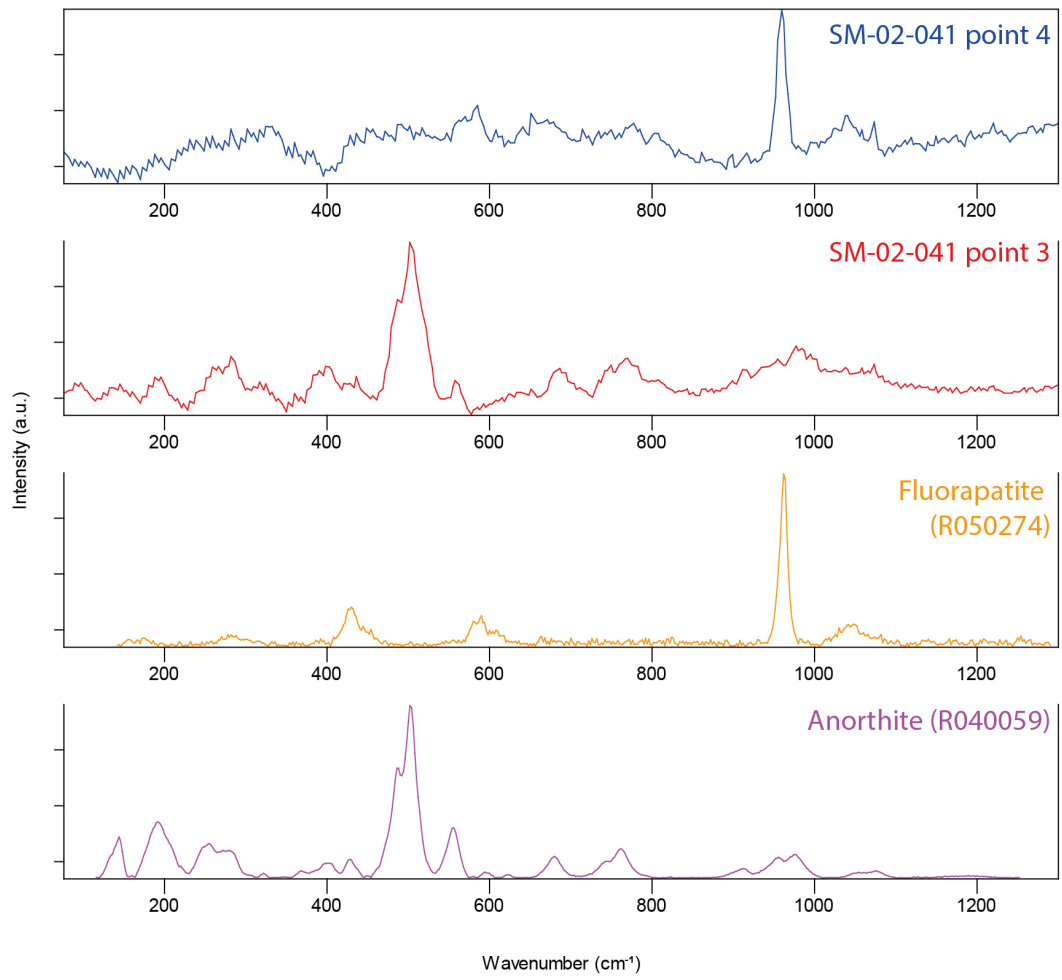


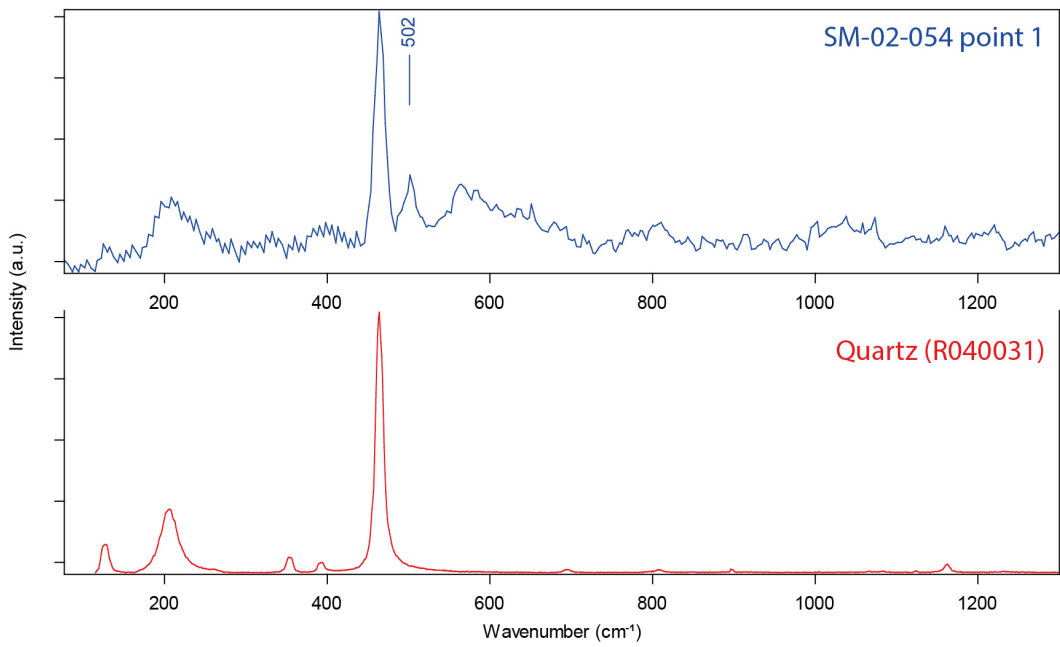
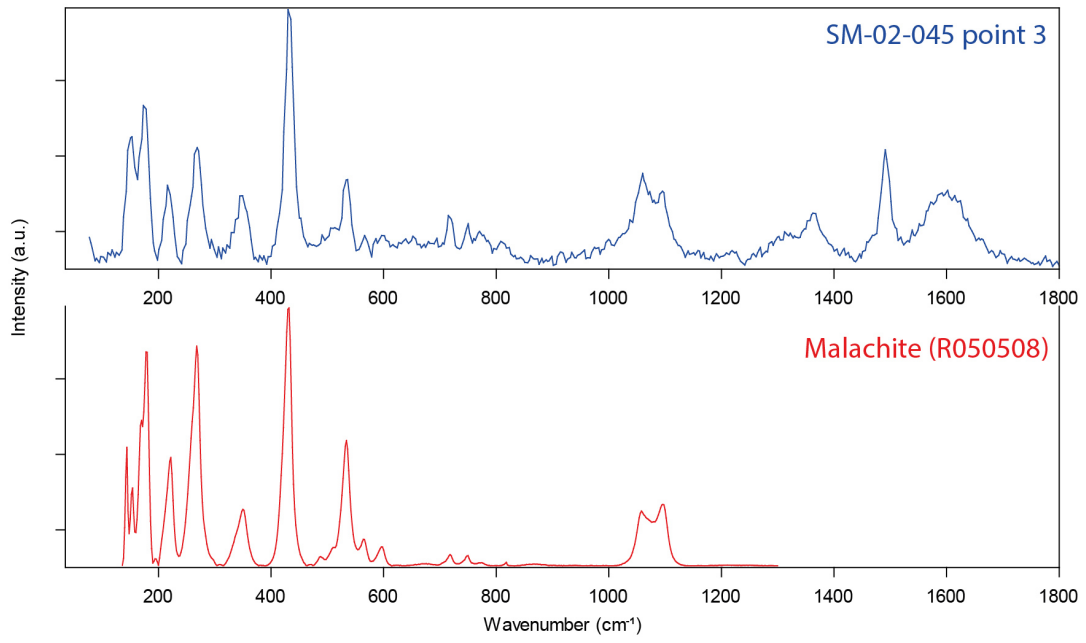


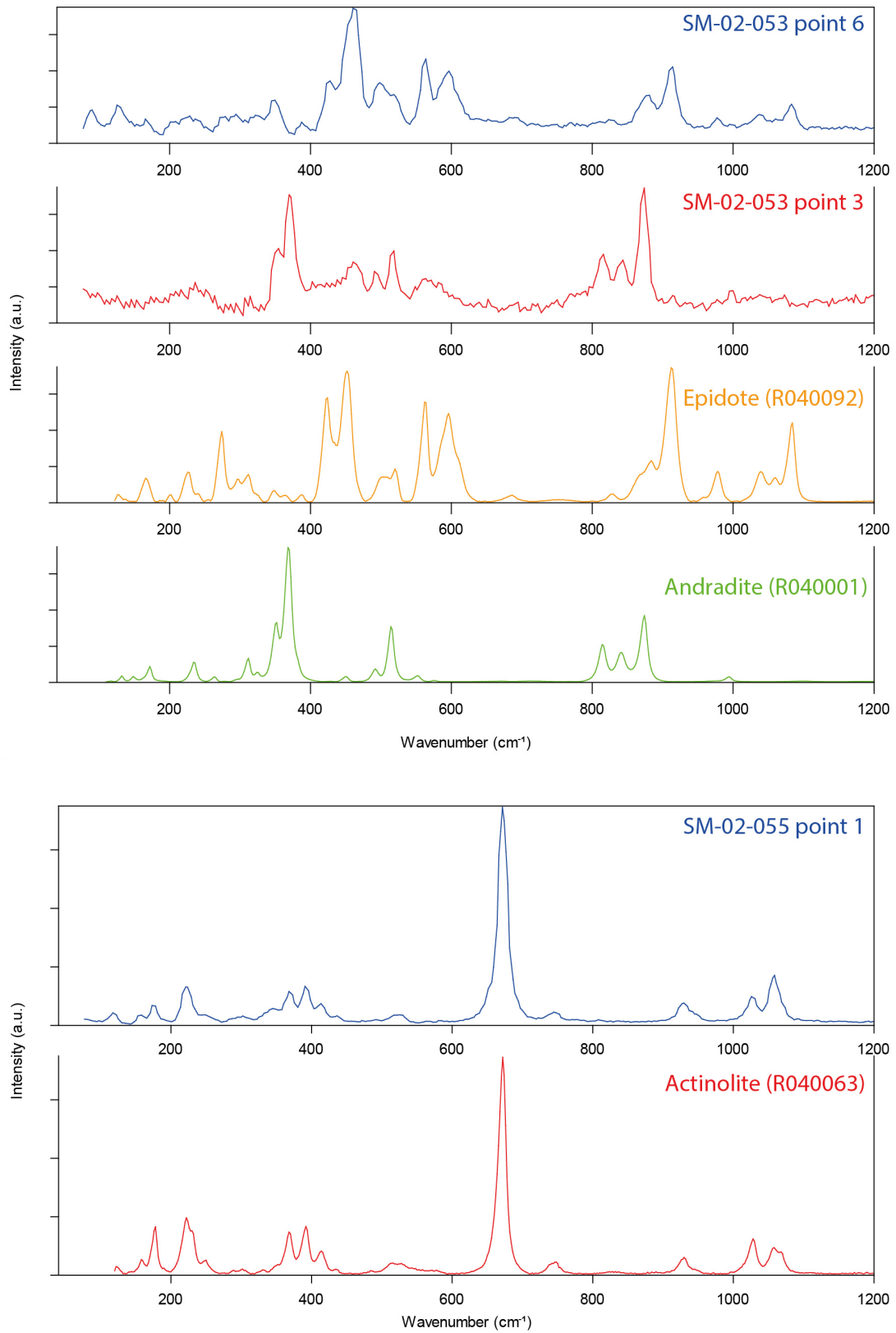


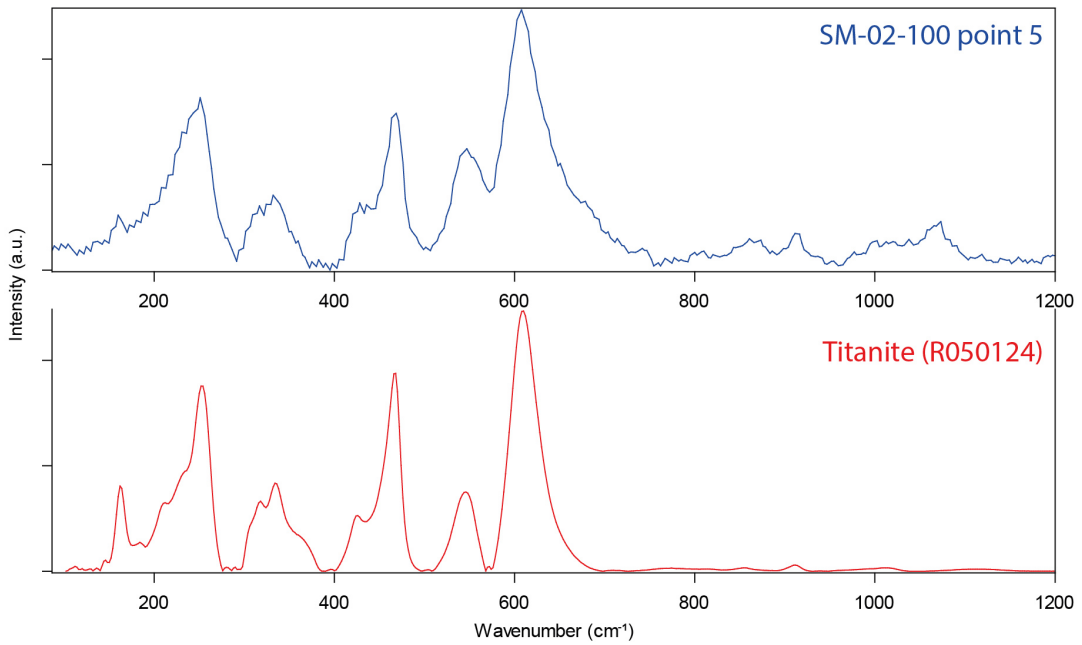
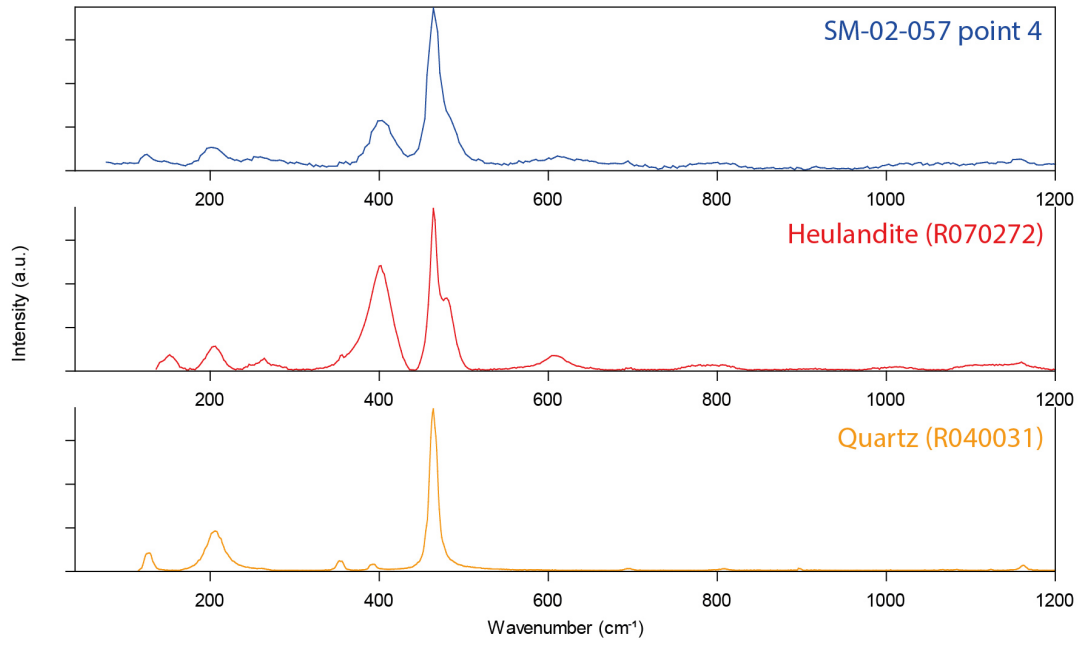


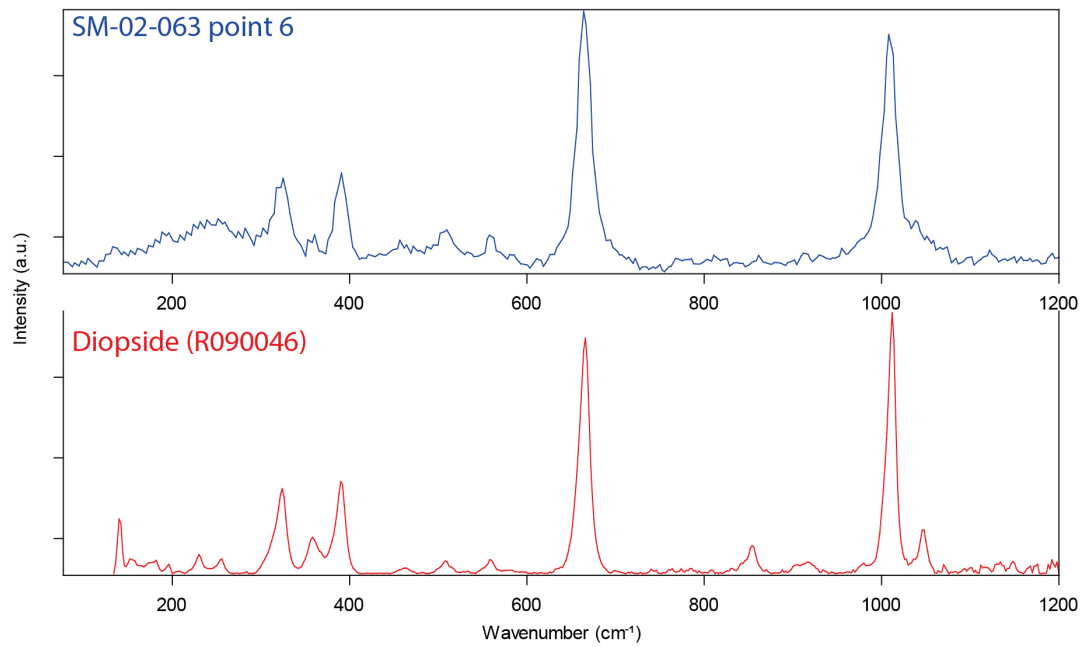
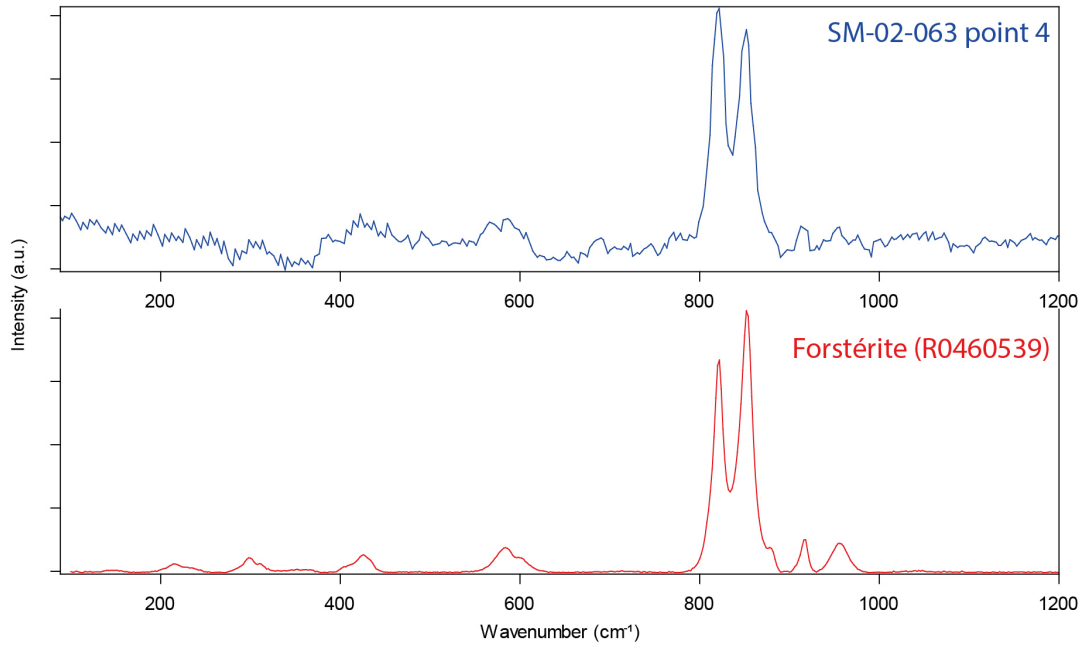












C Code R utilisé pour la production des analyses du chapitre 4

Script R figures chapitre 4

Introduction

Ce document a pour but de fournir l'ensemble du code utilisé dans le chapitre 4 de la thèse, afin d'assurer sa reproductibilité. Ce fichier, ici en pdf, peut-être trouvé sous la forme plus interactive d'un fichier html [ici](#).

Afin de simplifier l'ouverture des fichiers adéquats et l'enregistrement des fichiers à certaines étapes, je vous conseille de mettre ce fichier .qmd et les .csv nécessaires dans un même dossier et d'indiquer ce dossier comme le *working directory* comme cela :

```
setwd("C:/MON/CHEMIN/POUR/LES/FICHIERS/CSV")
```

Analyse de diversité

Chargement des librairies nécessaires

```
library(ggplot2)
library(vegan)
library(entropart)
library(stringr)
```

Chargement des données

```
diversite_MP=read.csv(file = "diversite_MP.csv")
diversite_Types=read.csv(file = "diversite_types.csv")
```

Calculer les vecteurs de probabilité pour les Matières Premières et les Types

```
AAG <-as.ProbaVector(diversite_MP[1,1:9])
GMBT <-as.ProbaVector(diversite_MP[2,1:13])
Morel <-as.ProbaVector(diversite_MP[3,1:15])
Vive <-as.ProbaVector(diversite_MP[4,1:15])
HopeEstate <-as.ProbaVector(diversite_MP[5,1:20])
Elliot <-as.ProbaVector(diversite_MP[6,1:12])
Royall <-as.ProbaVector(diversite_MP[7,1:12])
BaieOrientale2 <-as.ProbaVector(diversite_MP[8,1:2])
ElFlaco <-as.ProbaVector(diversite_MP[9,1:2])
ElCabo <-as.ProbaVector(diversite_MP[10,1:3])
PlayaGrande <-as.ProbaVector(diversite_MP[11,1:2])

AAGtypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[1,1:3])
BaieOrientale2types <-as.ProbaVector(diversite_Types[2,1:2])
ElCabotypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[3,1:2])
ElFlacotypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[4,1:3])
Elliottypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[5,1:3])
GMBTtypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[6,1:6])
GrandBaytypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[7,1:4])
HaciendaGrandetypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[8,1:6])
HopeEstatetypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[9,1:7])
MainStreetypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[10,1:4])
Moreltypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[11,1:7])
Pearlstypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[12,1:9])
Prosperitytypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[13,1:6])
Sorcestypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[14,1:8])
LaHuecatypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[15,1:8])
Teclatypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[16,1:7])
Trantstypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[17,1:8])
Vivetypes <-as.ProbaVector(diversite_Types[18,1:7])
```

Calculer les indices de Piélou, et écrire le .csv dans le dossier

Ceci calcule les indices de Piélou et écrit deux fichiers csv contenant le résultat, un pour les matières premières et un pour les types, à partir desquels les figures 4.8 et 4.21 ont été réalisées.

```

Sites_MP = c("AAG","GMBT","Morel","Vive","HopeEstate","Elliot","Royall",
             "BaieOrientale2","ElFlaco","ElCabo","PlayaGrande")
list_proba_vectors_MP = list(AAG,GMBT,Morel,Vive,HopeEstate,
                             Elliot,Royall,BaieOrientale2,ElFlaco,ElCabo,PlayaGrande)
shannon_MP = sapply(list_proba_vectors_MP, diversity,index = "shannon")
richesse_MP = sapply(list_proba_vectors_MP,Richness)
pielou_MP = as.data.frame(shannon_MP/log(richesse_MP))
row.names(pielou_MP) = Sites_MP ; colnames(pielou_MP) = "Indice de Piélou"
write.csv(pielou_MP, file = "pielou_MP.csv")

Sites_Types = c("AAG","BaieOrientale2","ElCabo","ElFlaco","Elliot",
               "GMBT","GrandBay","HaciendaGrande","HopeEstate",
               "MainStreet","Morel","Pearls","Prosperity","Sorcel",
               "LaHueca","Tecla","Trants","Vive")
list_proba_vectors_toustypes = list(AAGtypes,BaieOrientale2types,
                                    ElCabotypes,ElFlacotypes,
                                    Elliottypes,GMBTtypes,
                                    GrandBaytypes,HaciendaGrandetypes,HopeEstatetypes,
                                    MainStreotypes,Moreltypes,Pearlstypes,
                                    Prosperitytypes,Sorceltypes,LaHuecatypes,Teclatypes,
                                    Trantstypes,Vivetypes)
shannon_toustypes = sapply(list_proba_vectors_toustypes,
                           diversity,index = "shannon")
richesse_toustypes = sapply(list_proba_vectors_toustypes,Richness)
pielou_toustypes = as.data.frame(shannon_toustypes/log(richesse_toustypes))
row.names(pielou_toustypes) = Sites_Types
colnames(pielou_toustypes) = "Indice de Piélou"
write.csv(pielou_toustypes, file = "pielou_Toustypes.csv")

```

Calcul et graphiques des profils de diversité

Créer la séquence des ordres q pour lesquels la diversité va être calculée

```
q.seq <-seq(0, 2, .1)
```

Créer la fonction qui calcule le profil de diversité pour chaque MP ou chaque Type

```

fun_profile = function(x){
  CommunityProfile(Diversity, x, q.seq)[2]
}

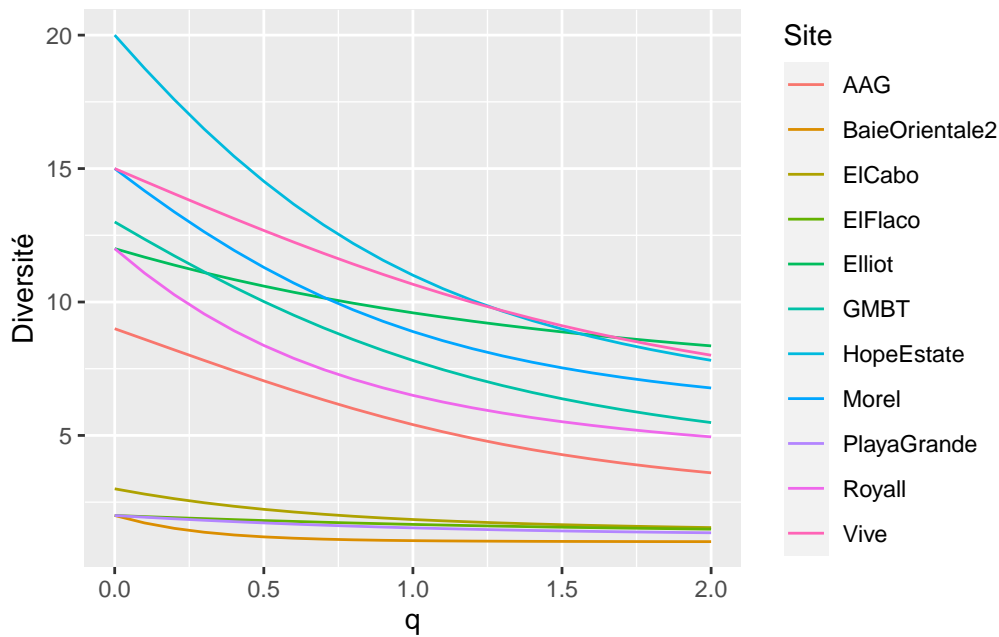
```

Calcul et traçage des profils de diversité, à savoir les figures 4.7 et 4.20.

```

profils_MP = lapply(list_proba_vectors_MP,fun_profile)
names(profils_MP) = Sites_MP
Plot_Diversite_MP = as.data.frame(unlist(profils_MP))
Plot_Diversite_MP[,2] = str_replace_all(row.names(Plot_Diversite_MP), "[:punct:]", "_")
Plot_Diversite_MP[,3:4] = str_split_fixed(Plot_Diversite_MP[,2], "_", 2)
Plot_Diversite_MP[,4] = q.seq
colnames(Plot_Diversite_MP) = c("Diversité", "old", "Site", "q")
ggplot(Plot_Diversite_MP, aes(q,Diversité, colour=Site)) + geom_line()

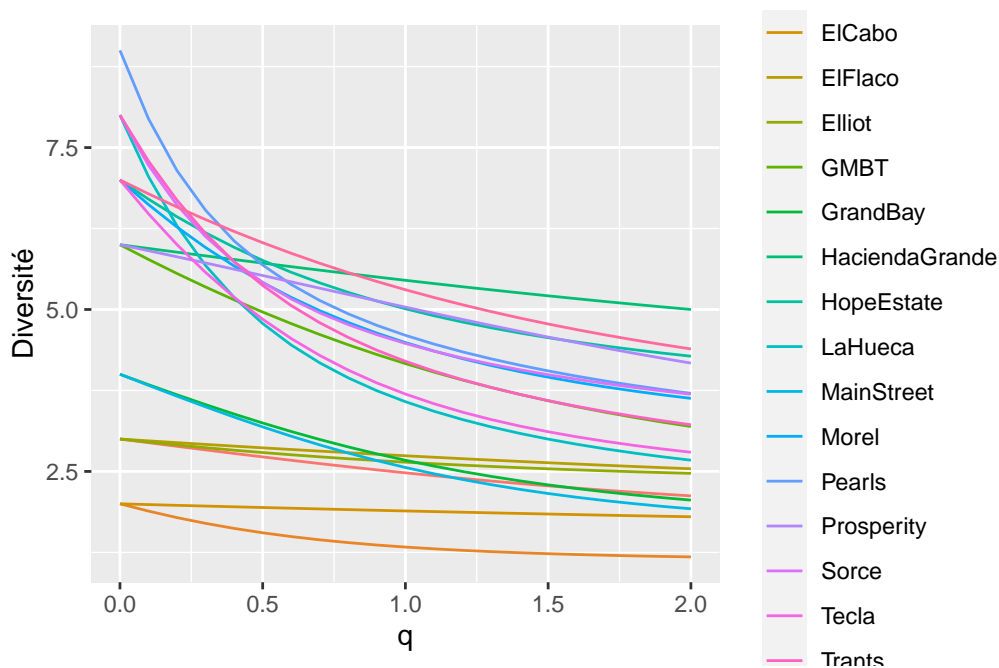
```



```

profils_Types = lapply(list_proba_vectors_toustypes,fun_profile)
names(profils_Types) = Sites_Types
Plot_Diversite_Types = as.data.frame(unlist(profils_Types))
Plot_Diversite_Types[,2] = str_replace_all(row.names(Plot_Diversite_Types),
                                           "[:punct:]", "_")
Plot_Diversite_Types[,3:4] = str_split_fixed(Plot_Diversite_Types[,2], "_", 2)
Plot_Diversite_Types[,4] = q.seq
colnames(Plot_Diversite_Types) = c("Diversité", "old", "Site", "q")
ggplot(Plot_Diversite_Types, aes(q,Diversité, colour=Site)) + geom_line()

```



Application de Kingrith_1984, basé sur fonction codée par M. Peeples

Charger les données

```
MP = read.csv(file = "PAAF_Div_MP_Kintigh84.csv",header=T,row.names=1)
MP_Salad = MP[2:7,] #Ne conserve que les sites du Céramique ancien
Types = read.csv(file = "PAAF_Div_Type_Kintigh84.csv",header=T,row.names=1)
Types_Majeurs = Types[,c(1,3:5,7:9,11:12)] # Suppression des Anthropozoomorphes,
#des perles facettées et des perles sphériques
```

Création de la fonction

This function has a number of variables that it calls, many of which have default values. x is simply the data file we read in above, $nsim$ is the number of simulated datasets you would like the script to produce (1000 by default), $by.d$ indicates the interval of sample sizes you would like to consider when producing random datasets. By default the script produces simulations for every possible sample size between 1 and the maximum. If you have a huge range of values (i.e., 10,000+) you might want to set the interval higher so that it only simulates every other value, for example. Finally, $q.d$ is the quantile you would like to display on the plot. By

default, the program displays the 80% quantile (confidence interval) selected by Kintigh in his original study.

```
div.plot <- function(x, nsim=1000 , by.d=1, q.d1=0.8, q.d2=0.95) { # create script
  # and set default values for input
  require(vegan) # this script requires the vegan package
  maxn <- max(rowSums(x))*1.05 # the number of sample sizes considered is set as
  #the maximum observed sample size + 5%
  step.d <- seq(1,maxn,by=by.d) # this step simply creates a sequence from 1 to
  #maxn by the interval set using the by.d variable
  prob.d <- colSums(x) # this step produces the pool from which random samples
  #will be drawn by simply summing the values across all units by type (column)
  divlist <- list() # create an empty list for output
  # the following line is the meat of the program we created in class. It uses the
  #rmultinom function to create nsim (1000 by default) simulations by
  # randomly drawing from prob.d (the sum of types across all units) for sample
  #size i. i is part of a for loop so this is conducted for every sample
  # size from 1 to maxn defined above. Next we use the specnumber command (set to
  #calculate on MARGIN 2 or columns) to calculate the richness of every
  # random sample. The results of this procedure are placed into the list divlist which
  #gets longer by 1 each time it is run (length(divlist)+1).
  for (i in step.d) {
    divlist[[length(divlist)+1]] <- specnumber(rmultinom(nsim,i,prob.d),MARGIN=2)
  }
  mean.d <- rapply(divlist,mean) # this rapply command recursively calculates the mean
  #richness for each sample size in divlist
  sd.d <- rapply(divlist,sd) # this rapply command recursively calculates the standard
  #deviation of richness for each sample size in divlist

  # the first step is to plot a line (type='l') indicating the mean expected value of
  # richness at each sample size. The xlim and ylim arguments
  # specify how tall and wide the plot will be.
  plot(step.d,mean.d,type='l',col='red',xlim=c(0,maxn),ylim=c(0,ncol(x)),
       xlab="Taille de l'échantillon",ylab="Richesse",
       #main=paste(nsim,"simulations")
       )
  # next we add points for the sample size (x axis) against richness (y axis) for the
  #original data
  points(rowSums(x),specnumber(x),pch=16)
  # now we label the points based on the row names of x.
  # The pos command means the text will be placed to the left of the point.
  text(rowSums(x),specnumber(x),labels=rownames(x),pos=2,cex=1)
```

```

# Now we plot lines for the confidence intervals above and below the mean expected
# richness at each sample size. Unlike Kintigh's (1984) original
# program, we actually calculate this directly using the following equation
# (sd.d*qnorm((1-q.d)/2)). This equation multiplies the standard deviation
# by the output of a qnorm quantile function which essentially looks up the critical
# value we need for a given confidence interval. For an 80%
# confidence interval we use 1-0.8 = 0.2 and then divide that by 2 to get 0.1. Using
# the qnorm function to find the appropriate quantile for
# that value we get -1.28. Thus, this function plot a line for mean.d+sd.d*-1.28 and
# then mean-sd.d*-1.28.
lines(step.d,mean.d+(sd.d*qnorm((1-q.d1)/2)),lty=2,col='red2')
lines(step.d,mean.d-(sd.d*qnorm((1-q.d1)/2)),lty=2,col='red2')
lines(step.d,mean.d+(sd.d*qnorm((1-q.d2)/2)),lty=2,col='red3')
lines(step.d,mean.d-(sd.d*qnorm((1-q.d2)/2)),lty=2,col='red3')
# Add a legend indicating the appropriate confidence interval size. This code creates
# a legend in the top left section of the plot with the labels set
# to read "Mean expected richness" and "X% confidence interval" where X is defined by
# your q.d variable. The paste command simply adds the value of
# q.d *100 as test to the output. lty sets the line types for the legend. cex sets
# the text size. box.lwd=0 argument removes the box around the legend.
legend('topleft',c('Richesse moyenne modélisée',
                    paste('Intervalle de confiance à ',q.d1*100,'% ',sep=''),
                    paste('Intervalle de confiance à ',q.d2*100,'% ',sep='')),
      col=c('red','red2','red3'),
      lty=c(1,2,2),cex=0.75,box.lwd=0)
}

```

Fonction identique mais Zoom sur la partie 0-200 du graphique

```

div.plot200 <- function(x, nsim=1000 , by.d=1, q.d1=0.8, q.d2=0.95) {
  require(vegan)
  maxn <- max(rowSums(x))*1.05
  step.d <- seq(1,maxn,by=by.d)
  prob.d <- colSums(x)
  divlist <- list()
  for (i in step.d) {divlist[[length(divlist)+1]] <- specnumber(rmultinom(nsim,i,prob.d),
                                                                    MARGIN=2)}

  mean.d <- rapply(divlist,mean)
  sd.d <- rapply(divlist,sd)
  plot(step.d,mean.d,type='l',col='red',xlim=c(0,200),ylim=c(0,ncol(x)))
  points(rowSums(x),specnumber(x),pch=16)
}

```

```

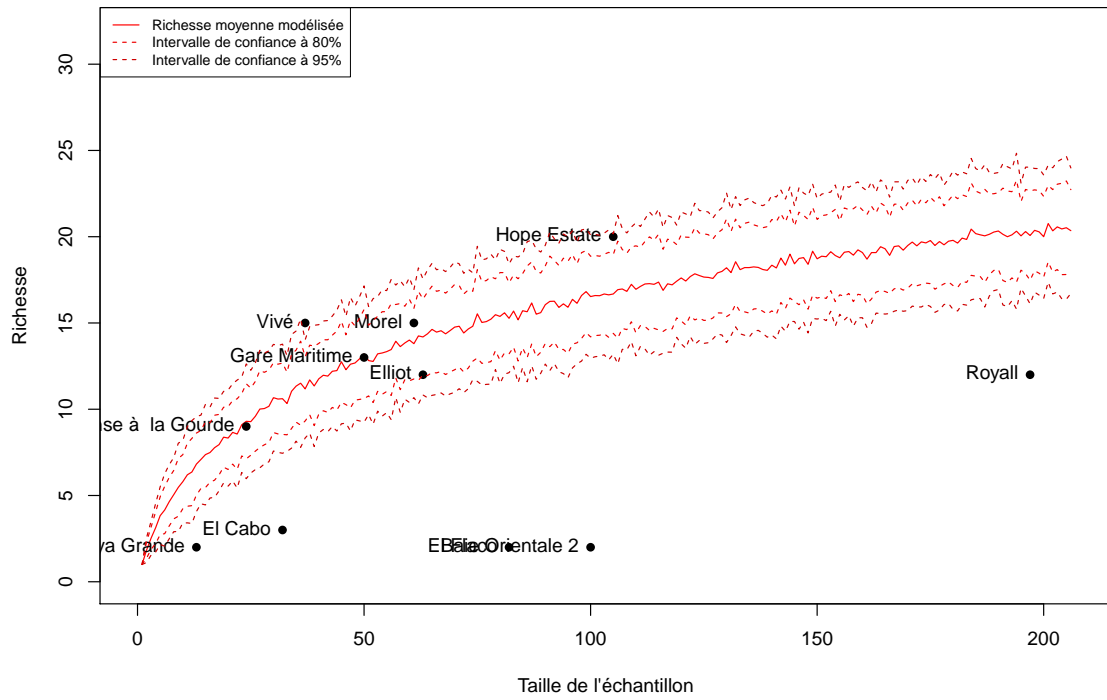
text(rowSums(x),specnumber(x),labels=rownames(x),pos=2,cex=0.5)
lines(step.d,mean.d+(sd.d*qnorm((1-q.d1)/2)),lty=2,col='red2')
lines(step.d,mean.d-(sd.d*qnorm((1-q.d1)/2)),lty=2,col='red2')
lines(step.d,mean.d+(sd.d*qnorm((1-q.d2)/2)),lty=2,col='red3')
lines(step.d,mean.d-(sd.d*qnorm((1-q.d2)/2)),lty=2,col='red3')
legend('topleft',c('Richesse moyenne modélisée',
                  paste('Intervalle de confiance à ',q.d1*100,'% ',sep=''),
                  paste('Intervalle de confiance à ',q.d2*100,'% ',sep='')),
      col=c('red','red2','red3'),lty=c(1,2,2),cex=0.75,box.lwd=0)
}

```

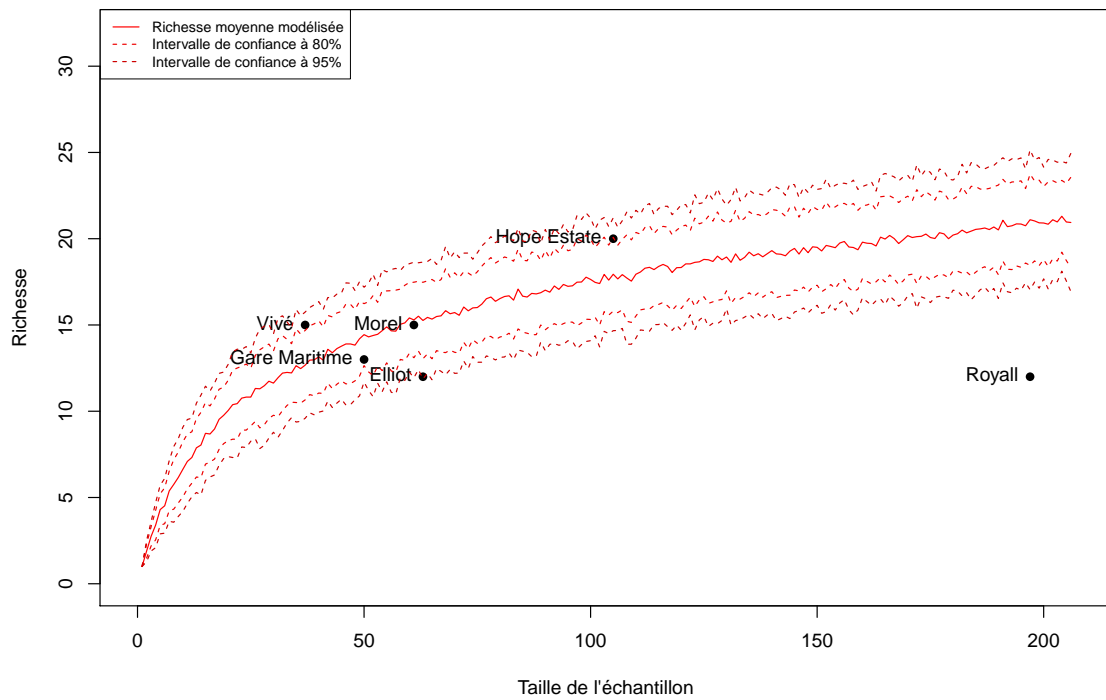
Application à mes données.

Les figures 4.9 et 4.22 ont été réalisées avec le code suivant mais avec $n=10000$. Cela prend du temps à calculer et ne sert qu'à lisser les courbes du modèle. Il suffit de changer $nsim=100$ par $nsim=10000$ pour retrouver exactement les figures du chapitre 4.

```
div.plot(MP,nsim=100,q.d1=0.80,q.d2=0.95)
```



```
div.plot(MP_Salad, nsim=100, q.d1=0.80, q.d2=0.95)
```



```
div.plot(Types,nsim=100,q.d1=0.80,q.d2=0.95)
div.plot200(Types,nsim=100,q.d1=0.80,q.d2=0.95)
div.plot(Types_Majeurs,nsim=100,q.d1=0.80,q.d2=0.95)
div.plot200(Types_Majeurs,nsim=100,q.d1=0.80,q.d2=0.95)
```

Analyse de similarité

Sériations

Charger les données

Données Matière Première

```
df_rawmaterial <- read.csv(file = "bdd_paaf_rawmaterial.csv", row.names = 1)
df_greenstone <- read.csv(file = "bdd_paaf_greenstone.csv", row.names = 1)
```

```
df_greenturq <- read.csv(file = "bdd_paaf_greenturq.csv", row.names = 1)
```

Données Typologie

```
df_typesobjets <- read.csv(file = "bdd_paaf_typesobjets.csv", row.names = 1)
df_toustypes <- read.csv(file = "bdd_paaf_toustypes.csv", row.names = 1)
df_typesperles <- read.csv(file = "bdd_paaf_typesperles.csv", row.names = 1)
```

Données Typologie vs. Matière Première

```
df_typeraw <- read.csv(file = "bdd_paaf_rawtypo.csv", row.names = 1)
# Nombre d'objets pour les combinaisons Type vs. Matière Première
df_typerawgreenturq <- read.csv(file = "bdd_paaf_rawgreenturqtypo.csv", row.names = 1)
# Nombre d'objets pour les combinaisons Type vs. Matière Première (en regroupant les
# roches vertes sauf turquoise)
```

Données Sites vs. Typo-MP

```
df_typerawsites <- read.csv(file = "bdd_paaf_rawtyposites.csv", row.names = 1)
# Nombre d'objet par site, pour chaque combinaison Type-Matière Première
```

```
library(seriation)
```

Préparation rampes de couleur

```
bgy.ramp = colorRampPalette(c(rgb(0.95,0.95,0.95),rgb(0,0.5,0.5)))
# de gris très clair jusqu'au teal utilisé dans le fichier LaTeX de la thèse et les autres
```

Heatmap avec sites et variables (et les dendrogrammes), distance euclidienne

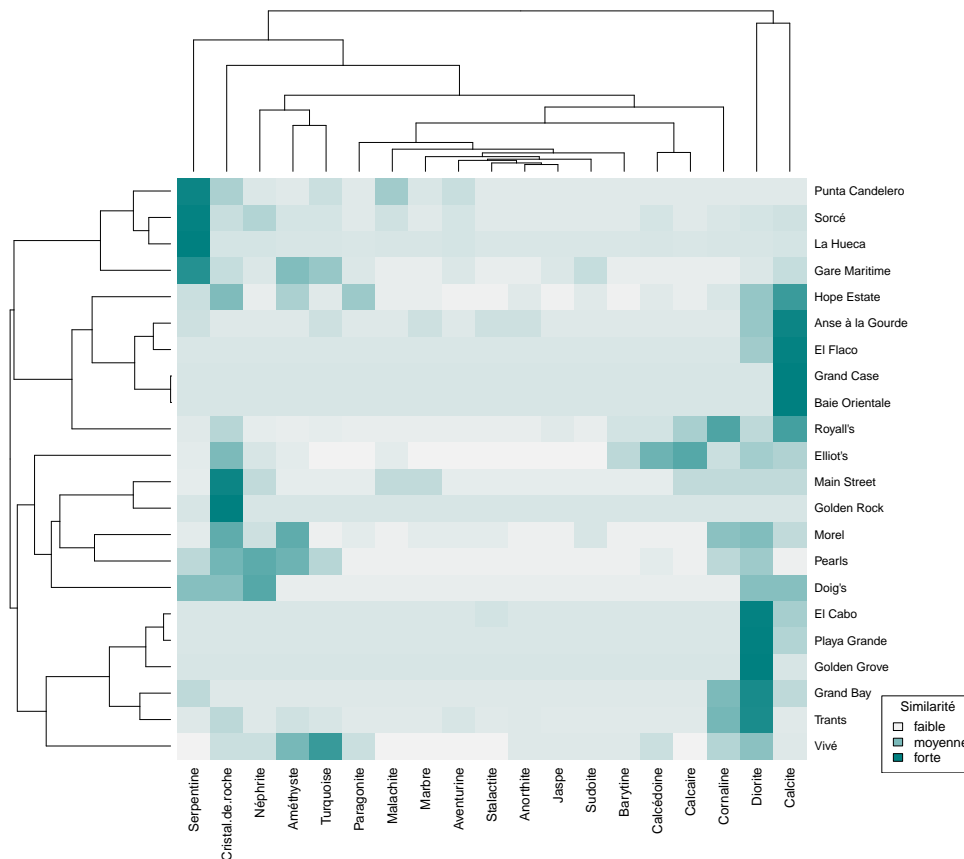
Ci-dessous le code pour réaliser la figure 4.10

```
hmap(df_rawmaterial,
     scale = "row", #mise à l'échelle des données par ligne, donc ici par site,
     #pour éviter les effets de quantité de perle par site
     distfun = dist, #méthode de calcul de la distance entre les lignes et
     #les colonnes : ici distance euclidienne.
     method = "OLO", #méthode de création de l'arbre, ici par Hierarchical Clustering,
     #on peut essayer OLO_single, OLO_average, OLO_complete, OLO_Ward
     #sans voir de réelle différence.
```

```

margin = c(7, 4),
cexCol = 1,
col = bgy.ramp(100))
legend(x = "bottomright", legend = c("faible", "moyenne", "forte"),
      cex = 0.8, fill = bgy.ramp(3), title = "Similarité")

```



Ci-dessous le code pour réaliser la figure 4.11

```

hmap(df_greenturq,
      scale = "row", #mise à l'échelle des données par ligne, donc ici par site,
      #pour éviter les effets de quantité de perle par site
      distfun = dist, #méthode de calcul de la distance entre les lignes et les colonnes ma
      #là pour l'instant le code se fait mais c'est pas bon Ãa a pas calculé la distance B
      method = "OLO", #méthode de rangement des lignes en fonction de la distance,
      #"PCA" Ãa permet pas de voir les dendrogramme, sinon avec "Heatmap" on les voit.

```

```

margin = c(7, 4),
cexCol = 1,
col = bgy.ramp(100))
legend(x = "bottomright", legend = c("faible", "moyenne", "forte"),
      cex = 0.8, fill = bgy.ramp(3), title = "Similarité")

```

Ci-dessous le code pour réaliser la figure 4.12

```

hmap(df_greenstone, scale = "row", distfun = dist, method = "OLO", margin = c(7, 4),
     cexCol = 1, col = bgy.ramp(100))
legend(x = "bottomright", legend = c("faible", "moyenne", "forte"),
      cex = 0.8, fill = bgy.ramp(3), title = "Similarité")

```

Ci-dessous le code pour réaliser la figure 4.24

```

hmap(df_typesobjets, scale = "row", distfun = dist, method = "OLO", margin = c(7, 4),
     cexCol = 1, col = bgy.ramp(100))
legend(x = "bottomright", legend = c("faible", "moyenne", "forte"),
      cex = 0.8, fill = bgy.ramp(3), title = "Similarité")

```

Ci-dessous le code pour réaliser la figure 4.25

```

hmap(df_toustypes,
     scale = "row", distfun = dist, method = "OLO", margin = c(7, 4),
     cexCol = 1, col = bgy.ramp(100))
legend(x = "bottomright", legend = c("faible", "moyenne", "forte"),
      cex = 0.8, fill = bgy.ramp(3), title = "Similarité")

```

Ci-dessous le code pour réaliser la figure 4.26

```

hmap(df_typesperles,
     scale = "row", distfun = dist, method = "OLO", margin = c(7, 4),
     cexCol = 1, col = bgy.ramp(100))
legend(x = "bottomright", legend = c("faible", "moyenne", "forte"),
      cex = 0.8, fill = bgy.ramp(3), title = "Similarité")

```

Heatmap avec distance de Brainerd-Robinson (Peeples)

Creation de la fonction pour calculer la matrice de similarité de Brainerd-Robinson


```

BRsim.mat <- function(x) {
  # get names of sites
  names <- row.names(x)
  x <- na.omit(x) # remove any rows with missing data
  x <- prop.table(as.matrix(x), 1) # convert to row proportions
  rd <- dim(x)[1]
  # create an empty symmetric matrix of 0s
  results <- matrix(0, rd, rd)
  # the following dreaded double for loop goes through every cell in the
  # output data table and calculates the BR value as described above
  for (s1 in 1:rd) {
    for (s2 in 1:rd) {
      x1Temp <- as.numeric(x[s1, ])
      x2Temp <- as.numeric(x[s2, ])
      results[s1, s2] <- 2 - (sum(abs(x1Temp - x2Temp)))
    }
  }
  row.names(results) <- names # assign row names to output
  colnames(results) <- names # assign column names to output
  results <- results/2 # rescale results between 0 and 1
  results <- round(results, 3) # round results
  return(results)
} # crée similarité BR en type 'matrix'

```

Calcul de la matrice de similarité Brainerd-Robinson avec les données

```
matrix_simBR = BRsim.mat(df_rawmaterial)
```

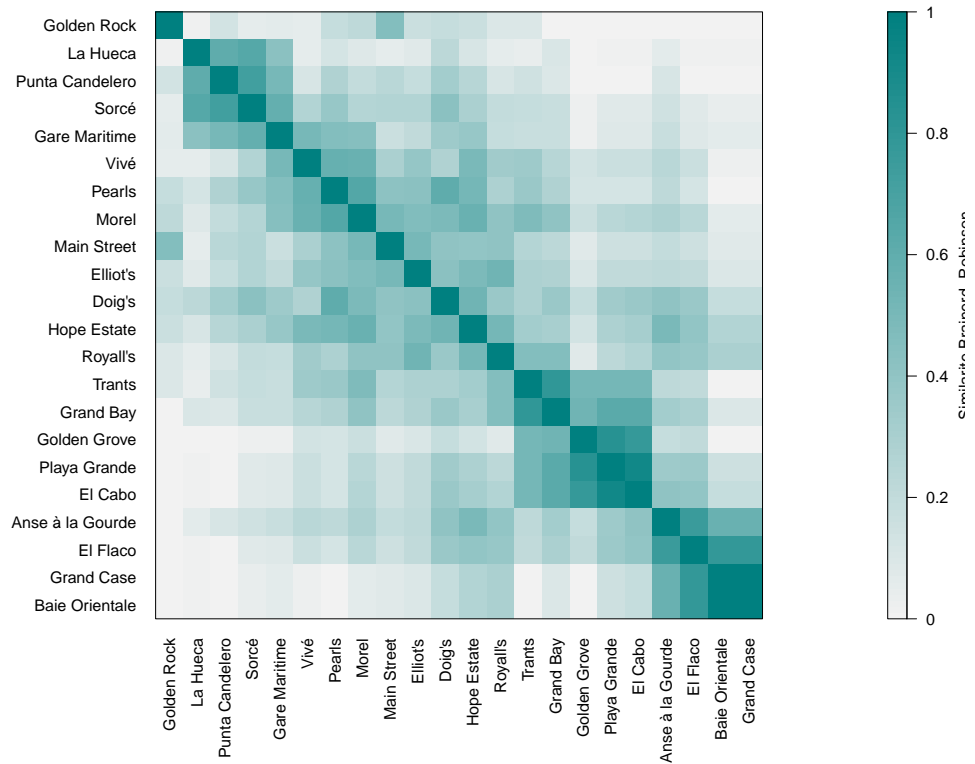
Ci-dessous le code pour réaliser la figure 4.14

```

pimage(matrix_simBR,
  order = seriate(matrix_simBR,method = "Heatmap"), #Ici on peut utiliser "PCA",
  #ou "Heatmap", ou "PCA_angle" car on a bien une 'matrix' de distance et
  #pas un objet 'dist' créé par la fonction dist du package seriation
  main = "Seriation par méthode Heatmap, basée sur similarité BR \n avec matières prem
  margin = c(1,1),
  col = bgy.ramp(100),
  keylab = "Similarite Brainerd-Robinson")

```

Seriation par méthode Heatmap, basée sur similarité BR avec matières premières précises

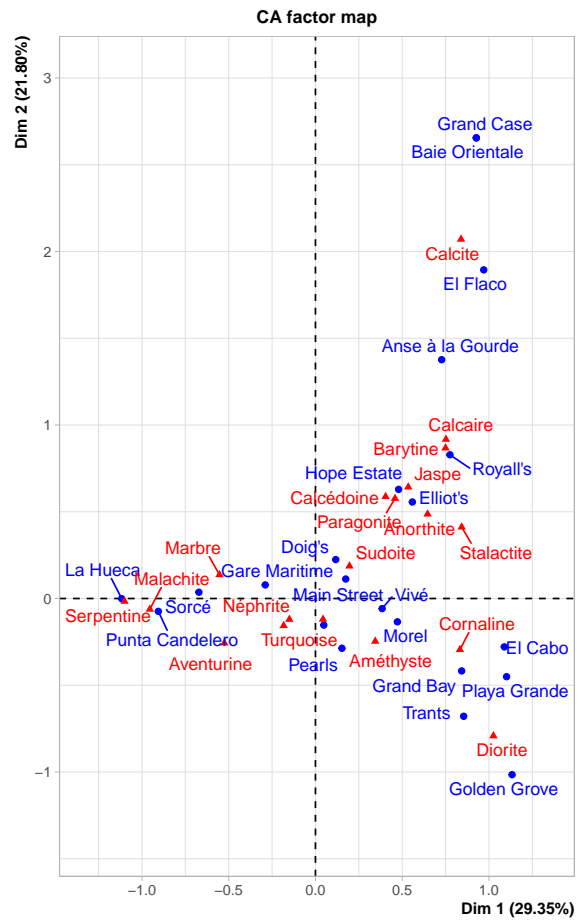


Analyses factorielles de correspondances

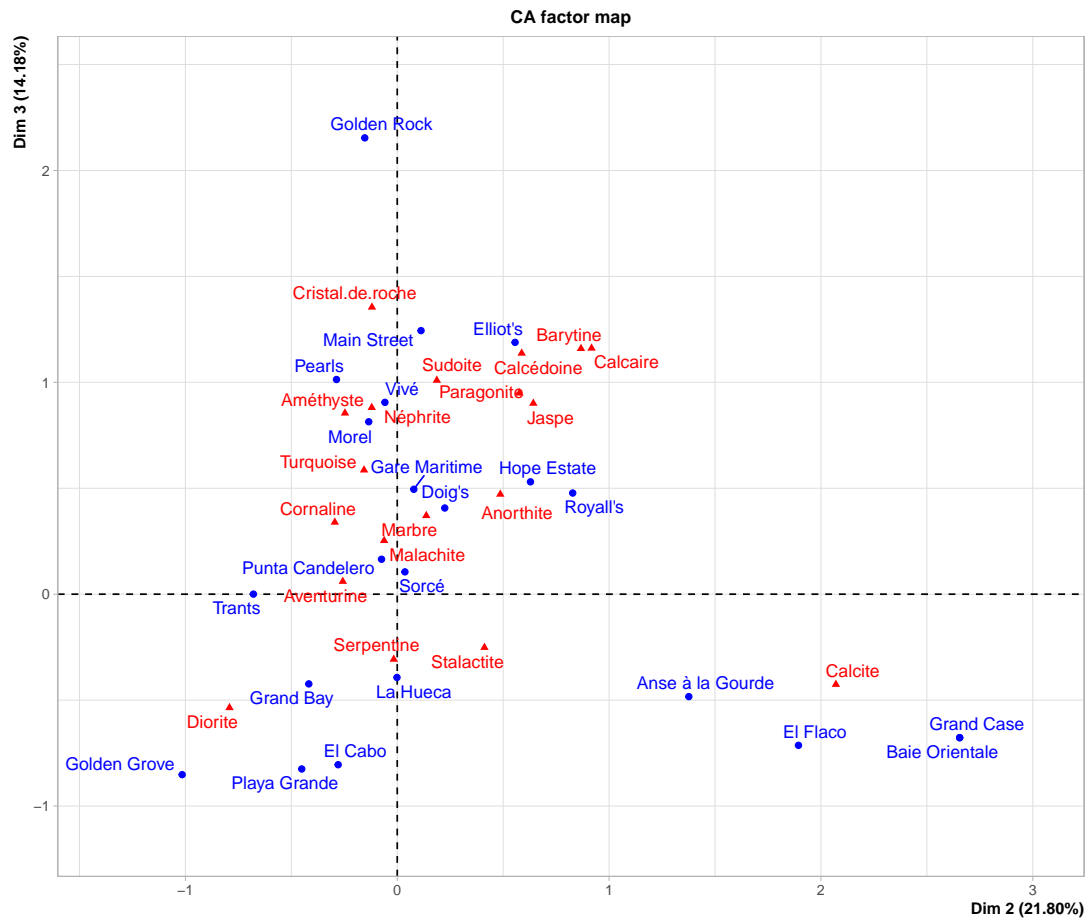
```
library(FactoMineR)
library(gridExtra)
```

Voici le code pour la figure 4.13, les couleurs des sites ont été rajoutées par la suite dans Illustrator

```
ca_MP_1_2 = CA(df_rawmaterial, axes = c(1,2))
```

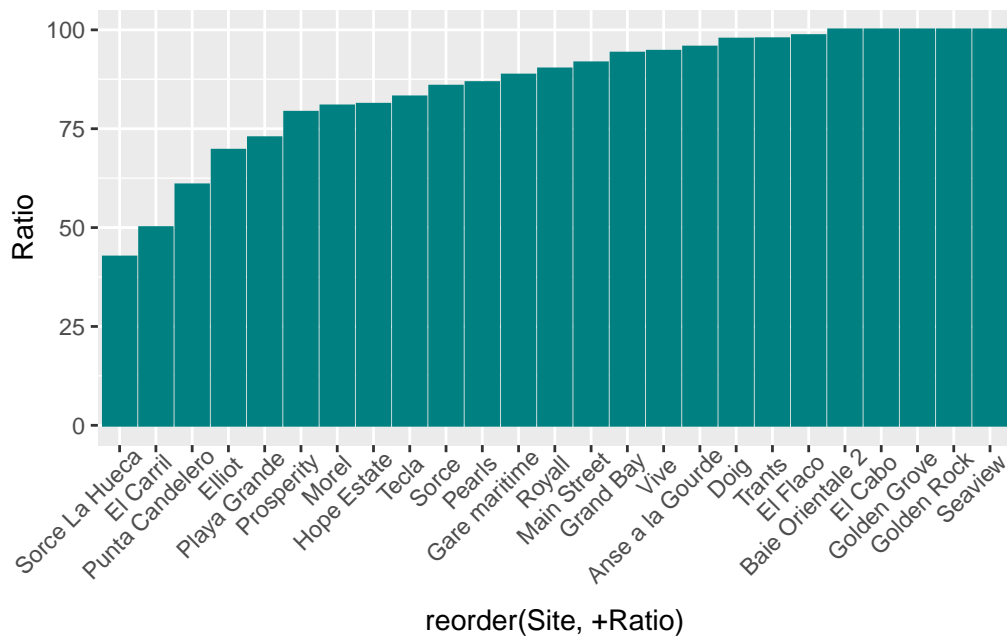


```
ca_MP_2_3 = CA(df_rawmaterial, axes = c(2,3))
```



L'AFC sur les types d'objets donne un poids très fort aux rares objets retrouvés dans une poignée de sites (perles pendentifs, labrets, plaques non perforées), je ne l'ai donc pas intégrée à la thèse. Pour voir ce que la distribution des perles et des pendentifs donne pour tous ces sites, je fais donc un barplot du ratio perles/Pendentifs, qui est la figure 4.23.

```
library(ggplot2)
df_objets = data.frame(
  Site = row.names(df_typesobjets),
  Ratio = 100*df_typesobjets$Perle/(df_typesobjets$Perle+df_typesobjets$Pendentif)
)
plot <- ggplot(df_objets, aes(x = reorder(Site,+Ratio), y = Ratio))+
  geom_bar(stat="identity", color=rgb(0,0.5,0.5),fill=rgb(0,0.5,0.5))+
  theme(axis.text.x=element_text(angle=45, hjust=0.9))
plot
```



Les types rares masquent une bonne partie de l'information, j'ai donc supprimé les perles facettées (dans un seul site), les perles sphériques ($n < 10$) et les pendentifs anthropozoomorphes ($n < 10$). Voici le code pour la figure 4.27, les couleurs des sites ont été rajoutées par la suite dans Illustrator.

```
ca_toustypespropre_1_2 = CA(df_toustypes[,-c(2,6,10)], axes = c(1,2))
ca_toustypespropre_1_3 = CA(df_toustypes[,-c(2,6,10)], axes = c(1,3))
ca_toustypespropre_2_3 = CA(df_toustypes[,-c(2,6,10)], axes = c(2,3))
```

Et voici le code pour la figure 4.28, portant uniquement sur la typologie des perle, dont les perles facettées (dans un seul site) et les perles sphériques ($n < 10$) ont été écartées.

```
ca_typesperlespropre_1_2 = CA(df_typesperles[,-c(4,7)], axes = c(1,2))
ca_typesperlespropre_1_3 = CA(df_typesperles[,-c(4,7)], axes = c(1,3))
ca_typesperlespropre_2_3 = CA(df_typesperles[,-c(4,7)], axes = c(2,3))
```

La figure 4.30 représente l'AFC analysant les rapprochements entre types et matières premières, pour les deux premiers axes seulement, selon que les matières premières gardent leur niveau de précision maximal (à gauche) ou que les matières vertes soient regroupées, sauf la turquoise (à droite).

```
ca_typeraw = CA(df_typeraw)
ca_typerawgreenturq = CA(df_typerawgreenturq)
```

Pour étudier la relation entre les sites archéologiques et les combinaisons type-matière, j'ai réalisé la figure 4.31 avec le code suivant, et les couleurs ont été ajoutées secondairement dans Illustrator :

```
ca_typerawsites = CA(df_typerawsites, graph = FALSE)
plot.CA(ca_typerawsites, invisible = "col", axes = c(1,2), cex = 0.5)
plot.CA(ca_typerawsites, invisible = "col", axes = c(1,3), cex = 0.5)
plot.CA(ca_typerawsites, invisible = "col", axes = c(2,3), cex = 0.5)
```

Analyses de réseaux

Chargement des packages

```
library(ggraph)
library(tidygraph)
library(ggmap)
library(purrr)
library(dplyr)
library(ggplot2)
library(reshape2)
library(patchwork)
library(igraph)
library(tnet)
library(statnet)
```

Chargement des données

```
Paaf_bdd <- read.csv(file = "network_bdd_paaf_rawmaterial.csv")
row.names(Paaf_bdd) = Paaf_bdd$Site
Paaf_bdd = Paaf_bdd[order(Paaf_bdd$Période,decreasing=TRUE),]
Paaf_bdd_C=Paaf_bdd[1:11,] # Conservation des seuls sites Céramique ancien
Paaf_raw = subset(Paaf_bdd, select = Anorthite:Turquoise) # Suppression des colonnes
# contenant les informations générales sur les sites
Paaf_raw_C = Paaf_raw[1:11,]
```

```

Paaf_greenstone <- read.csv(file = "network_bdd_paaf_greenstone.csv")
row.names(Paaf_greenstone) = Paaf_greenstone$Site
Paaf_greenstone = Paaf_greenstone[order(Paaf_greenstone$Période,decreasing=TRUE),]
Paaf_rawgreen = subset(Paaf_greenstone, select = Anorthite:Greenstone)
Paaf_greenstone_C = Paaf_greenstone[1:11,]

Paaf_greenturq <- read.csv(file = "network_bdd_paaf_greenturq.csv")
row.names(Paaf_greenturq) = Paaf_greenturq$Site
Paaf_greenturq = Paaf_greenturq[order(Paaf_greenturq$Période,decreasing=TRUE),]
Paaf_rawgreenturq = subset(Paaf_greenturq, select = Anorthite:Greenstone)
Paaf_greenturq_C = Paaf_greenturq[1:11,]

df_typesobjets <- read.csv(file = "network_bdd_paaf_typesobjets.csv")
row.names(df_typesobjets) = df_typesobjets$Site
df_typesobjets = df_typesobjets[order(df_typesobjets$Période,decreasing=TRUE),]
Paaf_typesobjets = subset(df_typesobjets, select = Perle:Labret)
Paaf_typesobjets_C = Paaf_typesobjets[1:14,]
df_typesobjets_C = df_typesobjets[1:14,]

df_toustypes <- read.csv(file = "network_bdd_paaf_toustypes.csv")
row.names(df_toustypes) = df_toustypes$Site
df_toustypes = df_toustypes[order(df_toustypes$Période,decreasing=TRUE),]
Paaf_toustypes = subset(df_toustypes, select = Anthropomorphe:Zoomorphe)
Paaf_toustypes_C = Paaf_toustypes[1:12,]
df_toustypes_C = df_toustypes[1:12,]

df_typesperles <- read.csv(file = "network_bdd_paaf_typesperles.csv")
row.names(df_typesperles) = df_typesperles$Site
df_typesperles = df_typesperles[order(df_typesperles$Période,decreasing=TRUE),]
Paaf_typesperles = subset(df_typesperles, select = Bitronconique:Tonneau)
Paaf_typesperles_C = Paaf_typesperles[1:10,]
df_typesperles_C = df_typesperles[1:10,]

df_typerawsites <- read.csv(file = "network_bdd_paaf_rawtyposites.csv")
#Number of artifacts per site for all combinations type-raw material
row.names(df_typerawsites) = df_typerawsites$Site
df_typerawsites = df_typerawsites[order(df_typerawsites$Période,decreasing=TRUE),]
Paaf_typerawsites = subset(df_typerawsites,
                           select = Améthyste.Bitronconique:Turquoise.Zoomorphe)
Paaf_typerawsites_C = Paaf_typerawsites[1:9,]
df_typerawsites_C = df_typerawsites[1:9,]

```

Création des fonctions spécifiques (basé sur travail de Peeples)

Création de la matrice de co-présence (1 ou 0 si les sites partagent ou non une même matière première)

```
co.p <- function(x) {
  # create matrix of proportions
  x <- as.matrix(x)
  # define anything with greater than or equal to 0.1 as present (1)
  x[x >= 1] <- 1
  # define all other cells as absent (0)
  x[x < 1] <- 0
  # matrix algebraic calculation to find co-occurrence
  #(%*% indicates matrix multiplication), t(temp) is transposed of temp
  out <- x %*% t(x)
  return(out)
}
```

Création de la matrice de Brainerd-Robinson

```
BR.sim <- function(x) {
  # get names of sites
  names <- row.names(x)
  x <- na.omit(x) # remove any rows with missing data
  x <- prop.table(as.matrix(x), 1) # convert to row proportions
  rd <- dim(x)[1]
  # create an empty symmetric matrix of 0s
  results <- matrix(0, rd, rd)
  # the following dreaded double for loop goes through every cell in the
  # output data table and calculates the BR value as described above
  for (s1 in 1:rd) {
    for (s2 in 1:rd) {
      x1Temp <- as.numeric(x[s1, ])
      x2Temp <- as.numeric(x[s2, ])
      results[s1, s2] <- 2 - (sum(abs(x1Temp - x2Temp)))
    }
  }
  row.names(results) <- names # assign row names to output
  colnames(results) <- names # assign column names to output
  results <- results/2 # rescale results between 0 and 1
  results <- round(results, 3) # round results
  return(results)
}
```



```
}
```

Calcul des scores de centralité pour des réseaux binaires, c'est-à-dire quand les liens entre les sites sont codés en 0 ou 1.

```
net.stats <- function(y) {  
  # calculate degree centrality  
  dg <- as.matrix(sna::degree(y, gmode = "graph"))  
  # calculate and scale eigenvector centrality  
  eg <- as.matrix(sna::evcent(y))  
  eg <- sqrt((eg^2) * length(eg))  
  # calculate betweenness centrality  
  bw <- sna::betweenness(y, gmode = "graph")  
  # combine centrality scores into matrix  
  output <- cbind(dg, eg, bw)  
  rownames(output) <- rownames(as.matrix(y))  
  colnames(output) <- c("degree", "eigen", "betweenness")  
  return(output)  
}
```

Calcul des scores de centralité pour des réseaux pondérés, c'est-à-dire quand les liens entre les sites ont une valeur chiffrée selon que le lien est fort ou faible.

```
net.stats.wt <- function(y) {  
  # calculate weighted degree as the sum of weights - 1  
  dg.wt <- as.matrix(rowSums(y) - 1)  
  # calculate weighted eigenvector centrality and rescale  
  eg.wt <- as.matrix(sna::evcent(y))  
  eg.wt <- sqrt((eg.wt^2) * length(eg.wt))  
  # calculate weighted betweenness from the tnet package (we use the  
  # suppressWarnings package to avoid notifications)  
  bw.wt <- suppressWarnings(tnet::betweenness_w(y, directed = F))[, 2]  
  output <- cbind(dg.wt, eg.wt, bw.wt)  
  rownames(output) <- rownames(as.matrix(y))  
  colnames(output) <- c("degree.wt", "eigen.wt", "between.wt")  
  return(output)  
}
```

Création de la fonction permettant de calculer automatiquement le seuil pour obtenir un réseau unique et entièrement connecté.

```

thresh = fonction(similarity_matrix)
  min(sapply(as.data.frame(x= similarity_matrix),sort)[nrow(similarity_matrix)-1,])

```

Création de la fonction permettant de réaliser un graphique multiple à partir des graphiques contenus dans une liste.

```

plot_a_list <- fonction(master_list_with_plots, no_of_rows, no_of_cols) {
  patchwork::wrap_plots(master_list_with_plots,
                        nrow = no_of_rows, ncol = no_of_cols)
}

```

Application des différentes calculs de similarité sur les différents jeux de données

```

Paaf_raw_CoP <- co.p(Paaf_raw)

Paaf_raw_CoP_sup <- co.p(Paaf_raw)
Paaf_raw_CoP_sup[upper.tri(Paaf_raw_CoP_sup)] = 0 # Ne conserve que la moitié
# supérieure de la matrice afin d'éviter d'avoir des liens dans les deux sens sur les
# réseaux replacés sur carte.

Paaf_raw_CoP_C <- co.p(Paaf_raw_C) # Calcul sur les seulement les sites
# du Céramique ancien
Paaf_raw_CoP_C[upper.tri(Paaf_raw_CoP_C)] = 0

Paaf_raw_BR <- BR.sim(Paaf_raw)
Paaf_raw_BR_sup <- BR.sim(Paaf_raw)
Paaf_raw_BR_sup[upper.tri(Paaf_raw_BR_sup)] = 0
Paaf_raw_BR_C <- BR.sim(Paaf_raw_C)
Paaf_raw_BR_C_sup <- BR.sim(Paaf_raw_C)
Paaf_raw_BR_C_sup[upper.tri(Paaf_raw_BR_C_sup)] = NA

Paaf_rawgreen_CoP <- co.p(Paaf_rawgreen)
Paaf_rawgreen_CoP_sup <- co.p(Paaf_rawgreen)
Paaf_rawgreen_CoP_sup[upper.tri(Paaf_rawgreen_CoP_sup)] = 0
Paaf_rawgreen_CoP_C <- co.p(Paaf_rawgreen[1:11,])
Paaf_rawgreen_CoP_C[upper.tri(Paaf_rawgreen_CoP_C)] = 0

Paaf_rawgreenturq_CoP <- co.p(Paaf_rawgreenturq)
Paaf_rawgreenturq_CoP_sup <- co.p(Paaf_rawgreenturq)

```

```

Paaf_rawgreenturq_CoP_sup[upper.tri(Paaf_rawgreenturq_CoP_sup)] = 0
Paaf_rawgreenturq_CoP_C_sup <- co.p(Paaf_rawgreenturq[1:11,])
Paaf_rawgreenturq_CoP_C_sup[upper.tri(Paaf_rawgreenturq_CoP_C_sup)] = 0

Paaf_rawgreen_BR <- BR.sim(Paaf_rawgreen)
Paaf_rawgreen_BR_sup <- BR.sim(Paaf_rawgreen)
Paaf_rawgreen_BR_sup[upper.tri(Paaf_rawgreen_BR_sup)] = 0
Paaf_rawgreen_BR_C <- BR.sim(Paaf_rawgreen[1:11,])
Paaf_rawgreen_BR_C_sup <- BR.sim(Paaf_rawgreen[1:11,])
Paaf_rawgreen_BR_C_sup[upper.tri(Paaf_rawgreen_BR_C_sup)] = 0

Paaf_rawgreenturq_BR <- BR.sim(Paaf_rawgreenturq)
Paaf_rawgreenturq_BR_sup <- BR.sim(Paaf_rawgreenturq)
Paaf_rawgreenturq_BR_sup[upper.tri(Paaf_rawgreenturq_BR_sup)] = 0
Paaf_rawgreenturq_BR_C <- BR.sim(Paaf_rawgreenturq[1:11,])
Paaf_rawgreenturq_BR_C_sup <- BR.sim(Paaf_rawgreenturq[1:11,])
Paaf_rawgreenturq_BR_C_sup[upper.tri(Paaf_rawgreenturq_BR_C_sup)] = 0

Paaf_typesobjets_CoP <- co.p(Paaf_typesobjets)
Paaf_typesobjets_CoP_sup <- co.p(Paaf_typesobjets)
Paaf_typesobjets_CoP_sup[upper.tri(Paaf_typesobjets_CoP_sup)] = 0
Paaf_typesobjets_CoP_C <- co.p(Paaf_typesobjets[1:14,])
Paaf_typesobjets_CoP_C_sup <- co.p(Paaf_typesobjets[1:14,])
Paaf_typesobjets_CoP_C_sup[upper.tri(Paaf_typesobjets_CoP_C_sup)] = 0

Paaf_typesobjets_BR <- BR.sim(Paaf_typesobjets)
Paaf_typesobjets_BR_sup <- BR.sim(Paaf_typesobjets)
Paaf_typesobjets_BR_sup[upper.tri(Paaf_typesobjets_BR_sup)] = 0
Paaf_typesobjets_BR_C <- BR.sim(Paaf_typesobjets[1:14,])
Paaf_typesobjets_BR_C_sup <- BR.sim(Paaf_typesobjets[1:14,])
Paaf_typesobjets_BR_C_sup[upper.tri(Paaf_typesobjets_BR_C_sup)] = 0

Paaf_toustypes_CoP <- co.p(Paaf_toustypes)
Paaf_toustypes_CoP_sup <- co.p(Paaf_toustypes)
Paaf_toustypes_CoP_sup[upper.tri(Paaf_toustypes_CoP_sup)] = 0
Paaf_toustypes_CoP_C <- co.p(Paaf_toustypes[1:12,])
Paaf_toustypes_CoP_C_sup <- co.p(Paaf_toustypes[1:12,])
Paaf_toustypes_CoP_C_sup[upper.tri(Paaf_toustypes_CoP_C_sup)] = 0

Paaf_toustypes_BR <- BR.sim(Paaf_toustypes)
Paaf_toustypes_BR_sup <- BR.sim(Paaf_toustypes)

```

```

Paaf_toustypes_BR_sup[upper.tri(Paaf_toustypes_BR_sup)] = 0
Paaf_toustypes_BR_C <- BR.sim(Paaf_toustypes[1:12,])
Paaf_toustypes_BR_C_sup <- BR.sim(Paaf_toustypes[1:12,])
Paaf_toustypes_BR_C_sup[upper.tri(Paaf_toustypes_BR_C_sup)] = 0

Paaf_typesperles_CoP <- co.p(Paaf_typesperles)
Paaf_typesperles_CoP_sup <- co.p(Paaf_typesperles)
Paaf_typesperles_CoP_sup[upper.tri(Paaf_typesperles_CoP_sup)] = 0
Paaf_typesperles_CoP_C <- co.p(Paaf_typesperles[1:10,])
Paaf_typesperles_CoP_C_sup <- co.p(Paaf_typesperles[1:10,])
Paaf_typesperles_CoP_C_sup[upper.tri(Paaf_typesperles_CoP_C_sup)] = 0

Paaf_typesperles_BR <- BR.sim(Paaf_typesperles)
Paaf_typesperles_BR_sup <- BR.sim(Paaf_typesperles)
Paaf_typesperles_BR_sup[upper.tri(Paaf_typesperles_BR_sup)] = 0
Paaf_typesperles_BR_C <- BR.sim(Paaf_typesperles[1:10,])
Paaf_typesperles_BR_C_sup <- BR.sim(Paaf_typesperles[1:10,])
Paaf_typesperles_BR_C_sup[upper.tri(Paaf_typesperles_BR_C_sup)] = 0

Paaf_typerawsites_CoP <- co.p(Paaf_typerawsites)
Paaf_typerawsites_CoP_sup <- co.p(Paaf_typerawsites)
Paaf_typerawsites_CoP_sup[upper.tri(Paaf_typerawsites_CoP_sup)] = 0
Paaf_typerawsites_CoP_C <- co.p(Paaf_typerawsites[1:99,])
Paaf_typerawsites_CoP_C_sup <- co.p(Paaf_typerawsites[1:9])
Paaf_typerawsites_CoP_C_sup[upper.tri(Paaf_typerawsites_CoP_C_sup)] = 0

Paaf_typerawsites_BR <- BR.sim(Paaf_typerawsites)
Paaf_typerawsites_BR_sup <- BR.sim(Paaf_typerawsites)
Paaf_typerawsites_BR_sup[upper.tri(Paaf_typerawsites_BR_sup)] = 0
Paaf_typerawsites_BR_C <- BR.sim(Paaf_typerawsites[1:9,])
Paaf_typerawsites_BR_C_sup <- BR.sim(Paaf_typerawsites[1:9])
Paaf_typerawsites_BR_C_sup[upper.tri(Paaf_typerawsites_BR_C_sup)] = 0

```

Calcul des réseaux et création des graphiques

Réseaux basés sur la similarité de Brainerd-Robinson des matériaux utilisés, lorsqu'ils sont identifiés avec le plus de détails (figure 4.15) et pour différents seuils de similarité. Il suffit de changer le jeu de données pour obtenir les figures 4.16 et 4.17, à savoir, quand les roches vertes sont toutes regroupées et quand les roches vertes sont regroupées sauf la turquoise respectivement. La figure 4.29 est également réalisée de la même façon, en changeant simplement le jeu de données et aussi les données pour prendre les informations pour les noms

de sites, les périodes etc. car ce ne sont pas les mêmes sites que pour les matières premières : `g = graph_from_data_frame(edges,directed = FALSE,vertices = df_typesobjets[1:6])` par exemple.

Tout d'abord on calcule le seuil pour que le réseau soit unique et complet.

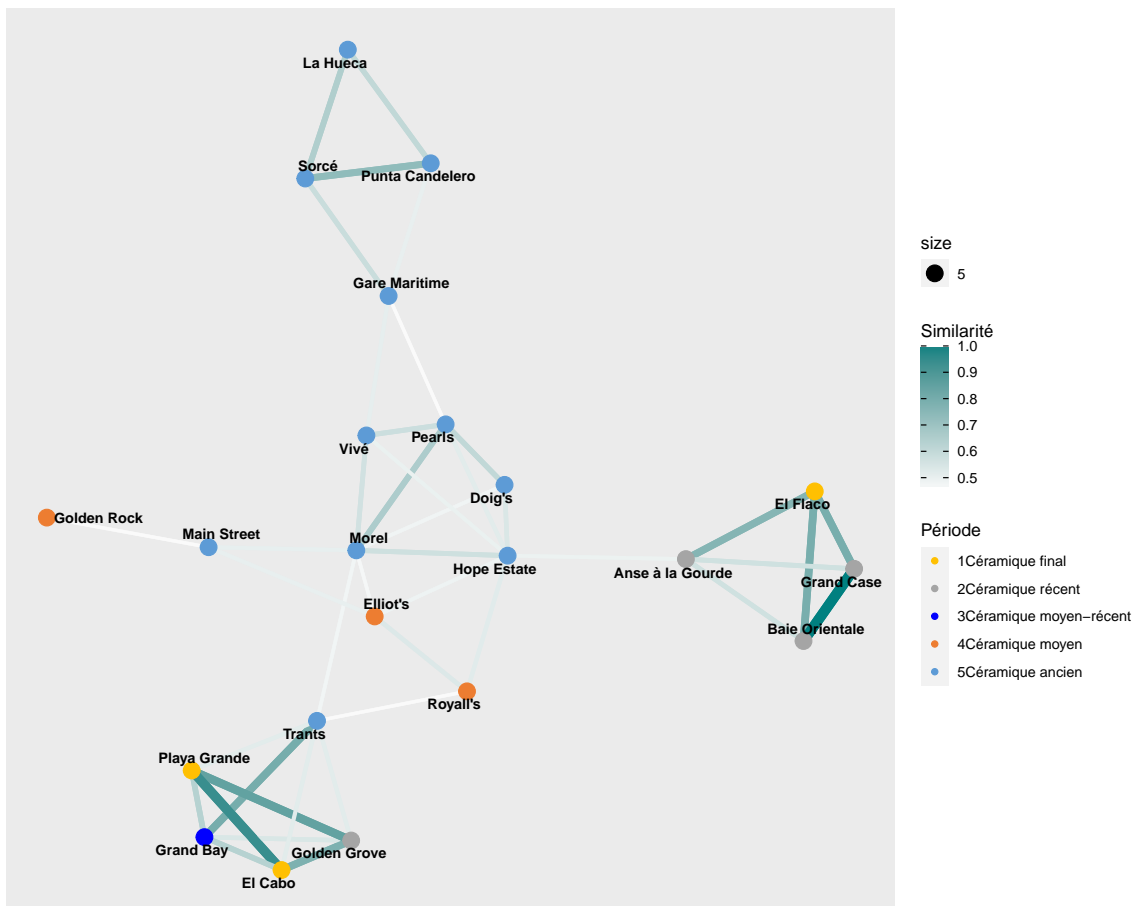
```
Tmin = thresh(Paaf_raw_BR)
```

Ensuite on calcule le réseau avec ce seuil

```
edges <- melt(Paaf_raw_BR) %>%  
  rename(Site1 = Var1, Site2 = Var2, Similarité = value) %>%  
  filter(Similarité>=Tmin) #Tmin ou T  
g = graph_from_data_frame(edges,directed = FALSE,vertices = Paaf_bdd[,1:6])
```

Puis on trace le graphique

```
ggraph(g, layout = "kk") +  
  geom_edge_link(aes(colour = Similarité,edge_width = Similarité)) +  
  scale_edge_width_continuous(range = c(1, 3),guide = "none") +  
  scale_edge_colour_gradient(low = "#fafafa",high = "#008080") +  
  geom_node_point(aes(color=Période,size = 5),shape = 19,stroke = 0.5) +  
  scale_color_manual(values = c("#ffc001","#a5a5a5","#0100fe","#ed7d31","#5d9bd6")) +  
  geom_node_text(aes(label = name), repel = TRUE, size = 3,  
    color = "black", fontface = "bold")
```



On peut faire de même pour un groupe de quatre réseaux avec 4 seuils différents.

```

number_list = c(1,2,3,4)
thresholds_BR = c(0.3,0.4,0.5,0.6) # liste des seuils souhaités
my_list_BR = list()
for (T in number_list) {
  edges = melt(Paaf_raw_BR) %>%
    rename(Site1 = Var1, Site2 = Var2, Similarité = value) %>%
    filter(Similarité>=thresholds_BR[T])
  g = graph_from_data_frame(edges,directed = FALSE,vertices = Paaf_bdd[,1:6])
  my_list_BR[[T]] =
    ggraph(g, layout = "kk") +
    geom_edge_link(aes(colour = Similarité,edge_width = Similarité)) +
    scale_edge_width_continuous(range = c(1, 3),guide = "none") +

```

```

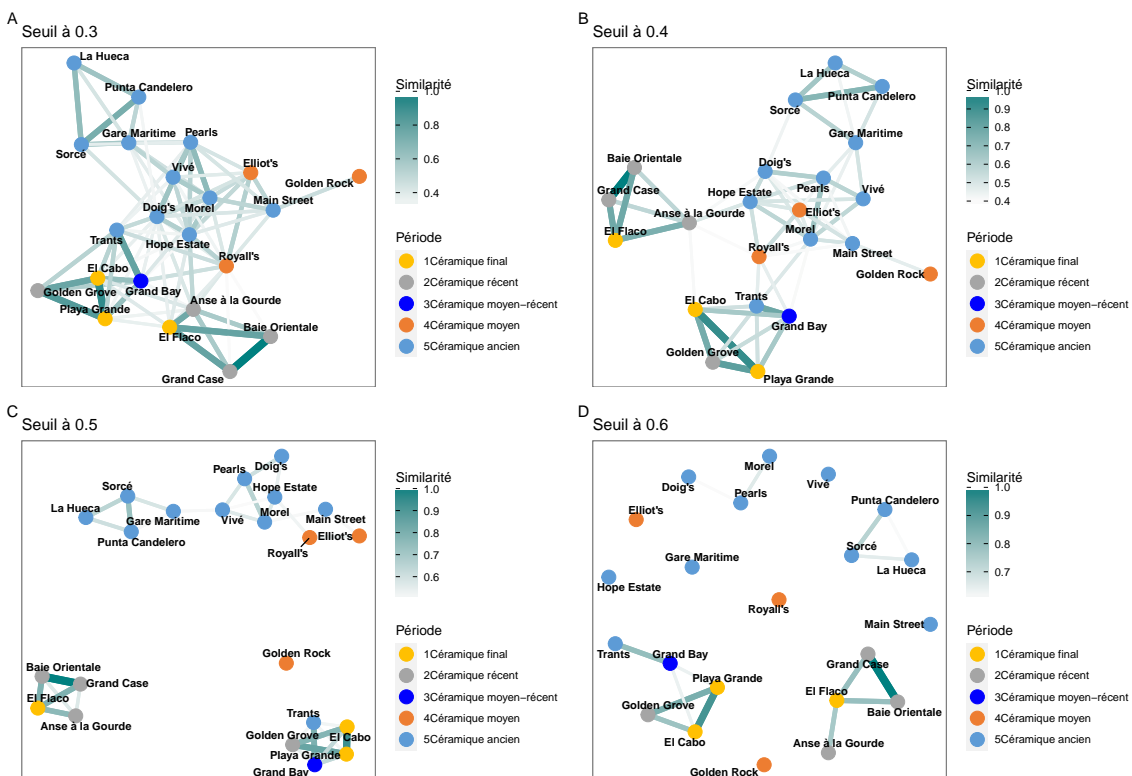
scale_edge_colour_gradient(low = "#fafafa",high = "#008080") +
geom_node_point(aes(color=Période), shape = 19,size = 5,stroke = 0.5) +
scale_color_manual(values = c("#ffc001","#a5a5a5","#0100fe","#ed7d31","#5d9bd6")) +
geom_node_text(aes(label = name), repel = TRUE, size = 3,
               color = "black", fontface = "bold") +
theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
ggtitle(paste0("Seuil à ",thresholds_BR[T]))
}

```

```

plot_a_list(my_list_BR, 2, 2) + plot_annotation(tag_levels = 'A')

```



Pour calculer un réseau pour le Céramique ancien, avec la taille des noeuds fonction d'un des calculs possible de centralité, et tracer le graphique :

```

T = thresh(Paaf_raw_BR_C)

```

```

edges = melt(Paaf_rawgreenturq_BR_C_sup) %>%

```

```

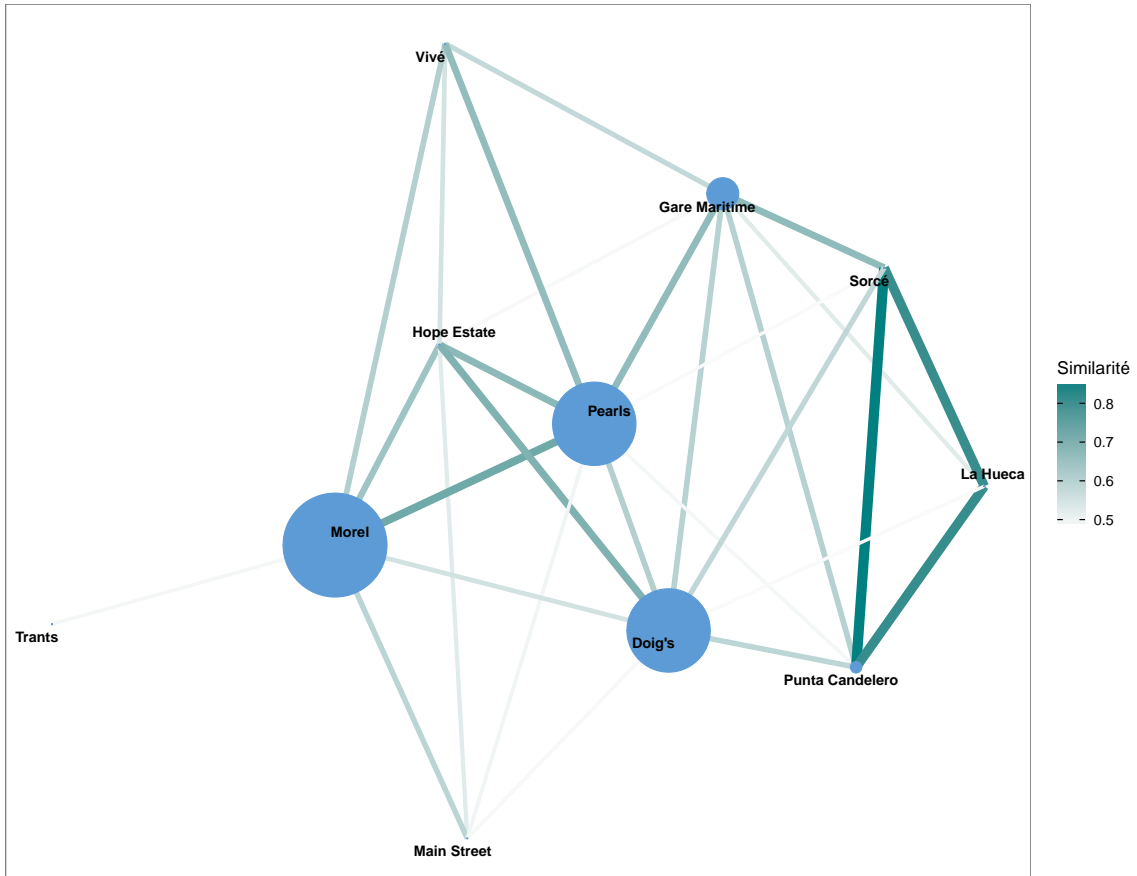
rename(Site1 = Var1, Site2 = Var2, Similarité = value) %>%
  filter(Similarité>=T)
g = graph_from_data_frame(edges,directed = FALSE,vertices = Paaf_bdd_C[,1:6])

#Caclul des centralités pour un réseau pondéré
Paaf_rawgreenturq_BR_C_thresh = Paaf_rawgreenturq_BR_C
Paaf_rawgreenturq_BR_C_thresh[Paaf_rawgreenturq_BR_C_thresh < T] <- 0
stats.wt_thresh = net.stats.wt(Paaf_rawgreenturq_BR_C_thresh)

ggraph(g, layout = "kk") +
  geom_edge_link(aes(colour = Similarité,edge_width = Similarité)) +
  scale_edge_width_continuous(range = c(1, 3),guide = "none") +
  scale_edge_colour_gradient(low = "#fafafa",high = "#008080") +
  geom_node_point(aes(), shape = 19,
                 size = stats.wt_thresh[,3]*3, #Selection du paramètre de centralité
                 stroke = 0.5,
                 color = "#5d9bd6") +
  scale_size_continuous(range = c(1,6)) +
  geom_node_text(aes(label = name), repel = TRUE, size = 3,
               color = "black", fontface = "bold") +
  theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
  ggtitle(paste0("Seuil à ",T))

```


Seuil à 0.484



Il suffit alors de changer le jeu de données (Paaf_raw_BR_C ou Paaf_rawgreenturq_BR_C) et de changer la centralité sélectionnée pour les noeuds (`size = stats.wt_thresh[1]`) pour créer les 6 graphiques de la figure 4.19.

Enfin, pour tracer le graphique en conservant les position géographique des sites, il y a pas mal de modifications à apporter, ici par exemple pour la similarité en matières premières vertes (regroupées sauf turquoise), au Céramique ancien, avec la centralité de degré :

Création du thème de la carte, du fond de carte et sélection des limites à afficher

```
maptheme <- theme(panel.grid = element_blank()) +  
  theme(axis.text = element_blank()) +  
  theme(axis.ticks = element_blank()) +  
  theme(axis.title = element_blank()) +  
  theme(legend.position = "right") +
```

```

theme(panel.grid = element_blank()) +
theme(panel.background = element_rect(fill = "#ffffff")) +
theme(plot.margin = unit(c(0, 0, 0.5, 0), 'cm'))

country_shapes <- geom_polygon(aes(x = long, y = lat, group = group),
                               data = map_data('world'),
                               fill = "#CECECE", color = "#515151",
                               size = 0.15)

mapcoords <- coord_fixed(xlim = c(-67, -60), ylim = c(11.5, 20))

```

Ensuite on calcule le seuil souhaité, les différentes centralités, les liens, du réseau souhaité

```

T = thresh(Paaf_rawgreenturq_BR_C)
Paaf_raw_BR_C_full_thresh = Paaf_rawgreenturq_BR_C
Paaf_raw_BR_C_full_thresh[Paaf_raw_BR_C_full_thresh < T] <- 0
stats.wt_thresh = net.stats.wt(Paaf_raw_BR_C_full_thresh)

edges = melt(Paaf_rawgreenturq_BR_C_sup) %>%
  rename(Site1 = Var1, Site2 = Var2, Similarité = value) %>%
  filter(Similarité>=T) #Tmin ou T
g = graph_from_data_frame(edges,directed = FALSE,vertices = Paaf_bdd_C[,1:8])

```

Ici on va ensuite replacer les liens pour qu'ils partent et finissent au bon endroit, et les noeuds, à leur position géographique.

```

edges_for_plot <- edges %>%
  inner_join(Paaf_bdd_C %>% select(Site, Longitude, Latitude),
            by = c('Site1' = 'Site')) %>%
  rename(x = Longitude, y = Latitude) %>%
  inner_join(Paaf_bdd_C %>% select(Site, Longitude, Latitude),
            by = c('Site2' = 'Site')) %>%
  rename(xend = Longitude, yend = Latitude)
edge.id = seq(from = 1, to = nrow(edges_for_plot), by = 1)
edges_for_plot = cbind(edge.id,edges_for_plot)

node_pos <- Paaf_bdd_C %>%
  select(Longitude, Latitude) %>%
  rename(x = Longitude, y = Latitude)

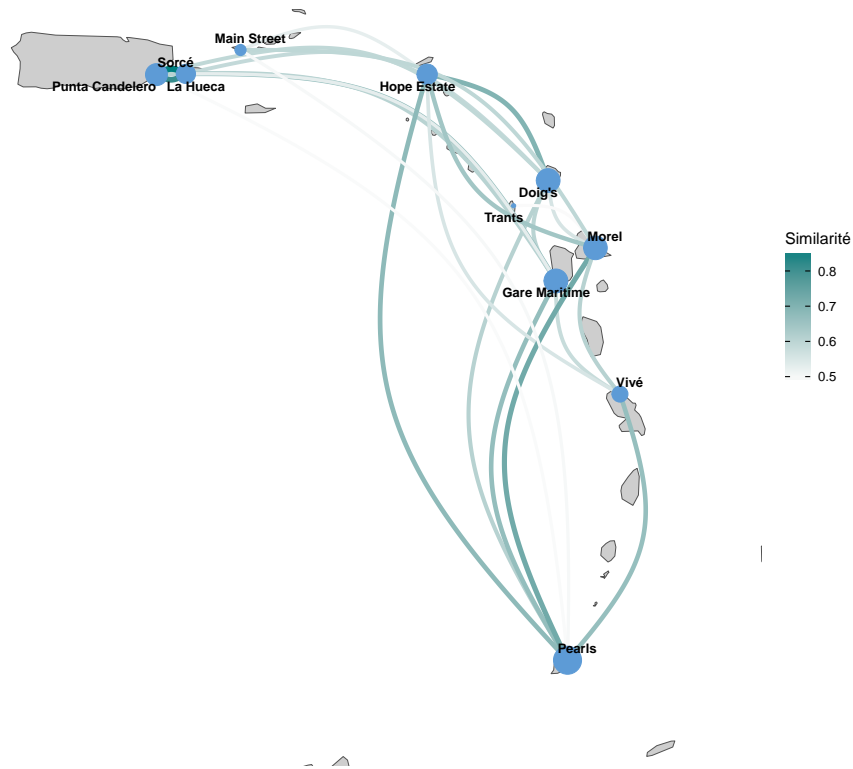
```

Puisque cette fois on va utiliser ggraph pour faire le graphique, on crée le layout avec le bon réseau, et les positions “manual”, et ensuite on va additionner les différents niveaux de la

figure : le layout, le fond de carte, la position du cadre de la carte, le thème de la carte, les liens, les noeuds et leurs noms.

```
lay <- create_layout(g, "manual", circular = FALSE, x=node_pos$x, y=node_pos$y)

ggraph(lay) + country_shapes + mapcoords + maptheme +
  geom_edge_arc(aes(colour = Similarité,
                   edge_width = Similarité,
                   circular = FALSE),# draw edges as arcs
              data = edges_for_plot, strength = 0.33) +
  #strength gère la courbure des lien
  scale_edge_width_continuous(range = c(1, 2),
                              # scale for edge widths
                              guide = "none") +
  # guide = "none" pour ne pas avoir la légende de cette échelle
  scale_edge_colour_gradient(low = "#fafafa",high = "#008080") +
  geom_node_point(aes(), shape = 19,# draw nodes
                 size = stats.wt_thresh[,1]*2, # [,1]*2 for degree,
                 #[,2]*5 for eigenvector, [,3] for betweenness
                 stroke = 0.5,
                 color = "#5d9bd6") +
  geom_node_text(aes(label = name), repel = TRUE, size = 3,
                color = "black", fontface = "bold")
```



Dernier exemple, celui du réseau des sites selon les combinaisons de types-matières premières, figure 4.32 de la thèse.

T = 0.161

```
edges <- melt(Paaf_typerawsites_BR) %>%
  rename(Site1 = Var1, Site2 = Var2, Similarité = value) %>%
  filter(Similarité>T) #Tmin ou T
g = graph_from_data_frame(edges,directed = FALSE,vertices = df_typerawsites[,1:6])

ggraph(g, layout = "kk") +
  geom_edge_link(aes(colour = Similarité,edge_width = Similarité)) +
  scale_edge_width_continuous(range = c(1, 3),guide = "none") +
```

```
scale_edge_colour_gradient(low = "#fafafa",high = "#008080") +  
geom_node_point(aes(color=Période,size = 5),shape = 19, stroke = 0.5) +  
scale_color_manual(values = c("#ffc001","#a5a5a5","#ed7d31","#5d9bd6")) +  
geom_node_text(aes(label = name), repel = TRUE, size = 3,  
               color = "black", fontface = "bold")
```

Parures amérindiennes en matériaux lithiques dans les Antilles à l'Âge Céramique : de la caractérisation à la répartition spatiale et chronologique.

Résumé : Les objets de parure en pierre, au sein de l'ornementation personnelle, ont fait l'objet d'une attention particulière dans le registre archéologique, de par leur bonne préservation, et l'ensemble des informations qu'ils peuvent apporter pour la compréhension des sociétés du passé. Dans le cadre de l'archéologie des îles Caraïbes, en particulier, ces productions lapidaires, dont une grande partie est réalisée dans des matériaux dits *exotiques*, ont été utilisées comme marqueurs de réseaux d'échanges et comme marqueurs culturels. Ils ont également participé de la discussion des modes de sociétés au sein desquels étaient organisés les Amérindiens vivant dans l'archipel antillais à l'âge Céramique, c'est-à-dire environ entre 400 avant notre ère et les premiers contacts avec les Européens. Force est de constater toutefois que les études spécialisées sur cette partie de la culture matérielle pour cette période sont majoritairement incomplètes et peu documentées, tant d'un point de vue des matières premières employées, que des types d'objets produits. Ce travail de thèse a donc pour but de réaliser des études complètes et détaillées des productions de parures lapidaires issues des sites archéologiques fouillés sur les îles françaises des Petites Antilles, intégrant des analyses typologiques et des analyses gemmologiques afin d'identifier précisément les matières premières employées. Au sein de ces matériaux, deux minéraux ont fait l'objet d'une attention particulière, la turquoise pour son potentiel informatif en termes de provenance, et la sudoïte, minéral de la famille des chlorites, retrouvé dans plusieurs sites archéologiques, et dont l'identification comme gemme est inédite. En combinant ces résultats inédits avec une revue complète de la littérature, une base de données de plus de 8000 objets et 90 sites a pu être créée, permettant de réaliser des analyses statistiques robustes afin de comparer la distribution des matières premières et des types d'objets produits dans le temps et dans l'espace. Ces analyses confirment les différences chronologiques déjà suspectées par le passé. Les habitants des îles Caraïbes au Céramique ancien, en particulier, donnaient une importance bien plus forte à la parure en pierre, produisant des objets bien plus diversifiés que lors du Céramique récent. Cette production montre une très grande homogénéité dans tout l'archipel, confirmant l'hypothèse d'un réseau de distribution à grande échelle à cette période, probablement en lien avec les caractéristiques pionnières de ces premiers peuplements normatifs de l'arc antillais. Les objets de parures en pierre auraient alors perdu de leur importance progressivement au Céramique moyen puis au Céramique récent, peut-être en lien avec le changement de mode de vie plus hiérarchisé, moins tourné vers le continent sud-américain et ne nécessitant plus d'échanges à si grande échelle pour maintenir une si forte cohésion.

Mots-clés : Parure, Antilles, Saladoïde, Production lapidaire, Archéogemmologie, Répartition spatio-temporelle.

Amerindian personal ornaments made of lithic materials in the Antilles during the Ceramic Age: from characterization to chronological and spatial distribution.

Abstract: Lithic adornments, within the personal ornamentation, have been the object of particular attention in the archaeological record, because of their good preservation, and the set of information that they can bring for the understanding of the societies of the past. In the archaeology of the Caribbean islands, in particular, these lapidary productions, a large part of which are made of materials known as "exotic", have been used as markers of exchange networks and as cultural markers. They have also participated in the discussion of the modes of society in which the Amerindians living in the Caribbean archipelago were organized during the Ceramic Age, that is to say, between approximately 400 B.C. and the first contacts with Europeans. However, it must be noted that specialized studies on this part of the material culture for this period are incomplete and poorly documented, both from the point of view of the raw materials used, and the types of objects produced. The aim of this thesis is therefore to carry out complete and detailed studies of the production of lapidary ornaments from archaeological sites excavated on the French islands of the Lesser Antilles, integrating typological and gemological analyses in order to precisely identify the raw materials used. Within these materials, two minerals have been the object of particular attention, turquoise for its informative potential in terms of provenance, and sudoïte, a mineral of the chlorite family, found in several archaeological sites, and whose identification as a gem is unprecedented. By combining this new data with a comprehensive review of the existing data, a database of more than 8000 objects and 90 sites has been created, making it possible to perform robust statistical analyses in order to compare the distribution of raw materials and types of objects produced in time and space. These analyses confirm the chronological differences already suspected in previous works. The inhabitants of the Caribbean Islands during the Early Ceramic period, in particular, gave much greater importance to lapidary ornaments, producing objects that were much more diversified than during the Late Ceramic period. This production shows great homogeneity throughout the archipelago, confirming the hypothesis of a large-scale distribution network at this period, probably related to the pioneering characteristics of these first normative settlements of the Antillean arc. Stone ornaments would then have lost their importance progressively during the Middle and Late Ceramic periods, perhaps in connection with the change in lifestyle that was more hierarchical, less oriented towards the South American continent, and no longer requiring such large-scale exchanges to maintain such a strong cohesion.

Keywords: Personal ornaments, Antilles, Saladoïd, Lapidary craftsmanship, Archaeogemmology, Spatio-temporal distribution.

Unité de recherche

UMR 5199 PACEA CNRS, Université de Bordeaux, Ministère de la Culture, 33600 Pessac, France.