



International Erasmus Mundus Master in
QUATERNARY AND PREHISTORY



Étude taphonomique des accumulations
lithiques *Earlier Stone Age* de Mormolo,
Province de Benguela, Angola

Jean-Thomas Vié

Supervisor: Isis Mesfin

Co-supervisors: Maria Helena Benjamim, David Pleurdeau

Academic year 2023/2024



TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	2
TABLE DES ILLUSTRATIONS	5
TABLE DES TABLEAUX	8
REMERCIEMENTS.....	9
INTRODUCTION	10
1. DEFINITIONS	10
2. CONTEXTE	12
3. PROBLEMATIQUES DES SITES DE SURFACE	13
4. CHOIX DU SITE	14
CHAPITRE I.....	16
LES MILIEUX ARIDES ET SEMI-ARIDES.....	16
1. DEFINITION DES BIOMES	16
a. <i>Définition.....</i>	16
b. <i>Distribution géographique</i>	17
2. CLIMATS DES ZONES ARIDES ET SEMI -ARIDES	18
a. <i>Climat aride</i>	19
b. <i>Climat semi-aride</i>	20
3. LES PROCESSUS EROSIFS DANS LES ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES.....	20
a. <i>Le vent.....</i>	20
b. <i>L'eau.....</i>	21
c. <i>L'activité humaine</i>	22
d. <i>Exemples d'impact sur le matériel.....</i>	22
e. <i>Scénarios possibles à Mormolo</i>	23
CHAPITRE II.....	25
LES ACCUMULATIONS DE SURFACE DANS LE CONTEXTE SEMI-ARIDE DE MORMOLO, PROVINCE DE BENGUELA, ANGOLA	25
1. LES VESTIGES DE SUPERFICIE : <i>IN SITU</i> , REMANIES, PERTURBES ?	25
a. <i>Définition et importance des « sites de surface ».....</i>	25
b. <i>Définition de « atelier de taille » et leur importance.....</i>	27
2. L'EXEMPLE DE LOCALITES DE SURFACE DE MORMOLO, PROVINCE DE BENGUELA, ANGOLA.....	27
a. <i>Présentation du site.....</i>	27
b. <i>Contexte géographique de Mormolo</i>	28
c. <i>Contexte chrono-stratigraphique de la terrasse de +100 m de Mormolo</i>	29
3. LES « ATELIER DE TAILLE » DE SURFACE MORMOLO : REALITE OU ILLUSION D'OPTIQUE ?.....	32

4. PROBLEMATIQUE & OBJECTIFS DU MEMOIRE	32
CHAPITRE III	34
MATERIEL	34
1. COLLECTION LITHIQUE	34
a. <i>Provenance de la collection</i>	34
b. <i>Composition de la collection</i>	34
2. MATERIEL SEDIMENTAIRE	36
a. <i>Provenance</i>	37
b. <i>Prélèvements</i>	37
3. CREATION D'UN SITE EXPERIMENTAL	37
CHAPITRE IV	40
METHODES	40
1. COLLECTE DE DONNEES DE TERRAIN	40
a. <i>Récolte du matériel lithique</i>	40
b. <i>Conditionnement du matériel lithique</i>	41
2. METHODE D'ANALYSE DU MATERIEL LITHIQUE	42
a. <i>Données taphonomique</i>	42
b. <i>Données techno-typologiques</i>	42
c. <i>Remontages</i>	44
d. <i>Méthode de remontage</i>	44
3. ARCHEOLOGIE EXPERIMENTALE	45
a. <i>Montage du protocole</i>	45
b. <i>Processus de taille lithique</i>	46
4. METHODE D'ANALYSE STATISTIQUE	46
a. <i>Analyse des dispositions d'objets archéologiques</i>	46
b. <i>Kernel Density Estimation (KDE)</i>	48
5. METHODE D'ANALYSE SEDIMENTAIRE	49
a. <i>Prélèvement</i>	49
b. <i>Préparation et séparation des minéraux par taille</i>	51
c. <i>Séparation des minéraux métalliques</i>	52
d. <i>Séparation des minéraux lourds</i>	52
CHAPITRE V	54
RESULTATS	54
1. INVENTAIRE TECHNO-TYPOLOGIQUE	54
a. <i>Type et description des matières premières</i>	54
b. <i>Résultats de l'état de préservation des artefacts</i>	55

c. Description des outils	58
2. REMONTAGES LITHIQUES	61
a. G7-3.1.....	62
b. G7-3.2.....	65
c. G7-2.....	68
3. DONNEES SPATIALES	69
a. Morphologie des sites	70
b. Résultats de l'analyse du type de fabrique.....	76
c. Disposition des artefacts	83
4. ANALYSE SEDIMENTAIRE	85
a. Granulométrie et sédimentologie.....	86
b. Description des minéraux	86
CHAPITRE VI.....	90
DISCUSSION	90
1. SYNTHESE DES DONNEES.....	90
2. ELEMENTS DE REPONSES AUX QUESTIONS DE RECHERCHE	94
a. Quelle sont les différents types de perturbations affectant les sites de surfaces de Mormolo ? ..	94
b. Les accumulations lithiques de surfaces de Mormolo sont-elles des ateliers de taille ou des types de perturbation et d'accumulation secondaire de matériel archéologique ?	95
c. Est-il possible de replacer un site de surface dans un contexte chrono-culturel plus précis et dans un contexte stratigraphique de la terrasse marine de Mormolo ?	97
CONCLUSION	100
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	103
ANNEXES	110
RESUME	115

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Carte des biomes retrouvées en Afrique avec un focus sur la région côtière de Benguela, Angola d'après (WWF, 2024)	17
Figure 2 : Courbe de température en rouge et des précipitations sur l'année 2023 sur la ville de Benguela, Angola (Climate-Data.org, 2023.)	19
Figure 3 : Vue du site de Mormolo à gauche en août 2023 à droite en février 2024	19
Figure 4 : Schéma récapitulatif des différentes étapes de perturbation des sites de surface avant leur découverte.	24
Figure 5 : Carte satellite (Bing, 2024) du littoral de Benguela, Angola, avec la localisation du site de Mormolo et des localités de G7-2 et G7-3 et H8-4	28
Figure 6 : Légende et description des unités stratigraphiques définies dans la Figure 7 (Mesfin Hanon et al., 2023).....	30
Figure 7 : Corrélations stratigraphiques des différentes localités de Mormolo et Dungo (données non publiées) (Mesfin Hanon et al., 2023).....	31
Figure 8 : Carte de Baia Farta (Bing, 2024) avec les localisations des prélèvements effectués pour l'analyse sédimentaire illustrée par des reproduction 3D des sites.....	36
Figure 9 : Découpage en secteur des terrasses de Mormolo avec zone d'expérimentation (carré rouge)	38
Figure 10 : vue du site expérimental après sa création.....	39
Figure 11 : Étapes de la séparation des sédiments : a) prélèvement effectué dans la coupe adjacente à G7-3.1. b) prélèvement réalisé sur le site G7-3.1. c) prélèvement réalisé sur le site G7-3.2. d) vue des tamis utilisés pour le lavage et la séparation des sédiments. e) illustration de la récupération des sédiments lavés dans des béciers étiquetés pour chaque classe granulométrique. f) échantillon de la fraction 630-200 μm du site G7-3.2 après un premier passage au bain à ultrasons. g) vue interne de l'étuve utilisée pour le séchage des sédiments. h) électroaimant utilisé pour la séparation des minéraux métalliques. i) vue de l'aimant activé après un passage du sédiment, avec les minéraux métalliques adhérant à l'aimant. j) ampoule de décantation utilisée pour séparer les minéraux lourds des minéraux légers avant la manipulation finale.....	50
Figure 12 : Histogramme en barres empilées des critères taphonomiques des artefacts sur la localité G7-3.1	56
Figure 13 : Histogramme en barres empilées des critères taphonomiques des artefacts sur la localité G7-3.2	57

Figure 14 : Histogramme en barres empilées des critères taphonomiques des artefacts sur la localité G7-2	58
Figure 15 : Pièces n°636 de la collection G7-3 classifié comme SOG1.	59
Figure 16 : Pièces n°1105 de la collection G7-3 classifié comme SOG 4	60
Figure 17 : Pièce n°1305 de la collection G7-3, exemple de SOD 1	61
Figure 18 : Schémas des raccords présentant des fractures de type accident de Siret pour le site G7-3.1. R3 : pièces 72 et 127, R4 : pièces 114 et 168, R8 : pièces 178 et 465	62
Figure 19 : Schémas des différents remontages et raccords observés sur les pièces de la localité G7-3.1. R5 : pièces 140, 168, 229 et 264 ; R10 : pièces 210 et 325	63
Figure 20 : Schémas des différentes cassures observées sur les pièces de la localité G7-3.1. Les ruptures sont illustrées pour les pièces suivantes : R6 : pièces 156 et 522, R7 : pièces 160 et 200, R9 : pièces 193 et 205, R12 : pièces 628 et 629.....	64
Figure 21 : Schémas des différents remontages observés sur les pièces de la localité G7-3.2 R16 : 1017, 1178 et 1179, R18 : 829, 841 et 896, R19 : pièces 793, 1031 et 1050, R20 : pièces 1045 et 1051, R21 : 1249 et 1386	66
Figure 22 : Schémas des différentes cassures observées sur les pièces de la localité G7-3.2 R15 : 1059 et 1075, R22 : 1384 et 1394.....	67
Figure 23 : Schémas des différentes cassures observées sur les pièces de la localité G7-3.2, R13 : pièces 1002 et 1019, R14 : 1235 et 1240, R17 : pièces 732 et 1029.....	68
Figure 24 : schéma des cassures et raccords observés sur la localité de G7-2. R1 : pièces 160 et 232 ; R2 : pièces 105 et 115 ; R3 : pièces 159 et 223.....	69
Figure 25 : Carte isochrone G7-3.1 en rouge les parties les plus hautes du site et en bleu les plus basse (CloudCompare, 2024)	71
Figure 26 : Analyse de Kernel de G7-3.1 avec en bleu les zone avec les plus basses densités et en jaune les plus fortes	72
Figure 27 : Topographie de G7-3.2 en rouge les parties les plus hautes du site et en bleu les plus basses.(CloudCompare, 2024)	73
Figure 28 : Analyse de Kernel de G7-3.2 avec en bleu les zone avec les plus basses densités et en jaune les plus fortes	74
Figure 29 : Analyse de Kernel de G7-2 avec en bleu les zone avec les plus basses densités et en jaune les plus fortes	75
Figure 30 : Représentation graphique de l'orientation et de l'inclinaison des artefacts relevés sur les sites archéologiques G7-3.1, G7-3.2 et G7-2. Les graphiques a à c montrent	

les orientations privilégiées des artefacts, tandis que les graphiques d à f illustrent leur inclinaison par rapport à l'horizontale. 76

Figure 31 : Diagramme de Benn permettant l'analyse de la perturbation des sites en fonction de leur position dans le diagramme. Chaque zone correspond à un type **potentiel** de perturbation. La zone bleue représente les sites ayant été perturbés par un flux sec. La zone jaune indique la présence de sites perturbés par le ruissellement sur une pente inférieure à 20 degrés. La zone grise correspond à la solifluxion, tandis que la zone rouge représente un état non perturbé. 82

Figure 32 : a) disposition des remontages sur les sites G7-3.1 b) répartition spatiale des pièces en fonction de leur matériau pour le site G7-3.1 83

Figure 33: a) disposition des remontages sur les sites G7-3.2 b) répartition spatiale des pièces en fonction de leur matériau pour le site G7-3.2 84

Figure 34 : a) disposition des remontages sur les sites G7-2 b) répartition spatiale des pièces en fonction de leur matériau pour le site G7-2 85

Figure 35 : Graphique de la proportion en fonction de la taille des sédiments dans chaque prélèvement en abscisse la taille des particules en μm et en ordonnée l'amplitude. 86

Figure 36 : Photographies des sédiments à différentes échelles de G7-3.1 et H8-4 prises à la loupe binoculaire. Les images montrent les détails des différents minéraux identifiés dans les échantillons une fois la séparation des minéraux métallique faite. 89

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau présentant l’effectif total de la collection provenant du secteur G7 du site de Mormolo	35
Tableau 2 : Effectifs lithiques de la localité G7-3.1 par type	35
Tableau 3 : Effectif s lithiques de la localité G7-3.2 par type	36
Tableau 4 : Effectif s lithiques de la localité G7-2 par type	36
Tableau 5 : définition des schémas opératoires selon Mesfin (2018).	43
Tableau 6 : Distribution des types de schémas opératoires (SO) sur la localité G7-3.1	59
Tableau 7 : Distribution des types de schémas opératoires (SO) sur la localité G7-3.2	59
Tableau 8 : Distribution des types de schémas opératoires (SO) sur la localité G7-2	61
Tableau 9 : Nombre de remontages et de pièces remontées par localité	62
Tableau 10 : Tableau des nombre de pièces impliquées dans chaque remontage en fonction de leur type de fracture sur G7-3.1	65
Tableau 11 : Tableau des nombre de pièces impliquées dans chaque remontage en fonction de leur type de fracture sur G7-3.2	68
Tableau 12 : Tableau récapitulatif pour chaque site des différents indices utilisés pour analyser le type de perturbation qui ont touché chaque localité	77
Tableau 13 : Partie 1 du tableau synthétique des résultats (---) (--) (-) (+) (++) (+++) informe sur la proportion observée d’un caractère dans une localité (ordonnée de la plus faible proportion à la plus forte de gauche à droite).....	92
Tableau 14 : Partie 2 du tableau synthétique des résultats (---) (--) (-) (+) (++) (+++) informe sur la proportion observée d’un caractère dans une localité (ordonnée de la plus faible proportion à la plus forte de gauche à droite).....	93

REMERCIEMENTS

Je souhaite exprimer toute ma reconnaissance à mes encadrants, **Isis Mesfin, Maria-Helena Benjamim** et **David Pleurdeau** pour m'avoir fait confiance dans ce projet. Je les remercie chaleureusement de m'avoir accueilli et encadré durant mon mémoire de recherche.

Je souhaite remercier **Andreu Olle, Pierre Voinchet, Anthony Borel, Xavier Gallet, Pascal Bertrand** pour avoir pris le temps de m'écouter et de me conseiller sur les différentes problématiques que j'ai pu leur exposer et d'avoir pris le temps de répondre à mes questions.

Je souhaite aussi remercier Le **Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC)** de l'**Ambassade de France en Angola** et l'**Institut Français d'Afrique du Sud – Recherche (IFAS-Recherche)**. Sans leur soutien je n'aurais pas pu financer et mener à bien cette étude.

Je souhaite aussi remercier toute l'équipe du MNAB, **Maddalena Catiana Raúl, Ernesto Benjamim, Ambrosio Carlos Abel, Emilio Mangrinha**, et les étudiants de l'université de Sumbe, **Carvarhinio Joaquim** et **Helder Ucongo** pour m'avoir accueilli, aidé et soutenu. Je remercie la directrice, **Nancy Gotlieb** et les équipes de la Nancy's Guest House chez qui j'ai pu me loger et vivre durant les missions et avec qui j'ai pu partager tout au long de mes séjours en Angola.

Enfin je souhaite remercier **Nassim Zejly** et mes **collègues de Master** de chaque université partenaires IMQP pour m'avoir écouté et soutenu lors de la mise en place et de la réalisation de ma mission.

INTRODUCTION

Les **sites de surface**, bien que souvent perçus comme moins informatifs que les sites enfouis, constituent une source précieuse de données pour les archéologues. Ils offrent un aperçu direct des vestiges laissés par les activités humaines, permettant d'étudier les comportements et les pratiques à **une échelle spatiale étendue**. Contrairement aux sites stratifiés, où les couches successives témoignent de l'accumulation sédimentaire et de la chronologie des occupations, les gisements de surface se distinguent par la présence d'artefacts exposés à l'air libre, souvent plus vulnérables aux perturbations.

Dans le contexte de l'étude des cultures préhistoriques notamment anciennes, ces sites de surface jouent un rôle particulièrement important. Nombreux, ils permettent d'avoir une vision directe et élargie des aires d'implantation des groupes humains à une large échelle géographique. Néanmoins, leur analyse révèle d'importants défis méthodologiques. En particulier, l'absence de stratigraphie claire et les perturbations naturelles ou anthropiques, compliquent l'interprétation des données. Les artefacts peuvent être déplacés, réorganisés ou altérés, rendant complexe l'établissement de liens directs entre les vestiges et les activités humaines qu'ils reflètent.

Le présent travail se propose d'examiner les particularités des sites de surface, en mettant l'accent sur les méthodes d'analyse et les approches théoriques qui permettent de comprendre les processus de perturbations de ces gisements. En prenant comme étude de cas le site *Earlier Stone Age* de Mormolo (Province de Benguela) en Angola, nous explorerons les stratégies de collecte et d'interprétation des données qui permettent d'exploiter un maximum d'informations disponibles, tout en reconnaissant les limites inhérentes à ce type de contextes archéologiques.

L'objectif principal est ainsi de démontrer que, malgré leurs contraintes, les sites de surface peuvent fournir des informations capitales sur les modes de vie des sociétés préhistoriques, les événements géologiques et météorologiques, notamment lorsqu'ils sont étudiés de manière rigoureuse et intégrée à une perspective régionale plus large. La combinaison des données spatiales, techno-typologiques et sédimentologiques de trois localités *Earlier Stone Age* de Mormolo permet ici de développer une approche taphonomique à même d'évaluer l'intégrité des assemblages lithiques et leur potentielle charge scientifique.

1. Définitions

L'étude des sites de surface de Mormolo documente la formation des paysages côtiers de la région et les dynamiques post-dépositionnelles influençant la distribution des artefacts anciens. Comprendre ces processus est important, car cela permet d'évaluer l'intégrité des assemblages lithiques et ainsi de reconstituer au mieux les modes de vie des technocultures passées.

Pour aborder ces questions de manière systématique, il est nécessaire de définir certains des termes clés qui guideront notre analyse. Nous examinerons ici les concepts liés aux plages et aux artefacts archéologiques afin de clarifier leur pertinence pour notre étude de Mormolo.

A Mormolo, la présence de diverses **plages soulevées** ou **terrasses marines**, qui se présentent comme des plateformes horizontales à inclinées au-dessus du niveau de la mer et contiennent des ensembles sédimentaires marins, estuarien/deltaïques et terrestres (Corvinus, 1983 ; Pufahl et al., 1998 ; Guiraud et al., 2010 ; Masse et Laurent, 2016 ; Mesfin, 2018 ; Mateus et al., 2019). Ils documentent de manière fragmentaire les anciennes lignes de rivage grâce à l'action combinée de la surrection tectonique et de l'eustatisme mais pose encore des problèmes de datation qui compliquent l'interprétation archéologique des contextes d'origine des artefacts.

Le terme **plage** désigne généralement une rampe de sables, de graviers ou de galets développée au niveau d'un rivage (plage littorale) et jusqu'aux profondeurs où les houles sont capables de remaniement (plage sous-marine) (Larousse, 2024). Les **sables** – qui forment le dépôt sédimentaire principal pour le Pléistocène à Mormolo – peuvent se former suite à la décomposition des roches en haute altitude, sous l'action de torrents, de rivières ou de fleuves, qui les polissent et les transportent jusqu'aux zones côtières. Les sables peuvent aussi provenir de l'érosion des roches sédimentaires par les mouvements de la mer ou de l'océan. Ces mouvements mécaniques dissolvent la roche et détachent les grains de sable conglomérés, lesquels sont ensuite transportés par le ressac pour former de nouvelles plages, souvent en combinant avec les sédiments d'anciennes plages.

D'autres termes nécessitent d'être définis pour comprendre l'étude des sites de surfaces de plein air :

- **Pièces de surface** : Artefacts retrouvés à la surface du sol, exposés par des processus naturels ou anthropiques.
- **Site de surface** : Localité dans laquelle on trouve de nombreux artefacts en surface, apparues spontanément suite à des événements d'érosion naturelle.

- **Accumulation** : Amas de matériaux archéologiques dans une zone spécifique résultant de divers processus de dépôts possibles.
- **Épandage** : La dispersion de matériaux archéologiques sur une vaste zone, souvent due à des processus naturels comme le vent ou l'eau.
- **Fabrique** : désigne l'ensemble des caractéristiques physiques, spatiales et contextuelles qui définissent la structure et la composition d'un site (Bertran et Lenoble, 2002).

2. Contexte

Dans les années 1970, l'équipe du *Museu Nacional de Arqueologia* de Benguela (MNAB) dirigée par L.J. Pais Pinto a identifié plusieurs sites pléistocènes le long du littoral de la Province de Benguela, sur les plages soulevées qui caractérisent la topographie régionale (Pais Pinto, 1988).

Ces sites, répartis sur différentes terrasses séparées par l'actuel lit sec du *rio seco* Mormolo (Mesfin, 2018), font alors l'objet de ramassages de surface lors de diverses prospections sur cinq localités distinctes. Les collections et les prospections s'accumulent au musée, mais n'aboutissent qu'à peu de programmes de fouilles, de sondages ou d'analyse lithique du matériel retrouvé sur le site (Willett, 1964 ; De Matos et al., 2021).

Après une période de situation géopolitique instable, de nouvelles études vont être menées entre 2002 et 2019 sur le littoral. Notamment la mise en place de fouilles, d'études tracéologiques et d'analyses de matériel sur la terrasse marine de Dungo (Gutierrez et al., 2010a, 2010b ; Benjamim, 2016 ; Mesfin, 2018 ; Lebatard et al., 2019 ; Mesfin, Lotter et al., 2021 ; Mesfin, Benjamim et al., 2023). Ces activités sont supervisées par le MNAB et dirigées par Manuel Gutierrez. Elles se déroulent dans le complexe archéologique de Dungo, situés au sud de Benguela.

En 2019, les recherches de terrain à Mormolo sont reprises dans le cadre du *Mormolo Archaeological Project* qui en 2023 devient la Mission Préhistorique Franco-Anglaise (mission du MEAE).

Les sites archéologiques de Mormolo, s'inscrivent dans la continuité des découvertes dans la région du Karoo-Namib (Namibie et en Afrique du Sud) (Werger, 1978 ; Corvinus, 1983 ; Marks, 2015 ; Baliso et al., 2022 ; Ben Arous et al., 2024). Ils témoignent de l'existence d'occupations anciennes le long des côtes de l'Afrique centrale et australe. Le site de Dungo est daté, pour la base du dépôt sableux à contenu archéologique entre 662

ka et 614 ka par Al/Be (Lebatard et al., 2019). Il présente différentes occupations anthropiques et animales (Mesfin, Benjamim et al., 2021 ; Mesfin, Benjamim, Benjamim et al., 2022 ; Mesfin, Benjamim, Dias Pavei et al., 2022 ; Mesfin, Hanon et al., 2023) et sa disposition géologique, géomorphologique et stratigraphique relativement similaire à celle de Mormolo peut laisser penser à une similitude de ces datations pour les sites retrouvés sur les plages alentours (Peña, 2020 ; Mesfin, Benjamim et al., 2023 ; Pedoja et al., 2011).

L'étude présentée dans ce mémoire porte sur des localités du site de Mormolo dans la région de Benguela en Angola. Cette zone géographique est considérée comme semi-aride (Figure 1).

3. Problématiques des sites de surface

L'étude des sites de surface présente à la fois des défis du fait de la complexité de leur exploitation et un potentiel intéressant du fait de leur nombre important et de leur possibilité d'appréhender les paysages archéologiques à une plus large échelle. L'existence de ces sites est attestée depuis les débuts de l'archéologie (Brown, 1893 ; Lauby et Pagès-Alladry, 1903) et l'intérêt qui leur est porté continue à se développer.

Ainsi les vestiges archéologiques de surface peuvent, dans certains cas, permettre de mieux comprendre les phases d'occupation archéologique. En effet, ces sites peuvent, grâce à des technologies comme la photogrammétrie (Liébault et al., 2023), le relevé par radar (Elfiky et Elfadaly, 2024), la datation OSL sur matériel de surface (Gliganic et al., 2021), compléter les connaissances sur une région étudiée.

Le paradoxe réside dans le fait que ces sites de surface sont souvent sous-estimés, car on les associe systématiquement à des contextes perturbés ou jugés peu informatifs du point de vue chronostratigraphique. Pourtant, le fait qu'ils soient actuellement en surface peut en réalité témoigner d'un site autrefois enfoui, ayant subi une série de phases d'exposition et de recouvrement au fil du temps. Ce phénomène pose des défis similaires à ceux rencontrés lors de la datation de sites situés dans des dépôts secondaires, où les méthodes comme l'OSL ou l'ESR peuvent indiquer des âges des sédiments plus récents que ceux du matériel archéologique qu'ils contiennent.

Ainsi, un paléosol aujourd'hui en cours d'érosion et affleurant à la surface peut être tout autant, voire plus, exploitable. Nous pouvons parler alors de '*time average*', littéralement la « moyenne temporelle », c'est-à-dire l'intégration de matériaux et d'événements post-dépositionnels sur une longue période.

Par ailleurs, les sites de surface offrent l'opportunité de ne pas avoir à fouiller de manière extensive. La fouille archéologique étant très chronophage, rendre possible l'exploitation des gisements de surface permettrait une collecte de matériel archéologique rapide et qui engloberait des espaces bien plus étendus.

La collecte d'assemblages lithiques pour documenter des espaces étendus permet également le développement d'approches micro-régionales très pertinente pour les études qui, par exemple, s'intéressent à l'évolution des modes d'occupation des paysages culturels préhistoriques. Ainsi, E. Hallinan utilise la répartition du matériel de surface pour étudier les variations dans les types d'implantation humaines pour les paysages de la vallée de l'Olifant en Afrique du Sud, à l'*Early* (ESA), puis au *Middle* (MSA) et au *Later Stone Age* (LSA) (Hallinan et Parkington, 2017).

Dans ce contexte, une meilleure compréhension des sites archéologiques de surface et de leur formation/déformation permettrait d'augmenter grandement la quantité de matériel archéologique (lithique et/ou archéozoologique) disponible à l'étude et donc de développer à plus large échelle une géographie culturelle préhistorique.

Ces sites sont présents sur divers endroits du globe et le contexte sédimentaire local est à prendre en compte pour leur étude. Dans les milieux arides et semi-arides, qui sont des contextes géologiques propices aux perturbations, les événements géologiques et météorologiques jouent un rôle important alors même que de nombreux sites sont en surface ou en contexte de sub-surface (Aumassip, 1968 ; Berthelet, 2002 ; Scerri et Will, 2023 ; Leader et al., 2023 ; Stone Leader et al., 2024 ; Stone Stratford et al., 2024). Car dans les contextes sédimentaires majoritairement composés de sables et peu végétés, la mise en surface et la resédimentation due aux perturbations, sont variables en fonction du contexte géographique, géologique, météorologique et écologique spécifiques à la zone. Par exemple, les dunes du désert de Namib ('*Sand Sea*') se déplacent latéralement chaque année, empêchant donc la mise en place de secteur de fouille pérenne.

Cette compréhension ne peut passer que par une phase de développement méthodologique local tant sur le terrain qu'en laboratoire.

4. **Choix du site**

Les contextes sédimentaires que nous avons choisi d'étudier en priorité sont les paysages archéologiques préhistoriques situés dans les espaces semi-désertiques et désertiques.

Dans ce contexte, nous avons donc cherché les sites pouvant correspondre à ces critères et avons choisi de nous intéresser aux sites de surface *Stone Age* de Mormolo, dans la province de Benguela en Angola situé dans un environnement de Karoo, à environ 150 km au nord du désert de Namib.

Le contexte sédimentaire de cette zone, caractérisé par une prédominance de sable, pose des défis spécifiques pour l'étude archéologique. Le sable, en raison de sa mobilité et de sa susceptibilité à l'érosion, peut perturber et redistribuer les artefacts de manière imprévisible, compliquant ainsi l'interprétation des sites.

Dans un tel contexte superficiel, il était essentiel de distinguer plusieurs types de dépôts archéologiques car beaucoup de matériel lithique apparaît en surface, dispersés souvent en raison de l'érosion ou d'autres processus naturels qui les ont déplacés depuis leur position d'origine. Nous trouvons aussi, des **accumulations** qui sont des regroupements d'artefacts dans une zone restreinte, indiquant souvent une activité humaine concentrée en un lieu spécifique. Enfin, nous notons aussi des **épandages** c'est-à-dire une dispersion d'artefacts sur une surface plus vaste, mais sans le même degré de concentration que les accumulations. Ces épandages peuvent témoigner d'une occupation humaine plus diffuse ou d'événements liés à la présence humaine dans une localité particulière. Chacune de ces sources de matériel va donner lieu à des différences lors des interprétations archéologiques ou du choix des secteurs de fouilles.

CHAPITRE I

LES MILIEUX ARIDES ET SEMI-ARIDES

1. Définition des biomes

a. Définition

Les biomes sont de vastes régions terrestres caractérisées par des conditions climatiques, une faune et une flore spécifiques. Selon le WWF, on distingue quatorze grands types de biomes sur Terre. Les forêts tropicales humides, par exemple, se distinguent par leur grande biodiversité, leur climat chaud et humide, et leur canopée dense. À l'opposé, les déserts, caractérisés par des précipitations faibles et des températures extrêmes, abritent une faune et une flore adaptées à ces conditions arides. D'autres biomes importants incluent les forêts tempérées, les prairies, les toundras, les mangroves... La classification des biomes permet de mieux comprendre la répartition de la vie sur Terre et les impacts des changements climatiques.

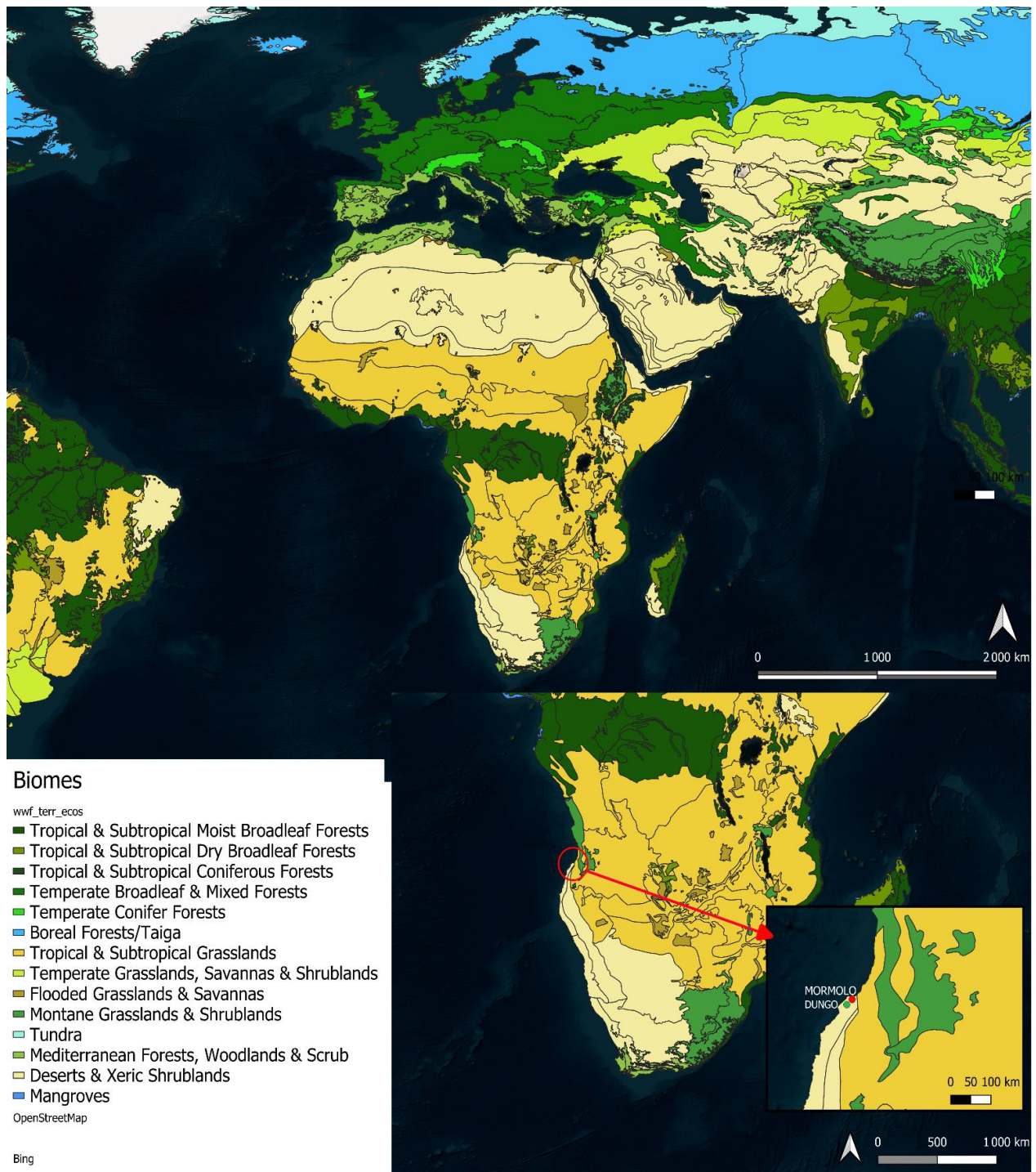


Figure 1 : Carte des biomes retrouvées en Afrique avec un focus sur la région côtière de Benguela, Angola d'après (WWF, 2024)

b. Distribution géographique

Benguela se trouve au sud-ouest de l'Angola, et le site de Mormolo est situé à 20 km au sud de Benguela. Ce site est caractérisé par un climat semi-aride et se trouve dans un biome qualifié de **désertique avec des broussailles xériques** ('*Xeric Shrubland*') (Figure 1). Ce type de climat est marqué par une saison sèche, où les précipitations sont rares, et une

saison humide, durant laquelle les pluies sont plus abondantes, typiques des zones tropicales. Ces conditions semi-arides influencent directement la végétation, qui est dominée par des herbes résistantes à la sécheresse et des arbustes épars, adaptés aux variations climatiques, comme les acacias. À l'est de la région de Benguela, les **prairies tropicales** s'étendent. Caractérisées par une végétation plus dense et un climat légèrement plus humide, ce changement progressif vers un climat plus clément soutient une plus grande diversité de plantes et une couverture végétale plus importante. Au nord-ouest, cette région est principalement caractérisée par un biome de **prairie tropicale** où la couverture végétale est également plus étendue, soutenue par un climat plus humide que celui de Mormolo.

Les variations climatiques saisonnières, avec une alternance entre des périodes humides et sèches dans les zones semi arides, influencent la préservation des pièces archéologiques et leur contexte stratigraphique, cela crée des transitions bioclimatiques abruptes, avec des impacts significatifs sur l'environnement local. Par exemple, les '**rios secos**', des lits de rivière asséchés, dépendent directement des précipitations sur le Plateau de l'Angola. Durant la saison des pluies, ces rivières peuvent temporairement se remplir, transportant des sédiments et du matériel archéologique vers des zones plus basses. Ce processus expose ainsi de nouveaux sites de surface à Mormolo chaque année, tout en recouvrant probablement d'autres.

2. Climats des zones arides et semi -arides

« Toutes les terres qui aujourd'hui, sont arides ont été recouvertes d'eau, de glace ou d'une végétation luxuriante à un moment quelconque de la longue et tumultueuse histoire de la Terre » (Page, 1990 ; p.50). La variabilité des conditions géologiques et climatiques contribue à la diversité des processus de formation des zones désertiques et semi-désertiques. Contrairement à l'idée reçue, *« un désert ne se réduit pas à d'immenses étendues couvertes de dunes »* (Page, 1990, p.23). Leur répartition mondiale, allant des régions polaires aux vastes déserts de sable du Sahara, illustre cette grande diversité.

Pour comprendre le climat spécifique du littoral de Benguela, nous devons considérer les facteurs climatiques locaux. Cette région, située sur la côte sud-ouest de l'Afrique est caractérisée par un climat semi-aride, influencé par le courant froid de Benguela qui limite les précipitations à environ 50 à 200 mm par an (Bailey, 1979 ; Climate-Data.org, 2023).

Cette faible pluviométrie, combinée à une forte évaporation (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), contribue à la formation d'un environnement aride et semi-aride, où les sols sont principalement secs et peu fertiles.

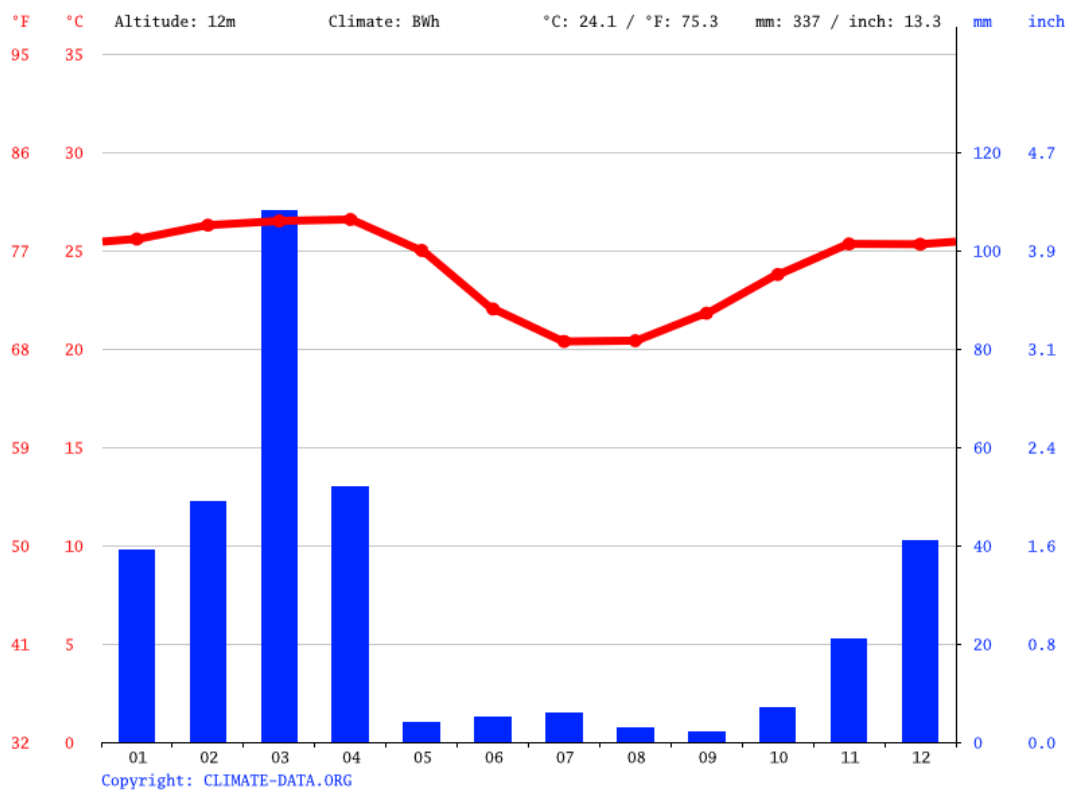


Figure 2 : Courbe de température en rouge et des précipitations sur l'année 2023 sur la ville de Benguela, Angola (Climate-Data.org, 2023.)



Figure 3 : Vue du site de Mormolo à gauche en août 2023 à droite en février 2024

a. Climat aride

Un milieu aride fait référence à une zone sèche, portant peu ou pas de végétaux, caractérisé par l’absence ou le niveau très faible de précipitations (inférieur à 500 mm par an) (Rey et al., 2023 ; Larousse, 2024 ; Page, 1990). Cela peut désigner alors des milieux

désertiques ou semi-désertiques, sous différentes latitudes, comme par exemple les déserts du Sahara, de Namib ou de Gobi similaire pour la sècheresse mais différents par leur latitude et conditions climatiques.

b. Climat semi-aride

Le climat semi-aride se caractérise par des précipitations annuelles modérées, généralement comprises entre 250 et 500 mm par an (Bailey, 1979 ; Reddy, 1983 ; Wickens, 1998 ; Kalma et Franks, 2003 ; Rajaud et Noblet-Ducoudré, 2017 ; Moreira et al., 2020). Cette augmentation des précipitations par rapport aux zones arides permet une meilleure irrigation des sols, favorisant l'installation d'une végétation plus diversifiée (Smet et Ward, 2005). Dans ces conditions, les prairies et les herbacées se développent, créant un environnement plus propice à l'agriculture et à l'élevage. Les sols, bien que souvent sujets à l'érosion, bénéficient de ces précipitations pour maintenir un niveau de fertilité plus important, soutenant ainsi une biodiversité plus riche.

3. Les processus érosifs dans les zones arides et semi-arides

« Trois types de facteurs participent à la formation des sites préhistoriques : les facteurs anthropiques, les facteurs biologiques et les facteurs géologiques. » (Texier, 2000, p1). Dans le contexte semi-aride de Mormolo, nous avons identifié les facteurs suivant comme pouvant potentiellement influencer les sites préhistoriques : le vent, l'eau et l'activité humaine.

a. Le vent

Source de ces processus : le vent dans la région de Benguela est influencé par l'upwelling de Benguela (Bordbar et al., 2023 ; Pufahl et al., 1998), Il résulte des vents alizés du sud-est qui soufflent parallèlement à la côte, chassant les eaux de surface plus chaudes vers le large et permettant ainsi aux eaux froides et riches en nutriments des profondeurs de remonter. Cela crée des écarts de température entre l'air chaud et l'air froid, ce qui engendre des **flux d'air** et génère des **vents dominants** (Sessa et al., 2013).

Effets de ces processus en géologie : la **déflation des sols** par le vent peut entraîner **l'érosion éolienne**, particulièrement sur les sédiments fins et les sols meubles, provoquant des tempêtes de sable, ce qui dégrade la surface du sol en enlevant les particules les plus fines. Le vent transporte ces particules érodées et les dépose dans des zones où ces sédiments ne se trouveraient pas normalement, modifiant ainsi le paysage géologique.

Effets de ces processus en archéologie : le vent peut exposer des sites archéologiques en **érodant les couches superficielles de sédiments** ou, à l'inverse, les recouvrir de nouvelles couches de sable ou de silts, compliquant leur détection, ce qui peut affecter la conservation des vestiges en les protégeant ou en les exposant à l'érosion et à d'autres éléments destructeurs. Les vents forts, associés à des tempêtes de sable, peuvent également éroder les surfaces des artefacts exposés, altérant leur état de conservation.

b. L'eau

Sources de ces processus : les processus marins, comme l'action des vagues et du ressac, en particulier le long des côtes, peuvent provoquer une érosion continue des falaises et des plages. Les processus alluviaux, **liés aux précipitations saisonnières**, peuvent entraîner un ruissellement intense, surtout lors des **pluies torrentielles**, qui érodent les sols et transportent des sédiments. Les processus météorologiques influencent la quantité d'eau disponible sur des échelles géologiques, modifiant les processus d'érosion et de dépôt (Gandema, 2023).

Effets de ces processus en géologie : l'**érosion côtière** par le ressac et les vagues peut causer des chutes de falaises, modifiant la géomorphologie côtière. **Le passage de l'eau**, sous forme de rivières, de ruisseaux ou de ruissellement, sculpte les paysages en formant des vallées, des gorges et d'autres formes de relief. Les cours d'eau transportent des sédiments sur de longues distances avant de les déposer dans des zones de basse énergie, telles que des plaines alluviales ou des deltas.

Effets de ces processus en archéologie : l'érosion par l'eau peut révéler des sites archéologiques en enlevant les couches de sédiment qui les recouvrent, mais **elle peut aussi les détruire en emportant les artefacts** ou en **modifiant leur position d'origine** sur de très longues distances. Les dépôts alluviaux peuvent recouvrir des sites archéologiques, créant de nouvelles couches stratigraphiques qui compliquent l'interprétation des vestiges. Les fortes pluies jouent aussi un rôle dans l'intégrité des sites pouvant par ruissellement transporter le matériel et modifier sa disposition d'origine.

c. L'activité humaine

Sources de ces processus : les activités humaines, telles que l'agriculture, la construction et l'exploitation minière, ont profondément modifié les paysages naturels, avec des impacts comme le piétinement et l'anthropisation des terres. Le piétinement se réfère à la pression exercée sur le sol par les passages répétés d'animaux ou de personnes, tandis que l'anthropisation englobe l'ensemble des modifications des écosystèmes naturels dues à l'activité humaine.

Effets de ces processus en géologie : les activités humaines peuvent provoquer des glissements de terrain, des coupes et des modifications de la topographie par la construction de routes, de bâtiments ou d'infrastructures. L'utilisation de produits chimiques et d'engrais dans l'agriculture modifie la composition chimique des sols, augmentant l'acidité et affectant la géologie locale.

Effets de ces processus en archéologie : les activités humaines telles que l'agriculture intensive ou l'extraction minière peuvent gravement endommager les sites archéologiques, principalement par l'érosion ou le déplacement des sols (Naranjo-Mayor et al., 2016 ; Raynal et al., 2023). Par exemple, l'acidification des sols, provoquée par l'utilisation d'engrais, accélère la dégradation des restes organiques, ce qui compromet la conservation des artefacts. De plus, la construction et autres interventions sur le terrain peuvent perturber les sites en modifiant leur stratigraphie, ce qui complique l'analyse des vestiges archéologiques. Ces réaménagements sédimentaires peuvent parfois entraîner une réexposition temporaire des sédiments, suivie d'un enfouissement par ces mêmes processus. Cela peut conduire à une réorganisation erronée de la stratigraphie, rendant l'interprétation de certains logs stratigraphiques plus complexe et incertaine.

d. Exemples d'impact sur le matériel

Il est souvent difficile de distinguer l'impact de chaque facteur sur les sites de surface et leur dé-enfouissement, mais **certaines caractéristiques spécifiques du matériel archéologique** peuvent offrir des indices précieux. Par exemple, un taux de fracturation élevé peut être attribué au piétinement par les troupeaux dans une région pastorale. L'émoussement des bords des pièces lithiques est souvent le résultat du transport par l'eau, qui perturbe également la disposition des artefacts. En revanche, la patine et les micro-traces abrasives sont généralement associées à l'exposition aux vents, qui marquent les surfaces des pièces à une échelle microscopique (Arnaud et Bordes, 2001). Ainsi, **chaque facteur** (qu'il s'agisse de l'eau, du vent ou du piétinement) **laisse des traces distinctives**,

permettant d'identifier les processus responsables des perturbations observées sur les sites de surface.

e. Scénarios possibles à Mormolo

A partir des données acquises via les différentes méthodes que nous appliquons (Voir les chapitres Matériel et Méthode), dont l'objectif est d'évaluer le degré de perturbation d'un site de surface mais aussi de comprendre les processus en cause. Nous proposons différents scénarios qui se classifient en **degrés de perturbation** (Figure 4) et en **type de processus**.

Les degrés de perturbation s'échelonnent de 0 à 4 :

- **Perturbation de degré 0** : ce niveau de perturbation correspond à un site où les pièces archéologiques sont restées pratiquement inchangées depuis leur dépôt initial. La disposition en clusters de la matière première n'a pas été modifiée ou déplacée par des événements naturels ou anthropiques, reflétant une situation quasi intacte. Pour représenter ce niveau de perturbation nous avons créé un site expérimental (Figure 10).
- **Perturbation de degré 1** : la perturbation de degré 1 est observée dans des sites qui sont en place dans la stratigraphie (voir Figure 4.a et 4.e). Les sites archéologiques en cours de fouille montrent un niveau d'occupation qui a été perturbé par des événements survenus avant (anthropiques), pendant (météorologiques), ou après (bioturbations) l'enfouissement des restes archéologiques, mais sans modification majeure de la disposition originale.
- **Perturbation de degré 2** : Ce degré de perturbation reflète un faible niveau de déplacement du matériel archéologique, qui reste majoritairement en bon état (voir Figure 4.g). Les perturbations subies ont peu altéré la disposition du site, qui demeure proche voire similaire à celle d'un site de degré 1. Les mouvements géologiques et météorologiques ont eu un impact limité, bien que des perturbations pédologiques comme la création d'un chemin par passage répété puissent être visibles.
- **Perturbation de degré 3** : La perturbation de degré 3 se caractérise par des déplacements notables des artefacts sur une courte période. Ce type de perturbation peut entraîner la formation d'un regroupement de pièces, appelé cluster, qui apparaît ordonné, c'est-à-dire orienté dans une même direction, mais sans que les objets soient triés par leur poids ou leur taille, comme cela se produirait dans un tri gravitaire. Cela

suggère un mouvement intense mais de courte durée, tel qu'un effondrement naturel soudain d'une partie du terrain (voir Figure 4.c).

- **Perturbation de degré 4** : ce degré de perturbation représente un fort déplacement des artefacts sur une période de durée moyenne à longue. Les artefacts sont répartis en plusieurs clusters, souvent alignés, et le site montre des signes clairs de perturbations répétées, telles que des rigoles d'écoulement ou des traces de passages anthropiques fréquents (voir Figure 4.d).

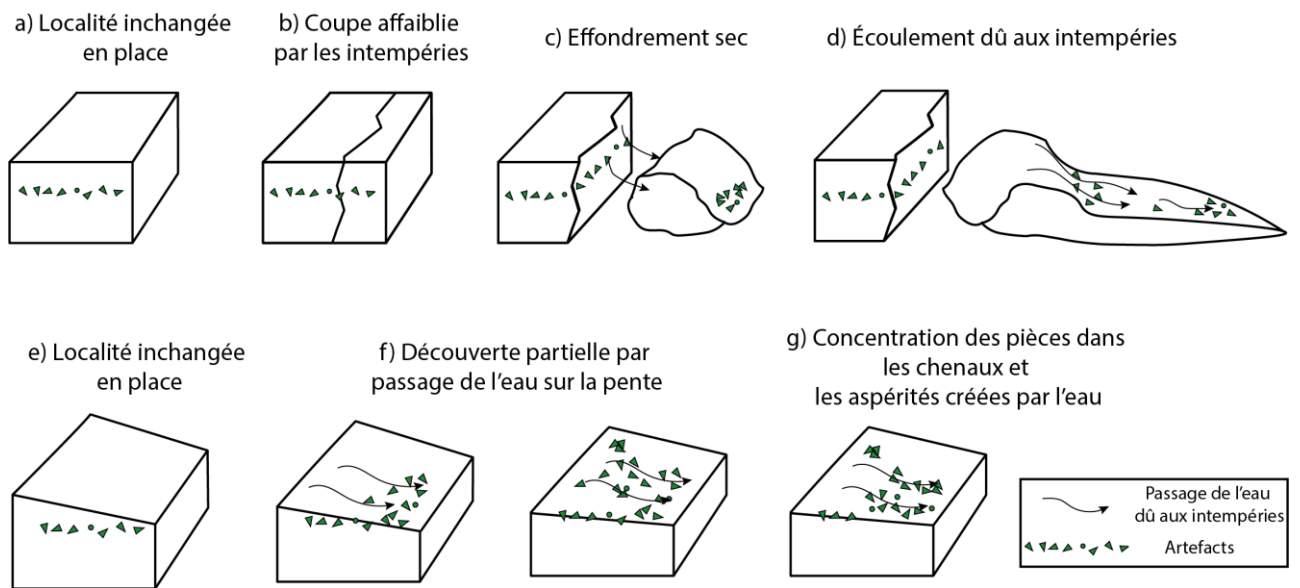


Figure 4 : Schéma récapitulatif des différentes étapes de perturbation des sites de surface avant leur découverte.

CHAPITRE II

LES ACCUMULATIONS DE SURFACE DANS LE CONTEXTE SEMI-ARIDE DE MORMOLO, PROVINCE DE BENGUELA, ANGOLA

1. Les vestiges de superficie : *in situ*, remaniés, perturbés ?

a. Définition et importance des « sites de surface »

Les sites de surface sont des zones dans lesquelles on retrouve des vestiges archéologiques en surface, accessibles sans qu'il soit nécessaire de mener une fouille pour les découvrir, mais plus ou moins en place. Leur découverte dépend des perturbations auxquelles ils sont confrontés. On peut les retrouver dans des contextes géologiques variés (tels que des plaines, des collines, des déserts, des forêts ou des rivières asséchées) et sous tous les climats (tropicaux, tempérés, arides, semi arides). Les sites de surface sont souvent considérés comme secondaires par rapport aux sites enfouis car ils sont limitants pour la chronologie absolue. Ils restent néanmoins des témoins des modes de vie passés et des éléments du patrimoine culturel et d'autres types d'analyses sont possibles.

Les découvertes de surface, dès les débuts de l'archéologie, ont servi de premiers indices pour localiser les sites, planifier les futures fouilles et déterminer les périodes chrono-culturelles (Brown, 1893 ; Lauby et Pagès-Alladry, 1903). Ces trouvailles attestent de l'occupation de populations dans des régions spécifiques et orientent les archéologues dans leurs stratégies de terrain, au même titre que les trouvailles faites dans des carrières ou des chantiers de construction. Néanmoins, ces découvertes de surface sont très vite considérées comme « *constituées par des pièces qui, n'ayant pas été recueillies en place, dans des couches archéologiques datées, ne sauraient être considérées comme des documents pouvant servir de bases à une étude* » (Lauby et Pagès-Alladry, 1903 ; 404). Si l'idée que les récoltes de surface sont peu exploitables en Préhistoire européenne, dans certaines régions du monde, les objets de surface (*in situ* ou épandages perturbés) représentent le principal matériel d'étude disponible et font l'objet de la majorité des publications ; c'est le cas par exemple pour l'*Earlier* et le *Middle Stone Age* du Sahara, presque uniquement documentés par des ensembles lithiques de surface (Biberson et al., 1961 ; Alimen et Zuate y Zuber, 1978 ; Arzarello et al., 2012). Pour cette raison, développer des approches qui permettent d'en extraire au maximum leur charge scientifique est fondamentale. En Afrique australe, le matériel de surface est si dense dans

les paysages, que les chercheurs sont conscients des différentes problématiques touchant ce genre de découvertes depuis le début du XX^{ème} siècle et tentent d'initier un processus de compréhension de la formation des sites. On peut lire : « *de tels éclats sont communs partout à la surface, et pourraient avoir été entraînés par la pluie dans les dépotoirs, qui sont situés sur une pente* » (Johnson, 1905) ou encore « *ils sont composés de schistes durcis, et certains montrent l'altération profonde caractéristique de ces pierres après une longue exposition aux éléments.* » (Hodkinson, 1926).

Cette approche, qui se concentre uniquement sur l'étude techno-typologique des pièces sans considérer leur disposition au sol ni le contexte global du site, a été, et est encore couramment utilisée aujourd'hui pour décrire et comprendre les cultures préhistoriques (Brown, 1893 ; Lavondès, 1966 ; Bachellerie et al., 2007 ; Marks, 2015).

Bien que les sites de surface ne permettent généralement pas une datation absolue ni une stratigraphie contrôlée, ils ne doivent pas être négligés pour autant. Ces sites peuvent, dans certains cas, refléter des occupations chronologiquement fines, surtout s'ils ne sont pas multi-périodes ou si les altérations et érosions sont limitées et récentes. Cependant, les processus d'érosion et de re-sédimentation, comme ceux qui créent des palimpsestes (Jennings, 1983 ; Spagnolo et al., 2024 ; Merino-Pelaz et al., 2024), peuvent entraîner le mélange de différentes phases d'occupation en un seul ensemble sédimentaire et cela peut aboutir à une définition biaisée des ensembles préhistoriques (comportements techniques et de subsistances, cortèges fauniques, etc.). La prise de conscience de l'importance des sites de surface a conduit à un intérêt croissant pour leur étude, tant en Europe depuis le début des années 2000 (Arnaud et Bordes, 2001 ; Bertran et Lenoble, 2002 ; Bertran et al., 2017 ; Reidsma et al., 2021), qu'en Afrique (Elfiky et Elfadaly, 2024), en Amérique (Douglass et al., 2023 ; Ugalde et al., 2015) et en Asie (Sitzia et al., 2014). La littérature sur ces problématiques s'est enrichie, mais ces études restent encore trop peu nombreuses.

Les sites de surface offrent des avantages uniques. Ils permettent d'étudier de vastes, voire très vastes, étendues, ce qui est souvent impossible lors de fouilles en profondeur. De plus, ils offrent aux préhistoriens une expérience visuelle et réflexive directe du paysage, enrichissant ainsi la compréhension du contexte archéologique global et permettant donc le développement d'une '*landscape archaeology*' en Préhistoire (Denham, 2020 ; Hallinan, 2021).

b. Définition de « atelier de taille » et leur importance

En archéologie, un atelier de taille paléolithique est défini comme un site où l'on trouve des preuves tangibles d'activités de taille de la pierre, spécifiquement orientées vers la production d'outils en lien avec les activités de subsistance. Ce type de site est identifié principalement par la présence de traces évidentes de production lithique, telles que des éclats, des nucléus, et parfois des outils en cours de fabrication mais avant tout les débris de taille.

Ces sites offrent des renseignements précieux sur les matières premières employées (sélection, territoire) mais aussi sur les techniques de taille (gestes techniques, chaînes opératoire, savoir-faire). Contrairement à d'autres types de sites, tels que ceux dédiés à la boucherie, à l'inhumation ou à l'habitat, ces sites se distinguent par une accumulation dense d'éléments de la chaîne opératoire lithique, bien que les outils finis puissent parfois être exportés ou abandonnés sur place.

Les ateliers de taille offrent des aperçus précieux sur les pratiques technologiques et économiques des sociétés anciennes. Ils jouent un rôle dans la compréhension des compétences techniques et des innovations culturelles des populations du passé.

Leur importance réside dans leur capacité à reconstituer au plus près les méthodes de fabrication des outils et les choix de matières premières (débitage et façonnage) et sont en général propice aux remontages physiques et à l'analyse spatiale.

2. **L'exemple de localités de surface de Mormolo, Province de Benguela, Angola**

a. Présentation du site

Mormolo est une terrasse marine au sud de Benguela perchée à +100m d'altitude et d'une superficie de 17 000 m². Il comporte plusieurs localités préhistoriques de l'*Earlier Stone Age* (ESA). Il témoigne d'occupations humaines pléistocènes, avec une accumulation de matériel lithique en quartz et en roche volcanique procuré localement par les préhistoriques dans les gisements de galets marins déposés au Plio-pléistocène voire au Miocène (Mesfin, Lotter et al., 2021).

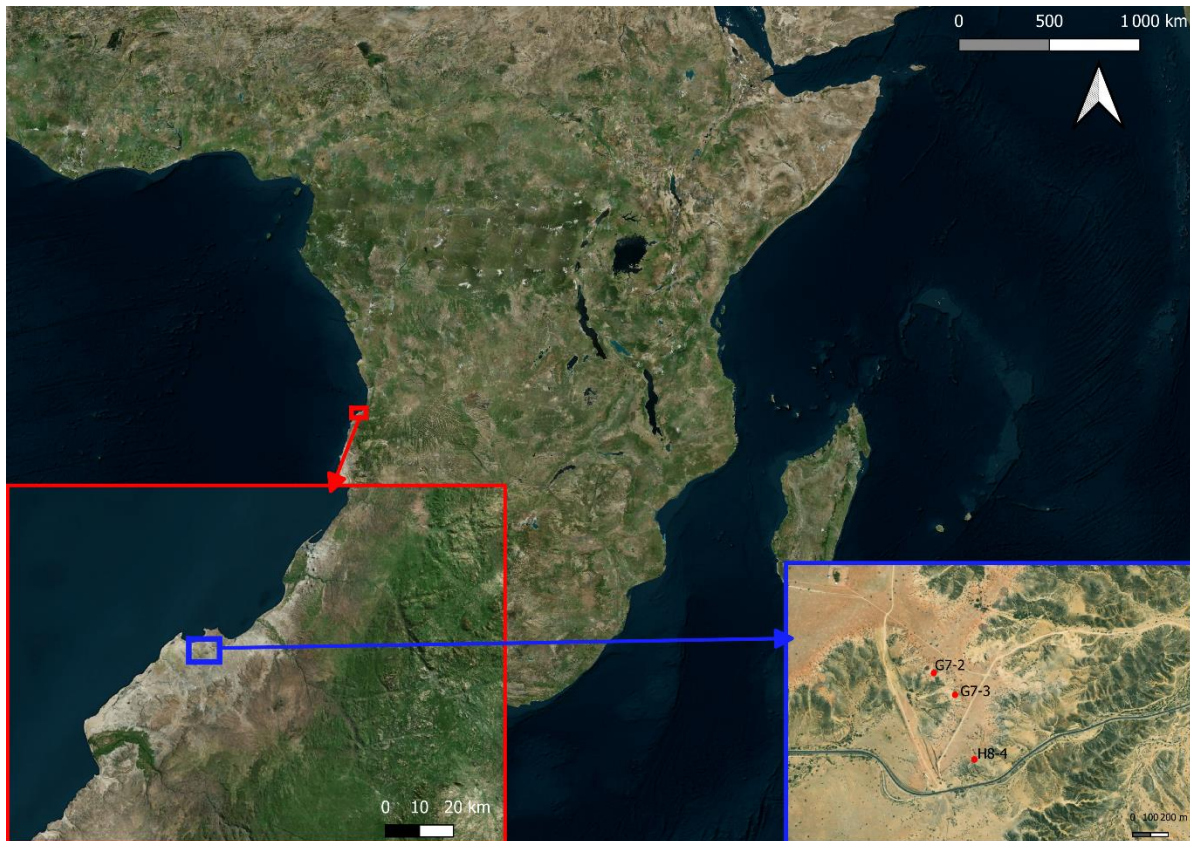


Figure 5 : Carte satellite (Bing, 2024) du littoral de Benguela, Angola, avec la localisation du site de Mormolo et des localités de G7-2 et G7-3 et H8-4 .

b. Contexte géographique de Mormolo

Sur le plan environnemental, le littoral d'Afrique subsaharienne atlantique a vu ses environnements changer particulièrement sous l'influence des courants marins, plus ou moins puissants selon les stades isotopiques. Par exemple, la malacofaune révèle des faunes d'eaux plus chaudes (*'Senegalese fauna'*) jusqu'à l'actuelle province de Namib durant le Pléistocène moyen alors qu'aujourd'hui, le courant froid de Benguela (Bordbar et al., 2023) est particulièrement influant sur les conditions environnementales et climatiques (Sessa et al., 2013).

En parallèle, l'*African uplift* (Pedoja et al., 2011) est un autre processus géologique majeur affectant cette région. Associé à la divergence des plaques tectoniques africaines et à leur interaction avec les plaques atlantiques océaniques, ce phénomène entraîne un soulèvement progressif de la plaque africaine (Guiraud et al., 2010 ; Pedoja et al., 2011 ; Walker et al., 2016).

L'Angola, est affecté par ce soulèvement rapide de la plaque africaine qui couplée avec les mouvements eustatiques crée un soulèvement a hauteur.de 1,4 mm par ans dans la

région de Benguela(Walker et al., 2016). Ce phénomène a conduit à l'élévation des plages de la province de Benguela à plus 100 mètres au-dessus du niveau actuel de l'océan pour l'ensemble du Pléistocène inférieur et moyen.

c. Contexte chrono-stratigraphique de la terrasse de +100 m de Mormolo

Les localités G7-2 (latitude : 12.640278°S, longitude :13.249444°E) et G7-3 (latitude : 12.6420154°S, longitude : 13.251341°E) (Figure 5), sur lesquelles notre étude est centrée, se situent à la base des sables rouges pléistocènes. Cependant, leur définition précise par rapport au niveau de repère (Figure 6 2a,2b) estimé à 614,15-662,05ka, basé sur des corrélations chrono-stratigraphiques avec les datations cosmonucléides de Dungo IV (Mesfin Benjamim et al., 2023 ; Lebatard et al., 2019) n'a pas encore été clairement établie. Bien que ces corrélations suggèrent une période approximative, il reste nécessaire de déterminer avec plus de précision comment ces sites se rapportent exactement à ce cadre chronologique.

Au sein du site de Mormolo, la localité G7-3 se trouve entre les localités H8-4 et H8-3, où des vestiges archéologiques *in situ* ont été découverts et dont la position à la base des sables rouges n'est pas clairement établie (Mesfin Hanon et al., 2023).

Ainsi, les séquences stratigraphiques de Mormolo s'organisent en trois ensembles distincts : un ensemble datant du Miocène ou plus ancien, un second ensemble non daté mais compris entre le Pliocène et le Pléistocène moyen, composé de trois ensembles distincts (conglomérat marin, grès de plage et niveau de galets), et un troisième ensemble terrestre correspondant aux sables rouges, dont l'âge minimum n'a pas encore été évalué et l'âge maximum compris entre 614,15ka et 662,05ka 'before burial' (Lebatard et al., 2019)- C'est la base de ces sables rouges qui contient le(s) niveau(x) archéologique(s) le(s) plus dense(s) en matériel lithique. Il semblerait que l'ensemble du matériel de surface qui abonde sur la terrasse de Mormolo proviennent initialement des occupations recouvertes par les sables rouges.

La stratigraphie de cette zone est encore en cours d'étude, les données de la Figure 7 correspondent aux dernières conclusions quant au montage de la stratigraphie de Mormolo.

- ① Niveau superficiel remanié comportant des fragments de conglomérat, *Ostrea* sp. et lithiques dans des sables meubles à encroûtement (altération) noire.
- ②a Niveau de sables fins rouges/oranges clairs et compacts à gravillons millimétriques. On observe une densité de gravillon plus importante à la base du dépôt de manière graduelle rendant difficile la distinction 2a / 2b. Cet ensemble comporte un seul niveau archéologique in situ à ce jour qui comportent des perturbations verticales (initialement enregistrées comme Niv.1 et Niv.2).
- ②b
- ②c Il s'agit du Niveau 2b qui semble concrétionné avec une matrice légèrement plus claire qui pourrait renvoyer à des carbonate. Le matériel lithique est absent.
- ②d Il s'agit d'un dépôt de sable bleige entre les sables rouges et le niveau de galets/grès de Sombreiro qui n'est pas continu sur la terrasse et qui préserve notamment les vestiges osseux et malacologiques. Cet ensemble a été identifié à H8-3 et éventuellement G6-1 et divisé en plusieurs niveaux. Pourrait correspondre au sable blanc discontinue observée par Pinto.
- ③ Base gréseuse homogène à grain fin à grossier stérile avec beaucoup d'aspérités. Connu dans la littérature comme Grès de Sombreiro mais dont la position stratigraphique en 2023 n'est toujours pas bien établie.
- ④ Niveau de galets de taille centimétrique à décimétrique dans une matrice sableuse blanche concrétionnée. Niveau non continu. Répartition non homogène des clastes (sous formes de concentration de galets). Malacofaune dans le ciment, dents de requin et spicules d'oursin.
- ⑤ Sédiments meubles blancs à gris clairs stériles contenant des concrétions centimétriques et un gravillon millimétrique dont la profondeur est encore inconnue.
- ⑥ «Niveau ferrugineux 1» avec délitage d'objets non identifiables dans une gaine ferrugineuse (fossiles?) dans une matrice silteuse blanche jaunâtre.
- ⑦ Siltite blanche à gris clair verdâtre en cours d'altération avec délitage de la siltite en petits nodule centimétriques à décimétriques.
- ⑧ Silts et sables fins très meubles concrétionnés en boules centimétriques de couleur jaune à beige avec marbrures variant du beige, blanc au gris.
- ⑨ Siltite (ou argilite?) grise claire à blanche indurée qui se délite en blocs centimétriques avec des tâches ferrugineuses marrons à oranges vif.
- ⑩ Silts jaunes orangés très homogènes et compacts contenant des restes dentaires de sélaquimorphes et de cétacés et poissons. Ce niveau pourrait éventuellement contenir des niveaux de blocs roulés.
- ⑪ Silts gris clairs et bleutés très fins, meubles et homogènes. Stériles à ce jour.
- ⑫ «Niveau ferrugineux» qui se délite horizontalement en plaquettes milli- à centimétriques dans une matrice de silts jaunes orangés. Il contient des coraux fossils et des restes de cétacés.
- ⑬ Ensemble de siltites indurées (ou roche métamorphisée?) en cours d'altération. Sédiment gris clair à blanc avec des marbrures orange à jaune. De plus en plus dense vers la base de cet ensemble. Se délite en plaquettes et mottes.

Figure 6 : Légende et description des unités stratigraphiques définies dans la Figure 7 (Mesfin Hanon et al., 2023)

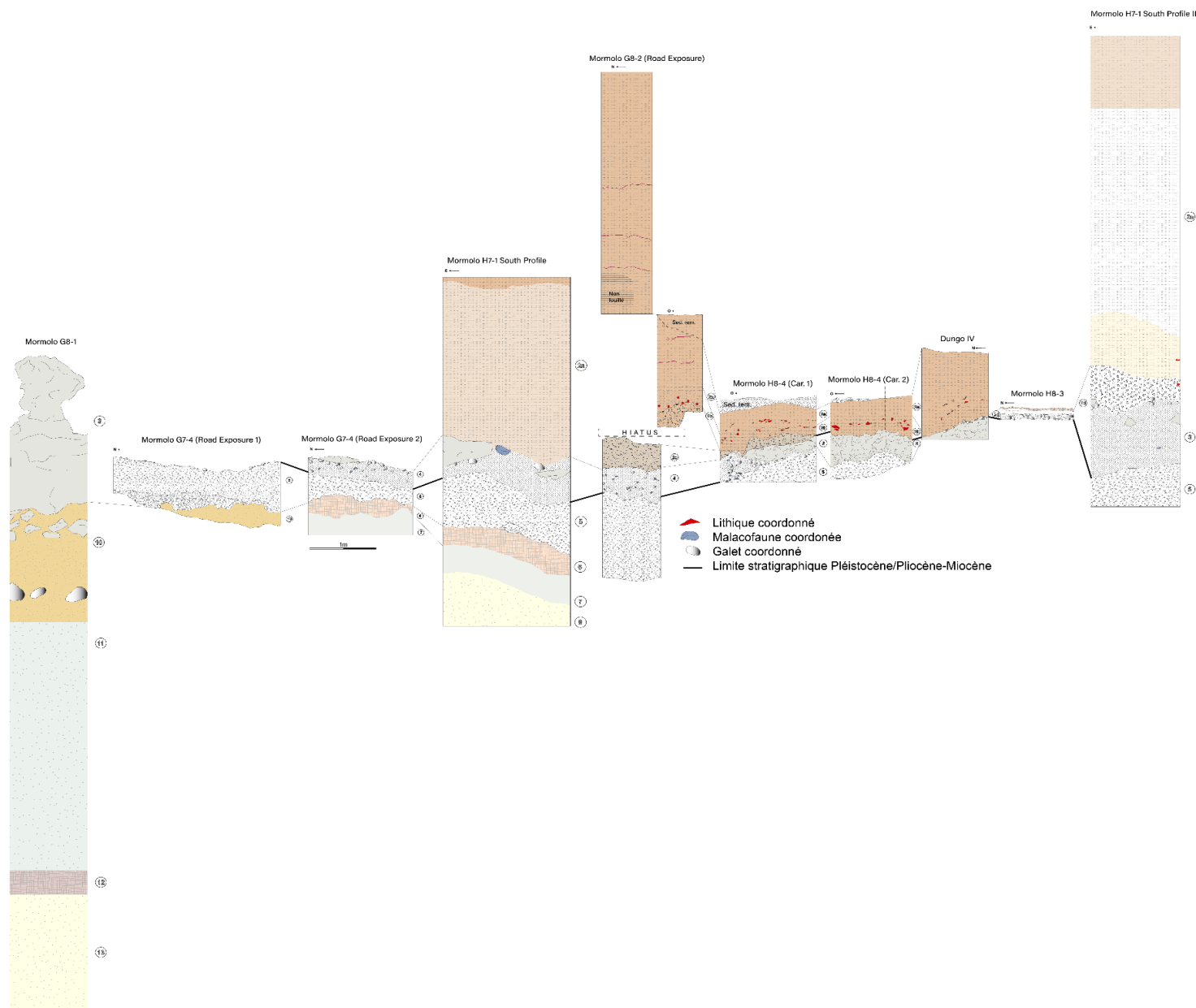


Figure 7 : Corrélations stratigraphiques des différentes localités de Mormolo et Dungo (données non publiées) (Mesfin Hanon et al., 2023)

3. Les « atelier de taille » de surface Mormolo : réalité ou illusion d'optique ?

A Mormolo, plusieurs localités de surface présentent des accumulations particulièrement denses de déchets de taille de la pierre (débris, nucléus, éclats etc.), formant le plus souvent des épandages concentriques généralement considérés – peut-être par abus de langage – comme des « ateliers de taille » (Mesfin, Hanon et al., 2023).

Néanmoins, rien ne valide cette hypothèse et nous savons désormais que les processus de perturbation des sites *Stone Age* de plein air sont particulièrement importants. Notre objectif est donc d'utiliser ces localités de surface de Mormolo pour mieux comprendre ces dits « ateliers de taille » préhistoriques très fréquents dans les milieux arides et semi-arides (Leader et al., 2023 ; Hallinan, 2022 ; Wengler, 1986 ; Ugalde et al., 2015). Une étude plus méticuleuse de ces épandages, tant sur le terrain qu'en laboratoire peut-il permettre de valider cette hypothèse ?

4. Problématique & objectifs du memoire

Notre travail de recherche présente un double objectif :

- **Objectif 1.** L'étude des localités G7-3.1, G7-3.2 et G7-2 de Mormolo s'inscrit dans une démarche d'enrichissement des données concernant les sites de Benguela et les modes **d'implantation des hominines anciens dans les paysages côtiers**. L'examen des sites de surface de Mormolo offre l'opportunité d'approfondir notre compréhension des processus post-dépositionnels qui influencent la distribution des artefacts mais également d'enrichir les corpus du projet de recherche de Mormolo en contextualisant le matériel de surface et à terme mieux documenter les différents types d'implantation humaine dans le paysage littoral de Benguela au Pléistocène moyen.
- **Objectif 2.** Parallèlement, nous cherchons à développer une approche taphonomique des sites archéologiques en combinant des données spatiales, techno-typologiques et sédimentologiques provenant de trois localités de surface de l'*Earlier Stone Age* (ESA) à Mormolo (G7-2, G7-3.1 et G7-3.2). Cette méthodologie intègre à la fois des **activités de terrain** et des **analyses en laboratoire**, et aspire à proposer une approche reproductible applicable à d'autres sites de surface situés dans des environnements arides à semi-arides.

Notre problématique de recherche est donc la suivante :

Les sites de surface de Mormolo sont-ils des ateliers de taille *in situ* exploitables pour le développement d'une archéologie du paysage du littoral de la province de Benguela au cours du Pléistocène moyen ?

Pour y répondre, nous proposons les questions de recherche suivante :

- **Quelle sont les différents types de perturbations affectant les sites de surface de Mormolo ?**

Les sites de surface sont souvent soumis à diverses perturbations naturelles et anthropiques qui peuvent altérer la répartition originale des artefacts comme l'érosion, la bioturbation, les activités agricoles, et le piétinement animal ou humain. Identifier et comprendre ces processus souhaite interpréter correctement les contextes stratigraphiques des assemblages lithiques de Mormolo.

- **Est-il possible de replacer un site de surface dans un contexte chrono-culturel plus précis et dans le contexte stratigraphique de la terrasse marine de Mormolo ?**

La combinaison des datations relatives, des datations absolues, de l'analyse stratigraphique et de l'étude de la taphonomie des sites de surface, permet de situer les sites dans une chronologie plus précise et d'en évaluer l'intégrité.

- **Les accumulations lithiques de surface de Mormolo sont-elles des ateliers de taille ou des types de perturbation et d'accumulation secondaires de matériel archéologique ?**

La distinction entre un atelier de taille et une accumulation secondaire de matériel est fondamentale pour déterminer dans quelle mesure il peut être utilisé pour reconstruire et définir les technocultures passées. Les critères de diagnostic incluent la typologie des artefacts, la distribution spatiale, et les caractéristiques des débris de taille. La combinaison des données spatiales, des données technologiques et taphonomiques sur le lithique, peut révéler la nature des accumulations et leur signification archéologique.

CHAPITRE III

MATERIEL

Cette section décrit le matériel lithique archéologique et expérimental utilisé pour ce mémoire ainsi que l'équipement.

1. Collection lithique

a. Provenance de la collection

La collection comprend 1746 pièces, réparties en différents groupes :

- G7-2, correspondant à la première localité relevée durant la troisième mission de fouille de la Mission Préhistorique Franco-Anglaise en 2022, elle comprend 347 pièces, relevées sur 70m² (Figure 8).
- G7-3.1, correspondant à la seconde localité relevée et contenant 696 pièces, relevées sur 90 m² (Figure 8).
- G7-3.2, correspondant à la troisième localité relevée et comprenant 703 pièces, relevées sur 350m², enregistrées lors de la quatrième mission de fouilles de la Mission Préhistorique Franco-Anglaise en 2023 (Figure 8).

Les numéros d'inventaire associés sont G7-3 et G7-2. Cette collection est conservée au MNAB. Nous avons eu l'occasion de participer au relevé et au recensement des pièces au cours de cette campagne. Les pièces sont stockées dans des boîtes, classées par centaines, et rangées dans des sacs pour faciliter le tri et la recherche des éléments spécifiques.

b. Composition de la collection

Type	Effectif	Pourcentage
Chopper	9	0,57%
Chopping-tool	8	0,46%
Eclat simple	1188	68,00%
Eclat retouché	3	0,17%
Fragment	302	17,29%
Galet	78	4,46%
Géofact	42	2,40%
Indéterminé	5	0,28%
Nucléus	96	5,50%
Percuteur	15	0,86%
Total	1746	100,00%

Tableau 1 : Tableau présentant l'effectif total de la collection provenant du secteur G7 du site de Mormolo

Type	Effectif	Pourcentage
Chopper	2	0,29%
Géofact	5	0,72%
Eclat simple	526	75,57%
Nucléus	30	4,31%
Percuteur	1	0,14%
Fragment	118	16,95%
Galet	14	2,01%
Total	696	100,00%

Tableau 2 : Effectifs lithiques de la localité G7-3.1 par type

Type	Effectif	Pourcentage
Chopper	5	0,71%
Chopping-tool	7	1,00%
Géofact	35	4,98%
Eclat retouché	2	0,28%
Indéterminé	5	0,71%
Eclat simple	398	56,61%
Nucléus	53	7,54%
Percuteur	13	1,85%
Fragment	122	17,35%
Galet	63	8,96%
Total	703	100,00%

Tableau 3 : Effectif s lithiques de la localité G7-3.2 par type

Type	Effectif	Pourcentage
Chopper	3	0,86%
Chopping-tool	1	0,29%
Eclat	259	75,79%
Fragment	66	17,87%
Galet	1	0,29%
Géofact	2	0,58%
Nucléus	13	3,75%
Percuteur	1	0,29%
Eclat retouché	1	0,29%
Total général	347	100,00%

Tableau 4 : Effectif s lithiques de la localité G7-2 par type

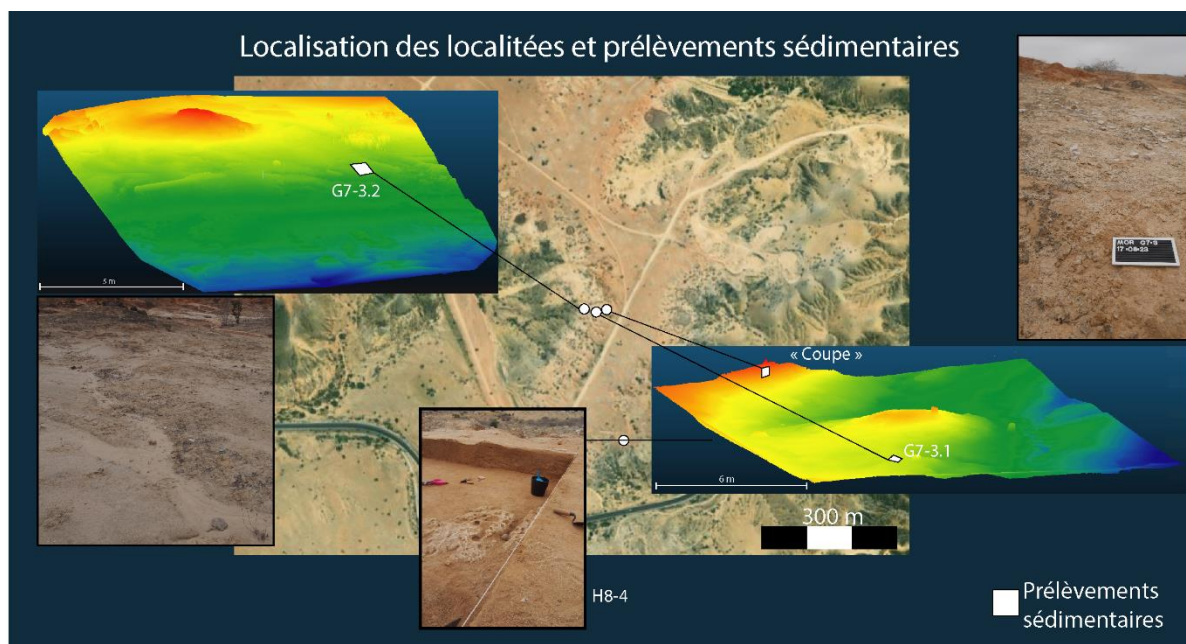


Figure 8 : Carte de Baia Farta (Bing, 2024) avec les localisations des prélèvements effectués pour l'analyse sédimentaire illustrée par des reproduction 3D des sites

2. Materiel sedimentaire

a. Provenance

Les prélèvements de sédiments ont été réalisés sur les localités G7-3.1 et G7-3.2, directement à la surface de ces sites archéologiques. Un prélèvement supplémentaire a été effectué dans une coupe naturelle adjacente à la localité G7-3.1, permettant ainsi de comparer les sédiments superficiels avec ceux issus d'un contexte stratigraphique légèrement différent. De manière similaire, pour la localité H8-4, les prélèvements ont été réalisés à proximité immédiate, offrant une vue d'ensemble sur les variations sédimentaires au sein de la région.

b. Prélèvements

Chaque prélèvement a été effectué de manière à recueillir environ 300 grammes de sédiments. Ces échantillons ont ensuite été conditionnés dans des sacs plastiques hermétiques, sur lesquels le nom de la localité d'origine a été clairement indiqué. Une étiquette interne, comportant également le nom de la localité, a été insérée dans chaque sac pour garantir une identification correcte même en cas de dégradation ou de perte de l'étiquette externe.

3. **Creation d'un site expérimental**

Pour établir une référence sur un site non perturbé pour nos analyses, nous avons mis en place un atelier de taille expérimental. Cette station expérimentale se situe en contrebas de H8-4 dans une carrière artisanale (Figure 9).



Figure 9 : Découpage en secteur des terrasses de Mormolo avec zone d'expérimentation (carré rouge)

Cette approche expérimentale vise à surveiller les perturbations du vent, de l'eau et de l'activité biologique sur une période s'étalant de février à août 2024 (7 mois). L'objectif est d'observer les perturbations possibles à la création du site et durant son enfouissement dans un contexte semi-aride littoral. Ces données récentes serviront de référence pour comparer la variabilité des événements ayant affecté les sites de surface de Mormolo et contribueront ainsi à une meilleure compréhension des influences environnementales sur ces sites archéologiques.

Activités :

- Taille de pierre
- Prise de photo
- Mise en place d'une couche de sédiment de 4 cm d'épaisseur pour ne pas polluer les sites environnants sur 20m².



Figure 10 : vue du site expérimental après sa création

Les tableaux présentant la matière première utilisée pour l'expérimentation se trouvent en Annexe 1 et Annexe 2.

Un total de onze blocs de matières premières ont été débité par un expérimentateur en suivant les schémas opératoires majoritaires observé sur les sites environnants (SOD, SOG) (Mesfin, Benjamim et al., 2023).

CHAPITRE IV

METHODES

« Tous les sites archéologiques, et notamment paléolithiques, ont subi à des degrés divers, des transformations par les processus naturels après leur abandon par l'Homme » (Bertran et al., 2017, p1). L'étude de la perturbation des sites souhaite répondre à la question suivante : dans quelle mesure et comment les vestiges archéologiques ont été déplacés entre l'abandon du site et sa découverte, qu'il s'agisse de facteurs naturels tels que l'eau, le vent, le soleil, l'abrasion, la corrosion, ou d'interventions humaines ou animales, et comment comprendre les conséquences de ces perturbations ?

Nous cherchons ici à définir le degré et le type de perturbation d'un site archéologique et quels sont les caractères entrant en jeu dans la perturbation des restes archéologiques ; il s'agit donc d'une étude dite « taphonomique » des sites (Bertran et al., 2017). Plus spécifiquement, nous nous intéressons aux localités de Mormolo G7-3.1, G7-3.2 et G7-2 pour mieux documenter les « ateliers de taille » généralement découverts en surface des milieux arides et semi-arides mais rarement étudiés (Sitzia et al., 2014 ; Ugalde et al., 2015 ; Mesfin, 2018).

En combinant l'analyse des pièces retrouvées sur le site avec les observations des perturbations et en les comparant aux données existantes pour les sites de Dungo IV et de Mormolo H8-4 tous deux également situés à base des sables rouges, il est possible d'obtenir des informations supplémentaires sur le type de fabrication, la technologie dominante et le type de perturbations du site. Cette démarche permet également de replacer les sites étudiés dans leur contexte chrono-stratigraphique et culturel, offrant ainsi une meilleure compréhension de leur histoire et de leur évolution.

La méthode présentée combine techno-typologie, sédimentologie et relevé de terrain. Les données sont traitées tant sur le plan qualitatif que quantitatif.

1. Collecte de données de terrain

a. Récolte du matériel lithique

G7-3

L'enregistrement des localités G7-3.1 et G7-3.2 s'est déroulé en deux étapes, adaptées aux caractéristiques des sites et au temps disponible.

Relevé des pièces au tachéomètre Géomax Zoom 10 :

- Les pièces de plus de 2 cm ont été collectées et enregistrées à l'aide du tachéomètre Géomax Zoom 10.
- L'orientation, l'inclinaison et le type de chaque pièce (par exemple, orientation : nord-est, inclinaison : oblique vers le nord, type : nucléus) ont été relevés et enregistrés manuellement. (Annexe 6)

Carroyage et collecte de la fraction fine :

- Un carroyage a été mis en place sur chaque localité, permettant de relever toutes les pièces en surface, sans critère de taille spécifique.
- Trois prélèvements d'une superficie de 1 m² ont été effectués sur chaque site, avec un tamisage des sédiments à l'aide d'un tamis de 3 mm pour analyser la fraction fine.

Ces étapes ont permis d'étudier la granulométrie du matériel lithique et de comprendre la répartition spatiale des artefacts, offrant ainsi une meilleure compréhension de l'évolution du site. Au total, 1 399 pièces ont été prélevées lors de la campagne de 2023.

G7-2

Les prélèvements des 348 pièces sur la localité de G7-2 ont été effectués en trois étapes distinctes durant la campagne 2022 :

- Carroyage et collecte de la fraction fine, un carroyage a été déployé sur 70 m² pour collecter un ensemble de pièces associées à la fraction fine, inférieure à 2 cm de long.
- Relevé spatial des pièces, le site a été subdivisé selon un carroyage, puis dans chaque zone délimitée, toutes les pièces en surface ont été relevées. Les coordonnées en X et Y ont été enregistrées manuellement, ainsi que l'orientation, l'inclinaison et le type lithique de chaque pièce, sans critère de taille particulier.

Les deux étapes précédentes permettent d'analyser la granulométrie du matériel lithique retrouvé en surface.

b. Conditionnement du matériel lithique

Suite à la récolte, nous avons d'abord lavé les pièces à l'eau, puis les avons marquées et conditionnées dans des sachets individuels. Chaque pièce est accompagnée d'une étiquette correspondant à son numéro de relevé. Pour faciliter la recherche et l'étude de ce matériel, nous avons organisé un rangement par site et par numéro. Les pièces sont ainsi classées dans des boîtes, chaque boîte correspondant à une localité, et regroupées par sachets de 100 pièces. Cette organisation permet une recherche et une analyse optimisées des pièces

et facilite la vérification en cas de perte. Après analyse, les pièces suivant les caractères des schémas opératoires (Tableau 5) ou présentant un plus grand intérêt ont été mises à part. Elles ont été classées de manière légèrement différente à celles décrites précédemment, c'est-à-dire par site et par typologie, afin de faciliter leur accès pour d'éventuelles nouvelles analyses ultérieures.

2. Methode d'analyse du materiel lithique

L'analyse du matériel lithique des trois localités de la zone G7 se concentre sur les approches typologique, technologique et taphonomique. Cela permet de mettre en évidence des similitudes typo-technologiques entre les différentes localités et d'analyser l'aspect taphonomique des pièces, comme la présence de patine ou de cassures, dues aux événements qui ont perturbés les sites.

a. Données taphonomique

Nous avons enregistré les attributs qualitatifs suivants :

- Le **poli taphonomique** poli rendant la surface de la pièce plus opaque, ce qui a pour effet de diffuser la lumière.
- La **patine** est un revêtement de surface qui se forme naturellement sur les matériaux exposés à l'environnement pendant une longue période.
- La **corrosion** est un processus chimique provoquant la détérioration des matériaux
- La **concrétion** est une accumulation de minéraux formant une masse solide (dans notre cas, accrochée à la surface d'une roche)
- L'**infiltration de minéraux** traduit la présence de minéraux infiltrés dans les fissures présentes dans la roche.

b. Données techno-typologiques

Les attributs précisés ci-après sont quantitatifs.

Les mesures des pièces sont faites selon l'axe morphologique (Inizan (dir.), 1995) et l'axe de débitage, aussi appelé axe technologique (Inizan (dir.), 1995).

L'épaisseur est relevée au niveau de la partie de l'éclat la plus épaisse. La largeur maximale est relevée en prenant de chaque côté de la pièce les deux points les plus éloignés perpendiculairement l'axe technologique.

Les mesures d'angle de chasse et d'angle d'éclatements sont relevés selon (Inizan (dir.), 1995)

Pour les pièces ne possédant pas d'axe de débitage comme les nucléus ou les galets taillés nous avons suivi la prise de mesure classique de longueur largeur épaisseur avec la longueur représentant la valeur la plus grande et l'épaisseur la plus petite.

Les attributs précisés ci-après sont qualitatifs.

Les caractères de schémas opératoires identifiés se basent sur la classification technotypologique du site voisin contemporain ou sub-contemporain de Dungo IV proposée par Mesfin (2018). L'auteur décrit les industries anciennes du cordon littoral d'Afrique australe selon des schémas opératoires de débitage et de façonnage. Nous nous appuyons aussi sur les différentes définitions (Leakey, 1970 ; Debénath et Dibble, 2015 ; Biagi, 2019) pour nommer les artefact qui ne sont pas définis dans la dénomination de Mesfin (2021).

Schéma Opérateur (SO)	Définition
SOD 1	Nucleus rectangulaire avec éclat d'entame et exploitation d'une surface naturelle pour la production d'éclat
SOD 2	Nucléus ovalaire avec surface d'exploitation corticale pour production d'éclat
SOD 3	Nucleus discoïdal avec exploitation des deux surfaces alternantes
SOD 4	Nucleus avec débitage préférentiel via une/des surface(s) préparée(s) à cet effet
SOD INDIF	Nucleus à SOD mixtes
SOF 1	Façonnage bifacial complet de la pièce
SOF 2	Façonnage partiel de la pièce
SOF 3	Production d'une surface plane (par split) puis aménagement latéral bidirectionnel
SOF 4	Façonnage multidirectionnel
SOG 1	Type chopper une séquence d'aménagement
SOG 2	Type chopper plusieurs séquences d'aménagement
SOG 3	Chopping-tool avec une séquence d'aménagement du tranchant
SOG 4	Chopping-tool avec plusieurs séquences d'aménagement du tranchant
SOG 5	Modification de l'extrémité distale d'un galet par conception trifaciale
SOG 6	Modification de l'extrémité distale d'un galet résultant à la création d'une surface plane distale, perpendiculaire à l'axe longitudinal du galet

Tableau 5 : définition des schémas opératoires selon Mesfin (2018).

c. Remontages

La procédure de remontage des pièces archéologiques consiste en une série d'opérations visant à réassembler des éléments fragmentés en préservant l'intégrité de l'information archéologique. Conformément à la méthodologie exposée par Inizan et al. (1995), le remontage implique l'identification et la mise en correspondance des faces positives et négatives de chaque fragment, suivies de leur rapprochement et adaptation, avec une attention particulière portée à leur complémentarité. Au vu du peu d'informations disponibles dans la littérature pour le remontage de matériel lithique en quartz, nous proposons ici une méthodologie adaptée aux collections sur lesquelles nous avons travaillé.

d. Méthode de remontage

Regroupement des pièces

- Par matière première
- Par taille
- Par typologie
- Par critère cortical/non cortical

Attribution des pièces aux remonteurs

- Chaque remonteur reçoit un jeton représentant la pièce retirée de son emplacement.
- Le jeton indique aux autres remonteurs que la pièce est en cours de recherche, préservant ainsi son emplacement d'origine.

Première session de remontage (exemple de G7-3.1)

- 7 raccords et 3 remontages avant de saturer.
- Pour optimiser le processus, les pièces non corticales ont été exclues.
- Nouveau tri basé sur le type de cortex et la connaissance des matières premières.

Réduction du corpus et ajustement de la méthode

- Le quartz pose des défis particuliers en raison de ses fractures naturelles, rendant le remontage complexe.
- La difficulté de distinguer les fractures naturelles des fractures anthropiques a mené à l'exclusion des éclats non corticaux du processus.
- L'analyse a également cherché à différencier les fractures post-dépositionnelles des fractures d'origine anthropique.

Amélioration visible (exemple de G7-3.1)

- Après ajustement de la méthode : 10 raccords et 3 remontages.
- Importance de l'adaptation des techniques de remontage, notamment pour des matériaux comme le quartz, rarement étudiés sous cet angle.

3. Archeologie expérimentale

a. Montage du protocole

Objectif

Pour distinguer les principaux facteurs de perturbation des sites dans cette région, nous avons créé un site expérimental au sein même de Mormolo. L'objectif est double, il permet la création d'un site de référence non perturbé et de le laisser évoluer naturellement au fil du temps, ce qui nous permettra de documenter l'évolution d'un site tout au long de son enfouissement et de sa redécouverte.

Préparation avant expérimentation

Sélection de la matière première localisée sur le site de Mormolo

- Les roches sélectionnées correspondent à celles identifiées dans les assemblages des trois localités de Mormolo G7.
- Les matières premières sélectionnées sont principalement du quartz, des roches volcaniques, et plus rarement des quartzites et des cherts.

Enregistrement des informations pour l'expérimentation

- Marquage de la matière première (percuteurs et blocs)
- Photographie du matériel sélectionné
- Mesure du matériel selon les Annexe 1 et Annexe 2
- Sélection de la zone d'expérimentation

Choix de la zone pour l'expérimentation

- La zone H8 est jugée la plus propice pour recréer les conditions des sites avant leur découverte (Figure 9).
- La zone a été aménagée avec du sédiment provenant de la fouille de H8-4 pour isoler l'expérimentation du sédiment en place (Figure 10).
- Prise de vue de la zone sélectionnée (photogrammétrie) et reconstitution 3D.

- La prise de vue avant la mise en place du site pourrait être compliquée en raison de la grande quantité d'herbacées sur le site en février.

b. Processus de taille lithique

Création du site

Un expérimentateur a pour but de tailler différentes matières premières sur une zone définie dans le but de créer des éclats et des nucléus à éclats.

Matériel

- Percuteur
- Nodule de quartz roche volcanique et chert
- Appareil photo
- Échelle (pied à coulisse)

Étapes

Avant chaque session de taille

- Prise de vue du nodule sélectionné et enregistrement des informations permettant d'identifier les nodules et l'expérimentateur.

Pendant la session de taille

- L'expérimentateur taille la pièce sélectionnée
- Une fois toutes les pièces taillées la zone est relevée par photogrammétrie

Prise d'informations sur l'évolution du site

- Prise de vue avant la création du site
- Prise de vue après la création du site
- Prise de vue a un mois d'intervalle durant 3 mois
- Relevé au tachéomètre Géomax ZOOM 10 de la disposition des artefacts et de leur orientation et inclinaison.

4. Méthode d'analyse statistique

a. Analyse des dispositions d'objets archéologiques

Il existe deux principales méthodes statistiques afin de caractériser la fabrique des sites archéologiques (Bertran et Lenoble, 2002). Nous utilisons ici la méthode dite classique

permettant la définition des perturbations des sites d'après l'étude de l'orientation et de l'inclinaison des pièces qui les composent. Cette étude a été rendue possible par l'utilisation de l'application Fabryca β 2.0 (Thomas et al., 2019 ; Thomas, 2020).

Sur un site archéologique, les objets peuvent se disposer selon différents motifs. Un arrangement isotrope (désordonné), un arrangement à plat (suivant un plan), un arrangement avec une orientation préférentielle où les objets allongés pointent dans une même direction, une disposition en "tuiles", où les objets sont inclinés, se chevauchant comme des tuiles sur un toit (Bertran et Lenoble, 2002).

Pour quantifier ces dispositions, nous mesurons l'orientation (direction) et l'inclinaison (angle par rapport à l'horizontale) du grand axe d'un échantillon d'un minimum de cinquante pièces.

Intensité de l'orientation préférentielle

L'intensité de l'orientation est une mesure, notée L , qui varie de 0 % (orientation totalement aléatoire) à 100 % (tous les objets sont orientés dans la même direction). Ce paramètre permet de tester la probabilité que l'orientation observée soit liée à un phénomène spécifique tel que des perturbations météorologiques comme de fortes pluies qui par ruissellement vont orienter les pièces dans une direction préférentielle.

Méthode des valeurs propres

Cette méthode prend en compte à la fois l'orientation et l'inclinaison des objets. Elle utilise une matrice mathématique pour déterminer les axes principaux autour desquels les objets sont orientés. Les valeurs propres (E_1 , E_2 , E_3) calculées permettent de comparer les dispositions entre différents échantillons et d'évaluer la forme de la fabrique (planaire, linéaire, isotrope). La fabrique planaire est représentée par objets principalement regroupés autour d'un plan (souvent le plan de stratification). La fabrique linéaire est définie par des objets alignés dans une direction principale (souvent la pente). La fabrique isotrope présente des objets dispersés de manière aléatoire, sans orientation préférentielle.

Représentation graphique

Les résultats des analyses peuvent être visualisés à travers différents types de diagrammes. Des diagrammes en rose, pour représenter les orientations ou inclinaisons en classes de 10° ou 20° . Des projections stéréographiques de Schmidt, pour visualiser simultanément l'orientation et l'inclinaison. Des diagrammes de Woodcock et Benn (Benn, 1994) ont été réalisés pour comparer les échantillons analysés en fonction de leurs

caractéristiques isotropes, planaires ou linéaires. Nous utiliserons ici les diagrammes en rose et de Benn associées aux résultats des analyses statistiques pour présenter nos données (Thomas, 2020).

b. Kernel Density Estimation (KDE)

La méthode KDE, non paramétrique, permet de visualiser les zones de l'espace où se trouvent des concentrations préférentielles des pièces relevées lors de l'analyse spatiale. Ces concentrations peuvent être interprétées de différentes manières. D'un point de vue archéologique, une accumulation de pièces constituées d'une même matière première peut indiquer une zone où s'est déroulée une activité de taille. D'un point de vue géomorphologique, cette concentration peut être le résultat d'événements qui ont rassemblé les pièces, tels que le passage d'un cours d'eau ou leur déplacement jusqu'à un obstacle, comme une paroi ou un objet, qui a bloqué leur chemin et les a regroupées en un point.

Signification des indices de densité

Dans cette méthode, les indices de densité (ou valeurs de densité) permettent d'estimer la concentration des points dans l'espace X-Y. Chaque point de la grille d'estimation se voit attribuer une valeur Z, représentant la densité de probabilité à cet endroit. Une valeur Z élevée correspond à une forte concentration de points autour de ce point. Ces valeurs Z sont utilisées pour créer des lignes de contours qui relient des points ayant la même densité. L'espacement entre les lignes de contours indique la variation de densité, plus les lignes sont proches, plus la densité change rapidement. En termes d'interprétation, ces valeurs permettent de visualiser la distribution spatiale des artefacts étudiés, identifiant ainsi les zones à forte ou faible densité, ce qui peut aider à comprendre les processus de dépôt ou d'accumulation des vestiges sur le site.

Interprétation

Zones de haute densité, Les régions avec des valeurs de densité élevées sont celles où les données sont plus concentrées. Cela signifie qu'il y a plus de points de données dans ces zones.

Zones de basse densité, Les régions avec des valeurs de densité faibles sont celles où les données sont moins concentrées. Il y a moins de points de données dans ces zones.

Notons que les indices de densité sont relatifs, ce qui signifie que l'on peut comparer la densité entre différentes zones du graphique, mais pas nécessairement interpréter les valeurs absolues entre différents sites.

5. Methode d'analyse sedimentaire

L'objectif de ces manipulations est de séparer les sédiments de chaque localité et de les analyser, cela permettra d'identifier des similarités ou des différences dans les compositions sédimentaires, ce qui pourrait révéler des similarités ou des influences géologiques communes entre les sites étudiés (Meignen, 1976 ; Thibault et al., 2015 ; Tine et al., 2022). Cette analyse comparative est essentielle pour tirer des conclusions sur les processus sédimentaires et leur impact sur les échantillons (Orcel, 1925 ; Parfenoff et al., 1970 ; Brahim et al., 2003 ; Thiry et al., 2013). Les sédiments sont identifiés à l'aide de bases de données de minéraux notamment RRUFF.org (RRUFF, 2024) et Mindat.org (Jolyon, 2024) en fonction de leur forme leur couleur et le contexte alluviaux deltaïque dans lequel elles ont été prélevées (Guiraud et al., 2010). Cette analyse comparative est essentielle pour tirer des conclusions sur les processus sédimentaires et leur impact sur les échantillons.

a. Prélèvement

Quatre prélèvements ont été réalisés sur quatre zones différentes et chaque prélèvement a été réalisé après nettoyage superficiel à la truelle (Figure 11 a. b. c.).

Les prélèvements ont été effectués selon les méthodes suivantes, H8-4, un prélèvement à la truelle a été réalisé dans le haut du refus de tamis sur la partie correspondant au refus de tamis de la zone fouillée contenant des artefacts. G7-3.1, plusieurs prélèvements ont été réalisés, un prélèvement à la truelle dans la coupe naturelle à côté de la localité G7-3.1, à la même altitude que le haut du monticule. Un prélèvement à la truelle en son centre, à la fin de la pente. G7-3.2, un prélèvement à la truelle a été effectué au centre de la pente de la zone.

Illustrations des méthodes de prélèvement et de séparation des sédiments

Prélèvement



a.



b.



c.

Nettoyage



d.



e.



f.



g.

Séparation

Métallique



h.



i.

Lourd/Léger



j.

Figure 11 : Étapes de la séparation des sédiments : a) prélèvement effectué dans la coupe adjacente à G7-3.1. b) prélèvement réalisé sur le site G7-3.1. c) prélèvement réalisé sur le site G7-3.2. d) vue des tamis utilisés pour le lavage et la séparation des sédiments. e) illustration de la récupération des sédiments lavés dans des béchers étiquetés pour chaque classe granulométrique. f) échantillon de la fraction 630-200 μm du site G7-3.2 après un premier passage au bain à ultrasons. g) vue interne de l'étuve utilisée pour le séchage des sédiments. h) électroaimant utilisé pour la séparation des minéraux métalliques. i) vue de l'aimant activé après un passage du sédiment, avec les minéraux métalliques adhérant à l'aimant. j) ampoule de décantation utilisée pour séparer les minéraux lourds des minéraux légers avant la manipulation finale.

b. Préparation et séparation des minéraux par taille

Matériel : tamis de 50, 100, 200, 630micron, 1.25mm, eau courante, 12 béchers, étuve de nettoyage à ultrasons.

Manipulations

La préparation des échantillons de sédiments implique plusieurs étapes pour garantir une séparation des minéraux selon leur granulométrie, ainsi qu'un nettoyage approfondi pour éliminer les contaminants.

Préparation initiale

Avant toute manipulation, les tamis et tout le matériel utilisé sont soigneusement nettoyés pour éliminer toute contamination préalable. Cela garantit que les échantillons ne sont pas altérés par des résidus provenant d'analyses antérieures.

Tamisage

Les échantillons de minéraux sont tamisés en utilisant une colonne de tamis disposés de la plus grande à la plus petite maille (Figure 11.d). Cette étape permet de séparer les minéraux par taille tout en les lavant simultanément. Le sable est rincé jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule de la pile de tamis soit claire, indiquant que les particules fines en suspension ont été éliminées.

Conditionnement

Après le tamisage, les échantillons sont placés dans des béchers distincts en fonction de leur granulométrie respective (Figure 11.e). Cela facilite les étapes ultérieures de l'analyse.

Nettoyage à l'ultrason

Les échantillons subissent un second nettoyage dans une cuve à ultrasons. Cette technique permet de détacher les particules les plus fines encore accrochées aux sédiments. Pendant ce processus, la solution peut devenir laiteuse (Figure 11.f), ce qui indique la présence de particules fines en suspension. L'opération est répétée jusqu'à obtention d'une eau claire et propre, garantissant que les échantillons sont exempts de toute impureté fine.

Séchage

Une fois le nettoyage à l'ultrason terminé, l'eau est soigneusement vidée des béchers et les sédiments sont placés dans une étuve à 40°C pour séchage (Figure 11.g). Une fois secs, les sédiments sont prêts pour les étapes suivantes de l'analyse, notamment la séparation des minéraux métalliques.

c. Séparation des minéraux métalliques

Matériel : matériel sédimentaire séparé, 24 béchers, électroaimant.

Manipulations

L'opération ci-dessous a été répétée pour chaque gradient de taille séparé lors de l'étape de tamisage :

Préparation de l'électroaimant

La première étape consiste à configurer l'électroaimant et à préparer le passage des sédiments. Un entonnoir est disposé au-dessus de la gouttière de l'électroaimant pour faciliter l'introduction des sédiments (Figure 11.h).

Séparation

Les sédiments sont versés progressivement dans l'entonnoir. Pendant ce processus, les sédiments métalliques se fixent sur les parois de la gouttière de l'électroaimant (Figure 11.i). Les sédiments non métalliques, quant à eux, continuent leur chemin et se déposent dans un bécher placé en bas de la gouttière.

Collecte des minéraux,

Une fois la séparation terminée, le bécher contenant les minéraux non métalliques est retiré et remplacé par un bécher vide. L'électroaimant est ensuite désactivé, ce qui libère les minéraux métalliques. Ces minéraux sont alors collectés dans le nouveau bécher.

d. Séparation des minéraux lourds

Matériel : 6 ampoules à décanter (Figure 11.j), solution de polytungstate de sodium (SPT), filtres, eau distillée, entonnoirs, 24 erlenmeyer.

Manipulations

Préparation de la solution SPT

La première phase consiste à préparer une solution polytungstate de sodium (SPT) avec une densité ajustée à 2,75. Cette densité spécifique est choisie pour cibler les minéraux lourds, qui ont généralement une densité supérieure à 2,70.

Introduction des échantillons dans les ampoules à décanter

Une fois la solution SPT prête, les échantillons de sédiments, préalablement triés par taille, sont introduits dans des ampoules à décanter remplies de la solution. Ce processus permet une séparation basée sur la densité, où les minéraux lourds migrent vers le fond de

l'ampoule, tandis que les minéraux légers restent en suspension à la surface. Cette étape est essentielle pour distinguer les différentes composantes minérales.

Décantation et séparation des minéraux

La décantation est réalisée progressivement, permettant aux minéraux de se séparer en fonction de leur densité. Les minéraux lourds se déposent au fond des ampoules, tandis que les minéraux légers flottent à la surface. Après ce processus, les minéraux sont récupérés séparément : les minéraux lourds sont recueillis dans un premier b cher, suivis des minéraux légers dans un second récipient.

Lavage des échantillons

Les échantillons séparés sont ensuite lavés avec de l'eau distillée pour éliminer toute trace résiduelle de la solution SPT.

Observation et analyse des minéraux

Une fois les échantillons lavés, ils sont observés à l'aide d'une loupe binoculaire avec différents niveaux de zoom. Les minéraux sont placés dans un verre de montre ou un récipient plat transparent pour faciliter l'observation. La détermination des minéraux est effectuée en utilisant des bases de données de référence telles que RRUFF ou Mindat.org. Cette phase permet de caractériser la composition minérale des sédiments.

En parallèle, la composition minéralogique des échantillons a été examinée pour évaluer le degré d'hétérogénéité ou d'homogénéité dans la répartition des différents constituants. Ces analyses offrent des informations préliminaires sur les mécanismes de transport et de dépôt, les sources de sédiments des dépôts sédimentaires étudiés (Migniot et al., 1986 ; Brahim et al., 2003 ; Belmedrek et Bouzenoune, 2006 ; Coulon, 2014 ; Essabiri et al., 2023 ; Courivaud et al., 2024).

CHAPITRE V

RESULTATS

1. Inventaire techno-typologique

a. Type et description des matières premières

La grande majorité de la collection sont des éclats et des nucléus **en quartz**. Le quartz est classé comme un tectosilicate c'est-à-dire un minéral silicaté caractérisé par une structure en réseau tridimensionnel de tétraèdre de silice (SiO_4) (Lark-Horovitz et Johnson (dir.), 1959 ; Kruhl et Peternell, 2002). Sous sa forme cristalline caractéristique, le quartz a une structure hexagonale. Le quartz est la forme la plus stable et la plus courante de silice et c'est le minéral silicaté le plus courant dans la croûte terrestre. Sous sa forme pure, le quartz est transparent, clair et incolore, mais **il est souvent coloré par des impuretés** qui produisent des cristaux blancs (quartz laiteux), roses (quartz rose), ambre, gris (quartz fumé), violets (améthyste) et d'autres couleurs. Le quartz est un minéral commun et diagnostiqué dans les roches ignées de couleur claire, telles que le granite, la diorite, l'andésite et la rhyolite. Le quartz est également courant dans les roches métamorphiques, telles que le gneiss. Le quartz est un minéral important avec de nombreuses utilisations et c'est le constituant principal du sable (Levien et al., 1980). Dans les assemblages de Mormolo, nous distinguons :

- Le **quartz hyalin**, quartz translucide dans sa forme mono-cristalline, la texture peut s'approcher de celle du verre.
- Le **quartz saccharoïde**, variété de quartz qui présente une texture granulaire, semblable à celle du sucre,
- Le **quartz laiteux**, variété de quartz opaque ou partiellement translucide qui présente une teinte blanchâtre ou laiteuse en raison de petites inclusions de fluides ou de gaz piégés à l'intérieur du minéral.
- Le **quartz rose**, variété de quartz partiellement translucide qui présente une teinte rose.
- Le **quartz fumé**, variété de quartz partiellement translucide qui présente une teinte grise.

Le reste de la collection présente d'autres matières premières définies ci-dessous :

- Le **grès**, roche sédimentaire détritique principalement composée de grains de sable liés ensemble par un ciment siliceux.
- Le **quartzite**, roche métamorphique formée à partir de grès qui subit un processus de métamorphisme. Sous l'effet de la chaleur et de la pression, les grains de quartz du grès sont recristallisés et fusionnés ensemble pour former une roche dure et résistante, presque entièrement composée de quartz.
- Les **roches volcaniques**, roches formées par le refroidissement et la solidification du magma ou de la lave émise lors d'une éruption volcanique.
- Le caractère **roche altérée** est utilisé pour classer des roches d'origine et de type non déterminé du fait de leur très mauvaise préservation.

b. Résultats de l'état de préservation des artefacts

Dans cette section, nous nous concentrons sur l'analyse de l'état de préservation des artefacts en examinant la présence ou l'absence de critères taphonomiques spécifiques. L'objectif est d'évaluer si des perturbations chimiques ont affecté les pièces.

G7-3.1

La localité G7-3.1 se caractérise par une majorité de pièces fraîches, représentant plus de 70% de l'ensemble (Figure 12), indiquant qu'elles ont été peu affectées par des événements chimiques. On observe une très faible présence de concrétions ou de corrosion, ce qui est cohérent avec la nature du quartz, un matériau réputé pour sa résistance élevée aux altérations dues à sa forte teneur en silice. En revanche, environ 25% des pièces présentent des infiltrations de minéraux, et près de 15% montrent des signes de patine ou de poli taphonomique.

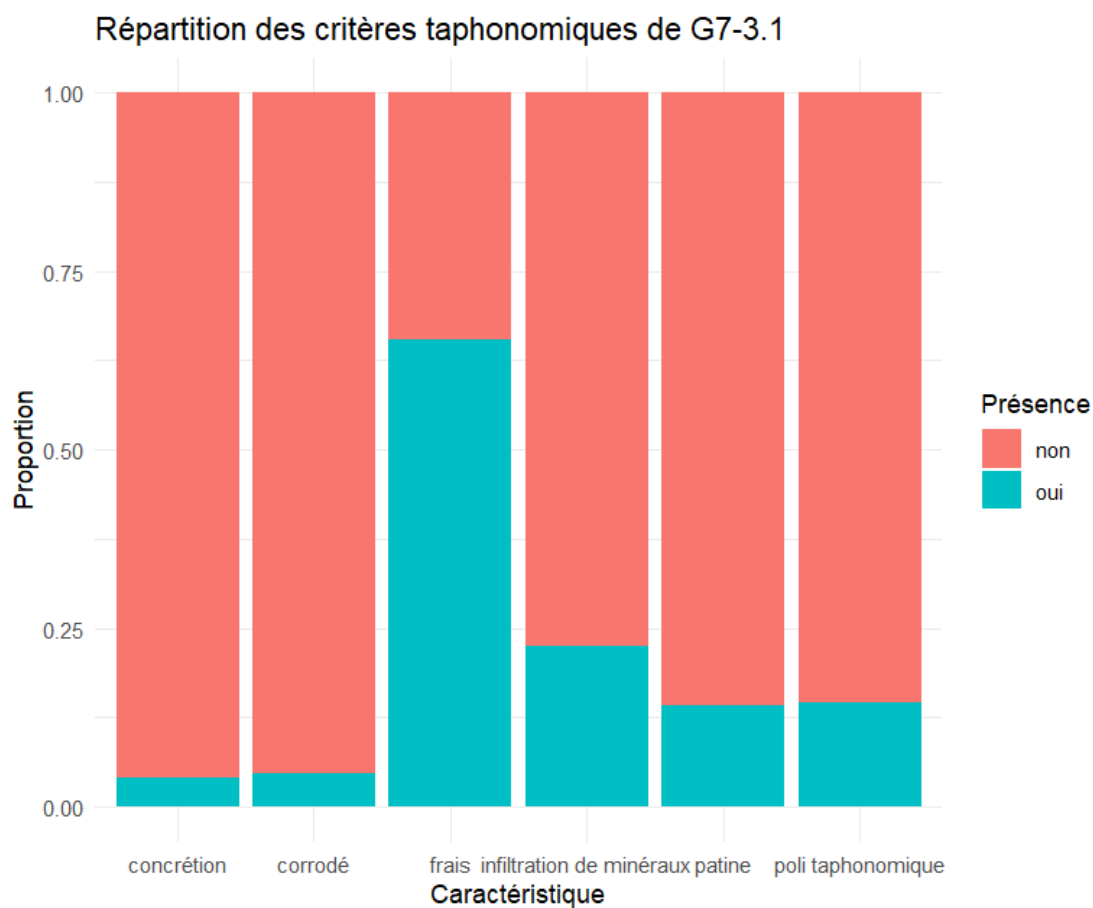


Figure 12 : Histogramme en barres empilées des critères taphonomiques des artefacts sur la localité G7-3.1

G7-3.2

Concernant la localité G7-3.2, plus de 50% des pièces sont également fraîches et peu perturbées. Cependant, une forte proportion, près de 30%, est touchée par des infiltrations de minéraux. Comme pour G7-3.1, les occurrences de corrosion et de concrétions sont rares. Néanmoins, la présence de patine ou de poli taphonomique est plus rare.

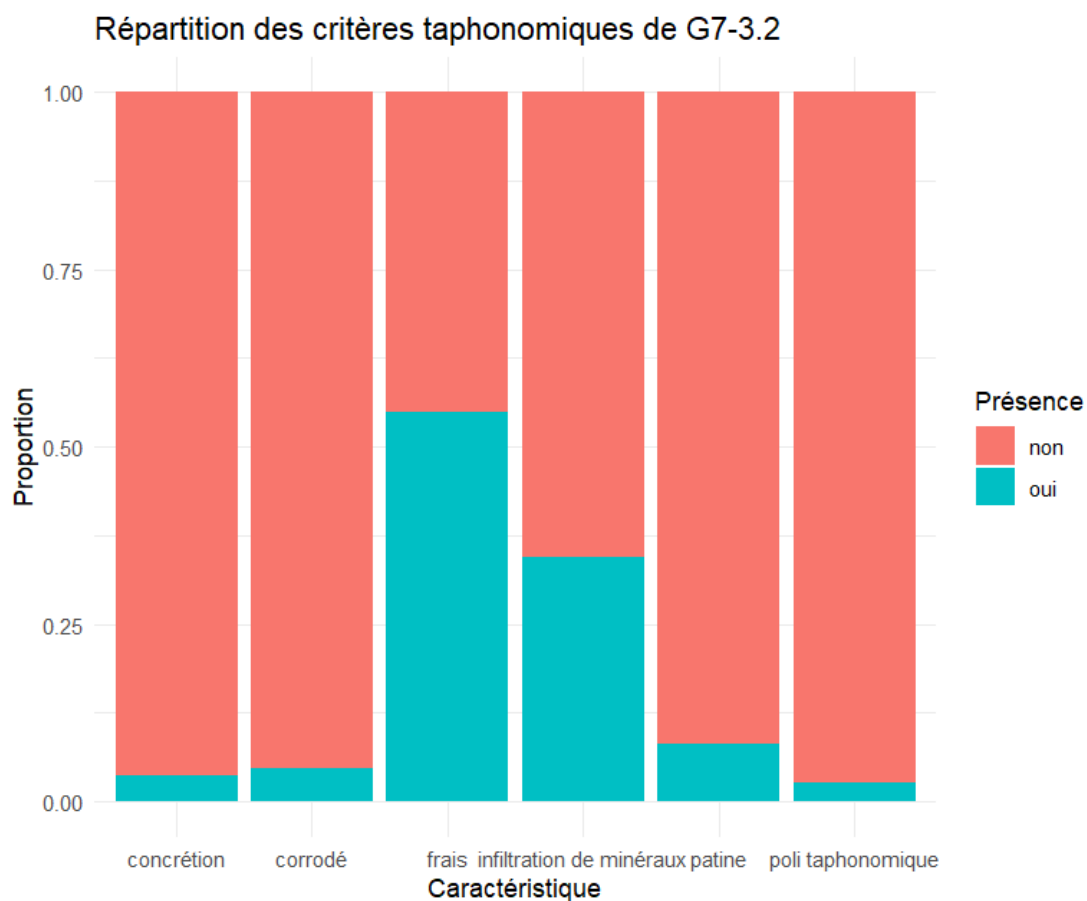


Figure 13 : Histogramme en barres empilées des critères taphonomiques des artefacts sur la localité G7-3.2

G7-2

Pour la localité G7-2, l'analyse montre que plus de 80% des pièces sont fraîches et peu perturbées. La proportion d'infiltrations de minéraux et de caractères taphonomique est minime, soulignant la relative bonne préservation des artefacts de ce site par rapport à G7-3.1 et G7-3.2.

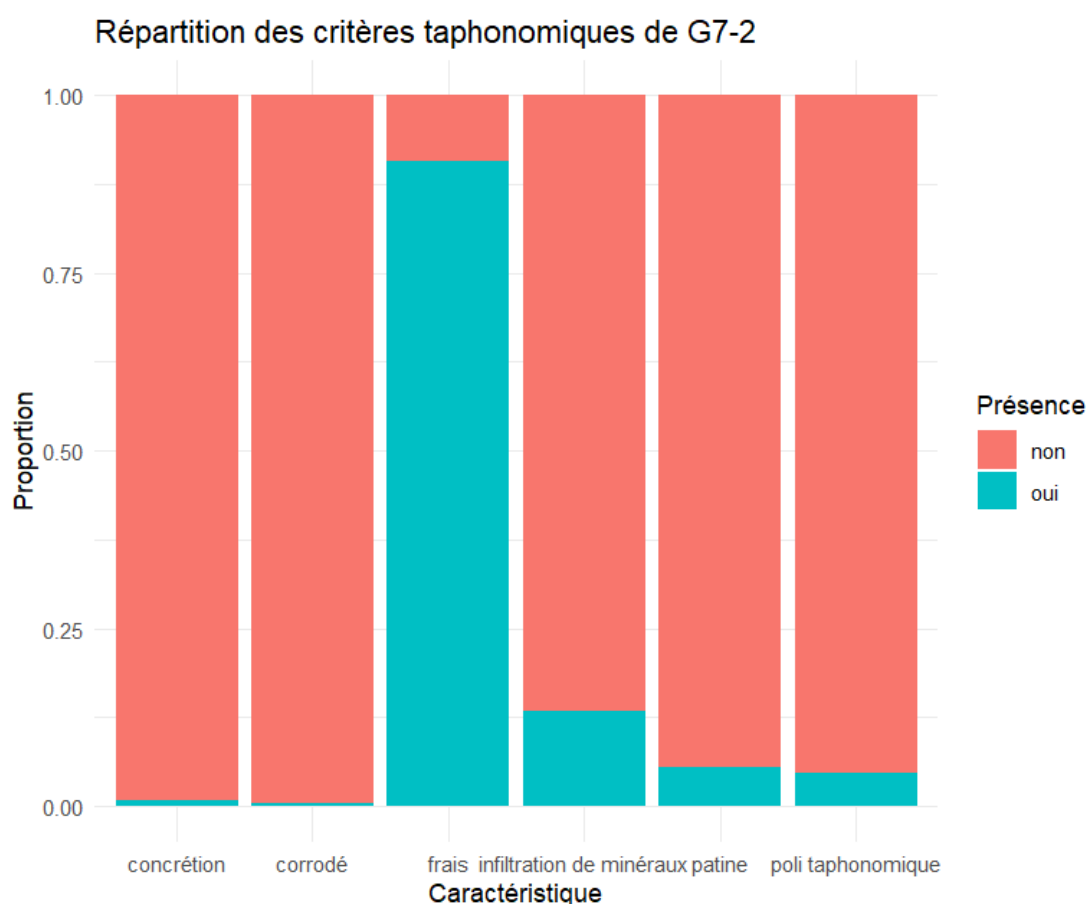


Figure 14 : Histogramme en barres empilées des critères taphonomiques des artefacts sur la localité G7-2

c. Description des outils

G7-3.1

Le site G7-3.1 présente une répartition variée des restes de pierre taillée, majoritairement en quartz. Selon le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, les catégories SO, définies sur les sites de Mormolo et Dungo, représentent 59,26% des pièces. Parmi ces catégories, les schémas opératoires de débitage (SOD) dominent, avec 37,03% des occurrences. Les types indéterminés (SOD INDIF) constituent également une part importante, atteignant 40,74%, ce qui suggère une grande diversité dans les schémas opératoires qui ont eu lieu sur le site.

SO	Effectif	Pourcentage
SOD 1	3	11,11%
SOD 2	5	18,52%
SOD 3	1	3,70%
SOD INDIF	12	44,44%
SOF 2	1	3,70%
SOF 3	1	3,70%
SOG 1	3	11,11%
SOG 4	1	3,70%

Total	27	100,00%
--------------	-----------	----------------

Tableau 6 : Distribution des types de schémas opératoires (SO) sur la localité G7-3.1



Figure 15 : Pièces n°636 de la collection G7-3 classifié comme SOG1.

G7-3.2

Pour la localité G7-3.2, le Tableau 7 montre que près de 87% des restes archéologiques sont des nucléus correspondant aux catégories définies sur Mormolo H8-4 (en cours), Mormolo-surface et Dungo 4 (Mesfin, 2021 ; Mesfin et al, 2023).

SO	Effectif	Pourcentage
SOD 1	14	24,56%
SOD 2	9	15,79%
SOD 3	2	3,51%
SOD INDIF	12	21,05%
SOF 1	1	1,75%
SOF 2	5	8,77%
SOF 3	1	1,75%
SOF 4	2	3,51%
SOG 1	4	7,02%
SOG 3	5	8,77%
SOG 4	2	3,51%
Total	57	100,00%

Tableau 7 : Distribution des types de schémas opératoires (SO) sur la localité G7-3.2

Les catégories SO (schémas opératoires) (Tableau 7) sont bien représentées, avec une majorité notable de pièces classées comme SOD 1 (25,00%) (Figure 17) et SOD 2 (16,07%). Les autres catégories sont moins fréquentes, mais le site montre une

prédominance claire des types liés aux schémas de débitage courts et non-préparés. On retrouve aussi quelques SOF et SOG (Figure 16) (schéma opératoire de façonnage et schéma opératoire sur galet).

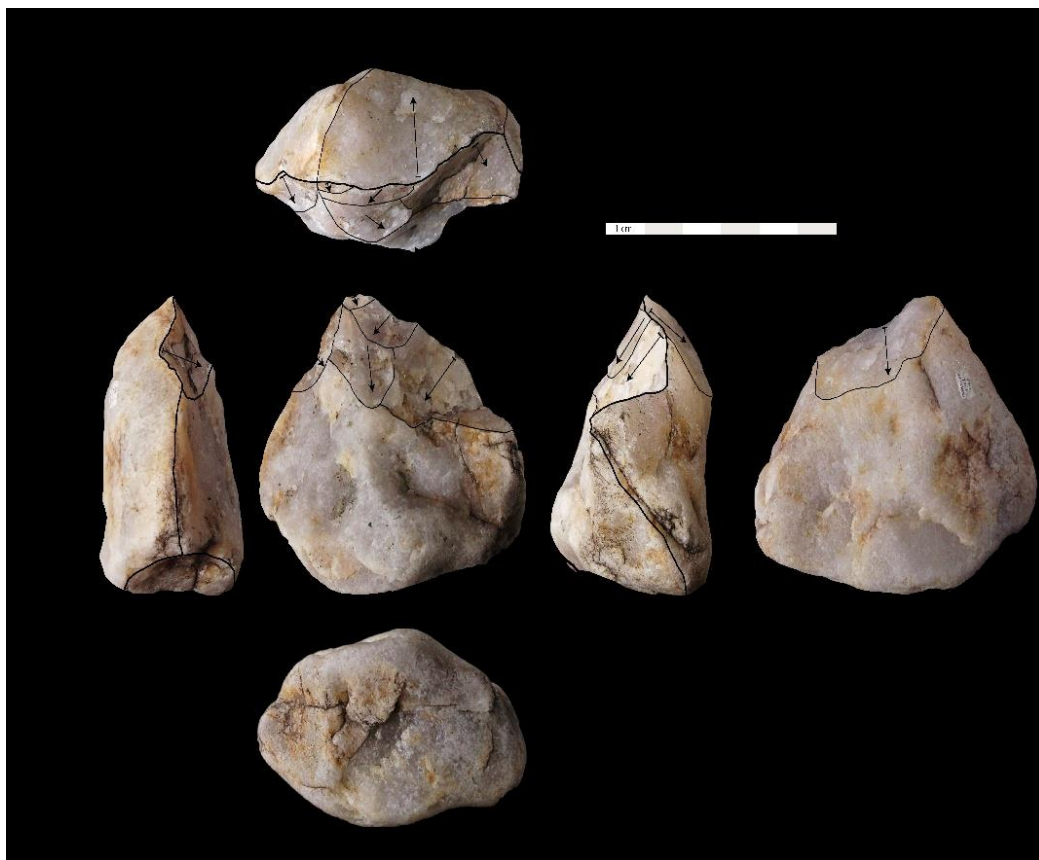


Figure 16 : Pièces n°1105 de la collection G7-3 classifié comme SOG 4



Figure 17 : Pièce n°1305 de la collection G7-3, exemple de SOD 1

G7-2

Le site G7-2 présente une distribution de restes lithique qui est dominée par les types indéterminés (SOD INDIF) (Tableau 8), représentant 40,00% des occurrences, comme le montre le Tableau 8.

SO	Effectif	Pourcentage
SOD 1	1	6,67%
SOD 2	2	13,33%
SOD 3	3	20,00%
SOD INDIF	6	40,00%
SOG 1	2	13,33%
SOG 3	1	6,67%
Total	15	100,00%

Tableau 8 : Distribution des types de schémas opératoires (SO) sur la localité G7-2

Les autres catégories sont représentées en moindre proportion, avec une présence équitable des catégories SOD 2 (13,33%) et SOG 1 (13,33%). Ce tableau indique une diversité de types, bien que les catégories indéterminées soient les plus prédominantes.

2. Remontages lithiques

Les résultats présentés ci-dessous se basent sur le type de remontage et raccords retrouvées sur les localités (Tableau 9).

Cela permet d'étudier la fonction du site en observant ce qu'il contient.

SO	Nombre de remontages/raccords	Nombre de pièces
G7-3.1	11	30
G7-3.2	10	23
G7-2	3	6
Total	24	59

Tableau 9 : Nombre de remontages et de pièces remontées par localité

a. G7-3.1

Un total de onze remontages a été effectué, permettant de réunir trente pièces. Nous comptons, 3 accidents de Siret impliquant 10 pièces, 4 fractures liées à la taille impliquant 10 pièces et 4 fracturations naturelles impliquant 14 pièces (Tableau 10).

La présence d'accident de Siret dans la collection (

Figure 18) met en évidence la présence d'une activité de taille (Byous, 2013 ; Roche et al., 1988 ; Toro-Moyano et al., 2009 ; Spry et al., 2016 ; Peña, 2015 ; Huysecom et al., 2017 ; Matilla, 2002),

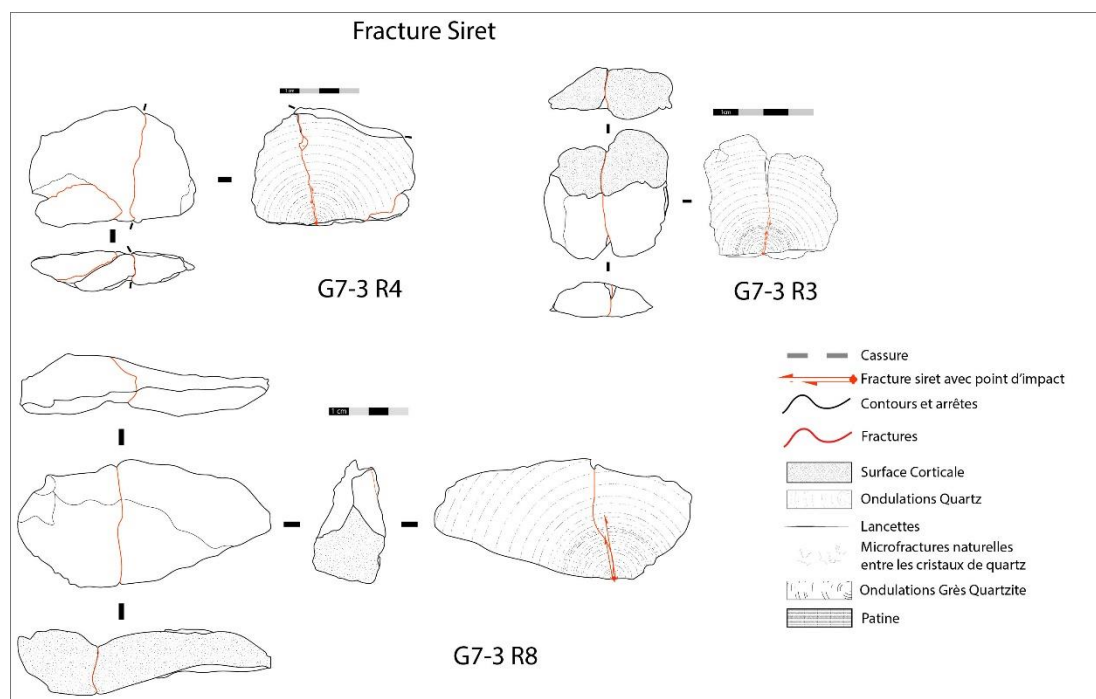


Figure 18 : Schémas des raccords présentant des fractures de type accident de Siret pour le site G7-3.1. R3 : pièces 72 et 127, R4 : pièces 114 et 168, R8 : pièces 178 et 465

ce type de fractures sont très courantes lors de l'exploitation du quartz (Driscoll, 2011 ; Taipale et al., 2014 ; Peña, 2017 ; Spry et al., 2021), elles occurrent lorsque le coup porté est fort et brise l'éclat au niveau du point d'impact perpendiculairement au talon.

Les remontages et raccords sur la Figure 19 mettent en évidence une activité de taille.

Fractures liées à la taille

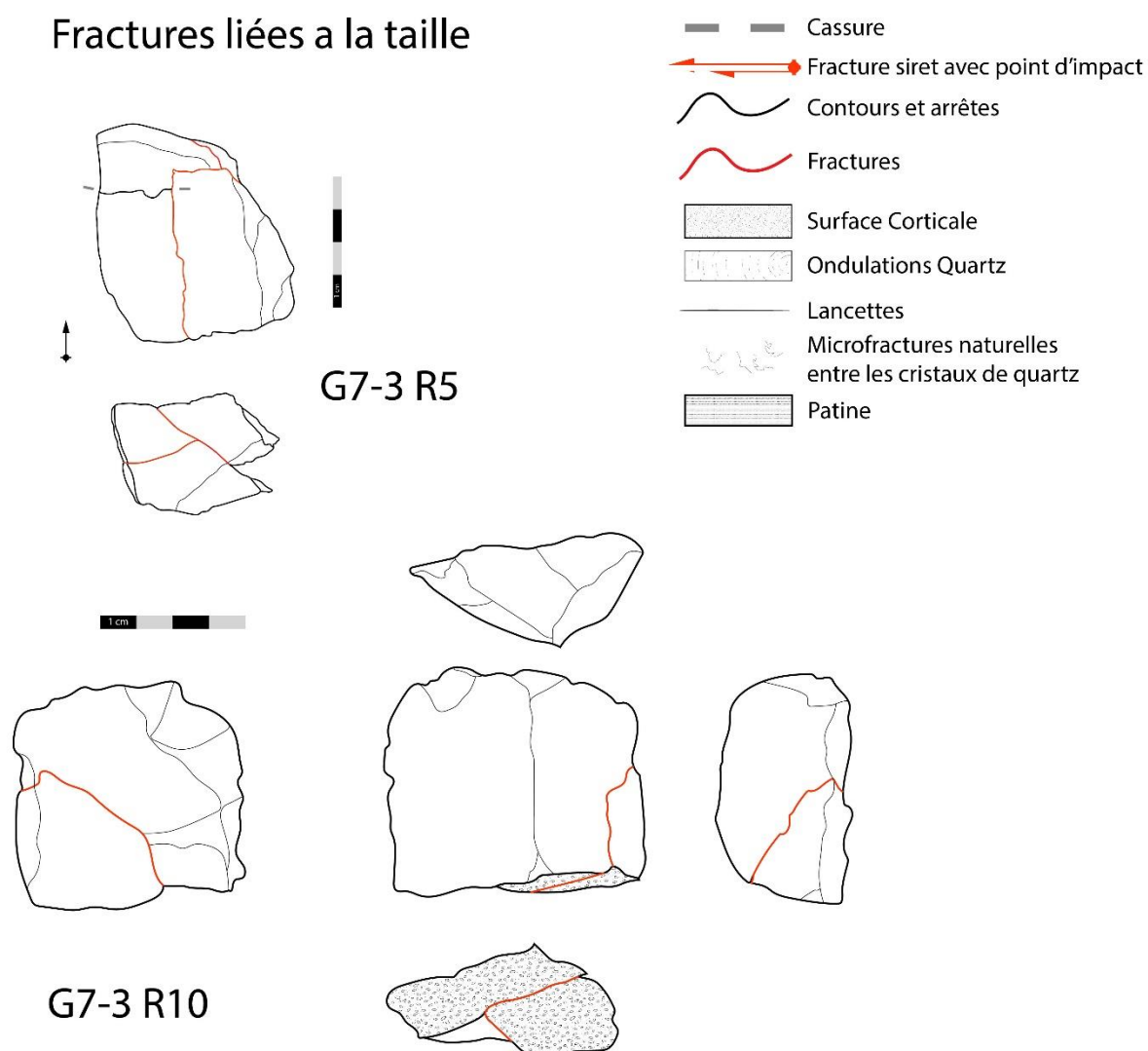


Figure 19 : Schémas des différents remontages et raccords observés sur les pièces de la localité G7-3.1. R5 : pièces 140, 168, 229 et 264 ; R10 : pièces 210 et 325

Les cassures observées sur les artefacts en Figure 20 peuvent être interprétées selon diverses hypothèses liées aux activités présentes sur le site. Ces fractures peuvent résulter des opérations de taille elles-mêmes. Lors de la production d'éclats, des accidents de taille peuvent survenir, provoquant des cassures associées à l'exploitation des blocs.

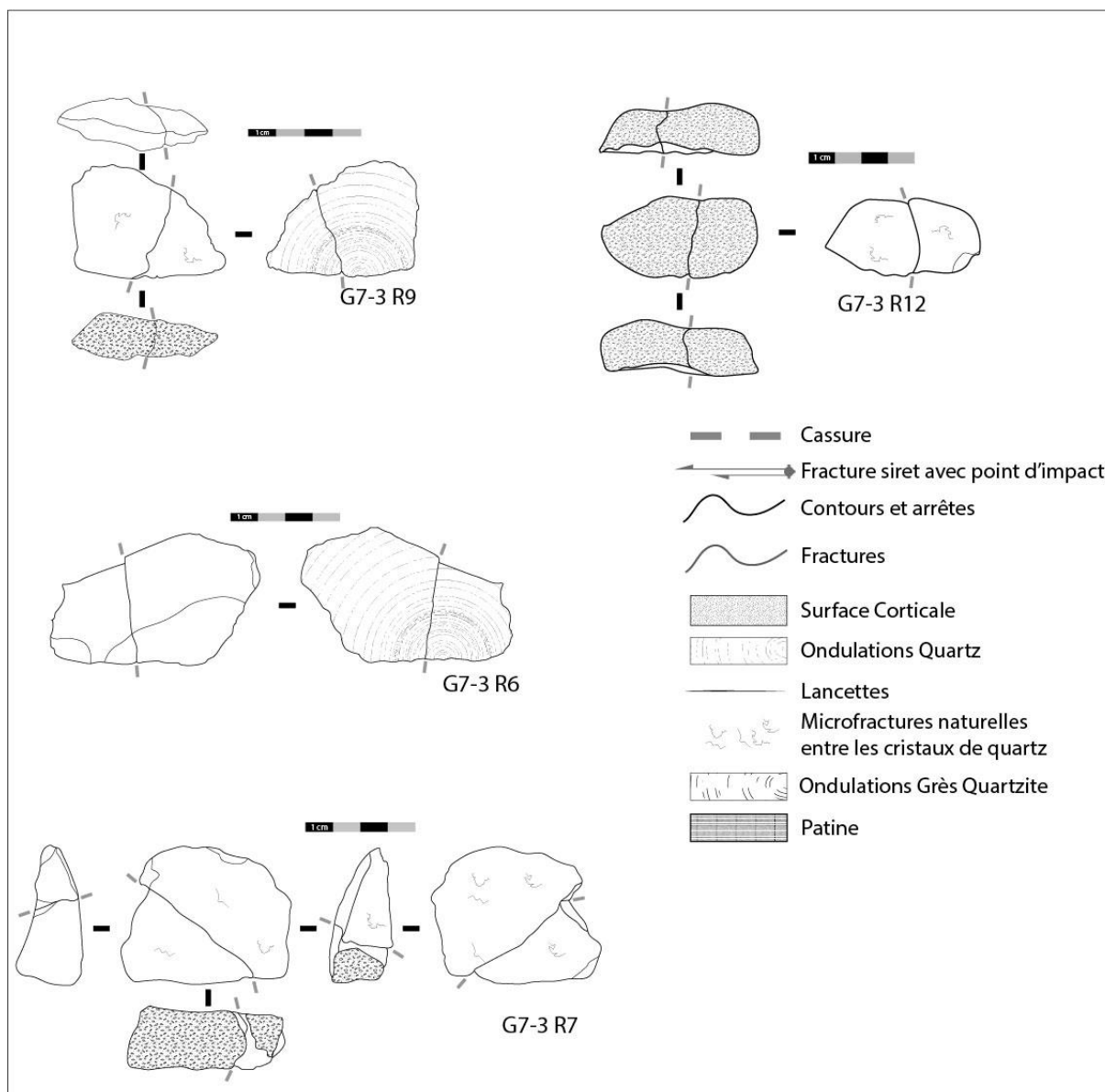


Figure 20 : Schémas des différentes cassures observées sur les pièces de la localité G7-3.1. Les ruptures sont illustrées pour les pièces suivantes : R6 : pièces 156 et 522, R7 : pièces 160 et 200, R9 : pièces 193 et 205, R12 : pièces 628 et 629.

Par exemple, l'infiltration de l'eau dans les fractures existantes du quartz peut entraîner la précipitation de minéraux lors du dessèchement des galets, affaiblissant ainsi les fractures préexistantes. Un mouvement de terrain subséquent pourrait alors intensifier ces faiblesses structurelles et provoquer la cassure.

Enfin, une autre origine possible pour ces cassures est liée à des perturbations post-dépositionnelles. Les fractures présentant des surfaces de cassure relativement fraîches peuvent être plus récentes, suggérant une activité anthropique contemporaine, notamment le piétinement par du bétail – par ailleurs il y a des activités pastorales bovines sur la terrasse de Mormolo.

Type de fracture	Nombre de pièces	Pourcentage
------------------	------------------	-------------

éclat de taille	7	23,33%
fracture naturelle	10	33,33%
nucleus	3	10,00%
Siret	10	33,33%
Total général	30	100,00%

Tableau 10 : Tableau des nombre de pièces impliquées dans chaque remontage en fonction de leur type de fracture sur G7-3.1

b. G7-3.2

Un total de dix remontages a été effectué, permettant de réunir vingt-deux pièces. Nous comptons, 5 fractures liées à la taille impliquant 12 pièces et 5 fractures naturelles impliquant 11 pièces (Tableau 11).

La Figure 21 illustrant les remontages et raccords observés sur la localité G7-3.2, met en évidence des fractures directement liées à l'activité de taille de la pierre. Certaines fractures sont le résultat du détachement séquentiel d'éclats, comme le montre le remontage R18. Des accidents de taille ont également été identifiés, par exemple dans le cas de R21, où l'éclat s'est fracturé en deux parties distinctes, une proximale et une distale, lors de son détachement du nucléus. Un autre exemple est fourni par R16, qui présente des esquillements au niveau du bulbe, l'éclat étant directement associé à cet événement. Ces observations indiquent

clairement que l'activité de taille visant à produire des éclats a été pratiquée sur cette localité.

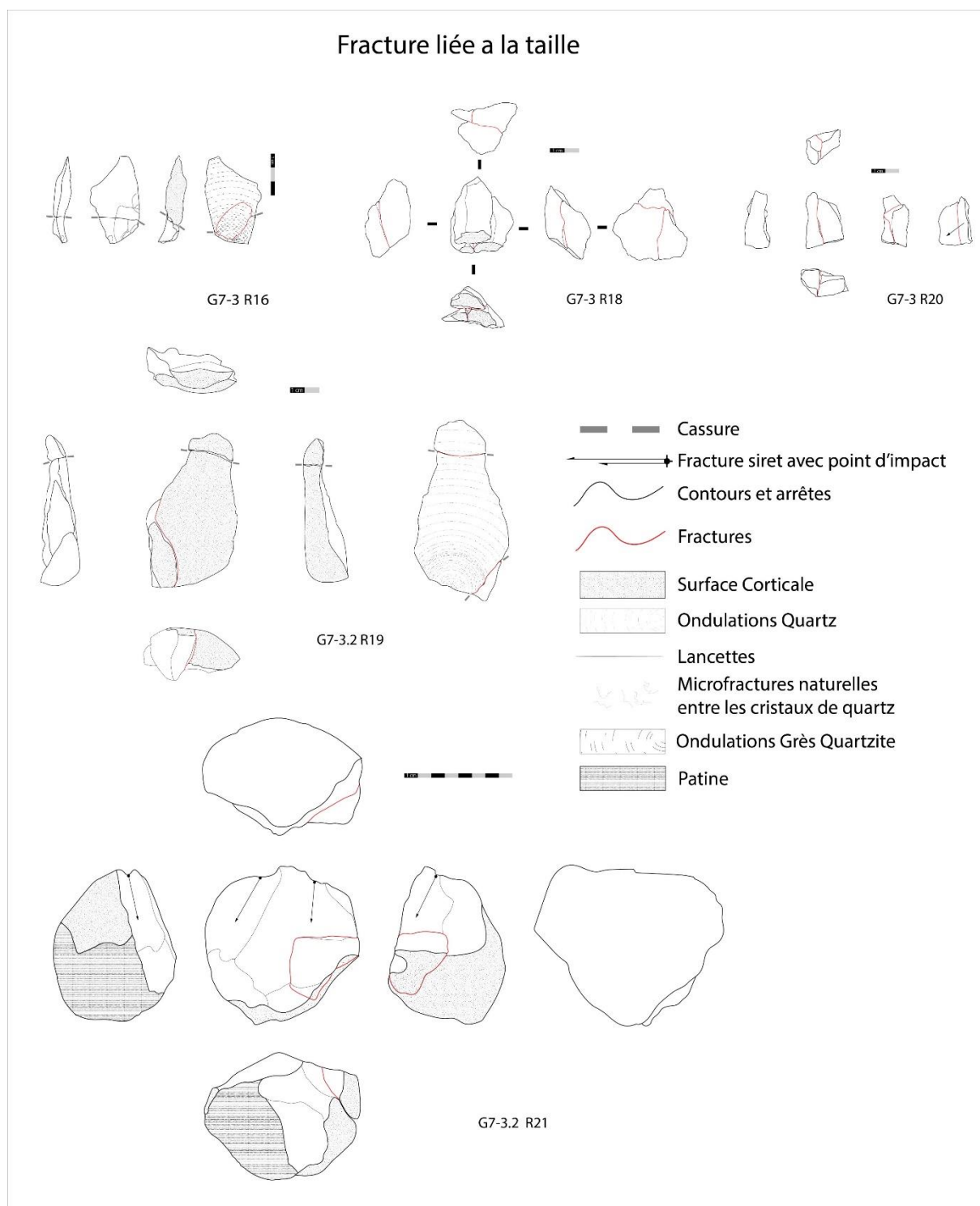


Figure 21 : Schémas des différents remontages observés sur les pièces de la localité G7-3.2 R16 : 1017, 1178 et 1179, R18 : 829, 841 et 896, R19 : pièces 793, 1031 et 1050, R20 : pièces 1045 et 1051, R21 : 1249 et 1386

Tout comme pour G7-3.1 les cassures post-dépositionnelles de la Figure 22 présentent des fractures transversales au niveau des parties les plus fines. Ces cassures peuvent être liées à la fois à des accidents de taille tout comme une origine taphonomique. De nouveau, la

fraicheur des cassures suggère le piétinement semblent être les évènements les plus probables occurrent sur la localité (Arnaud et Bordes, 2001 ; Arias et al., 2015).

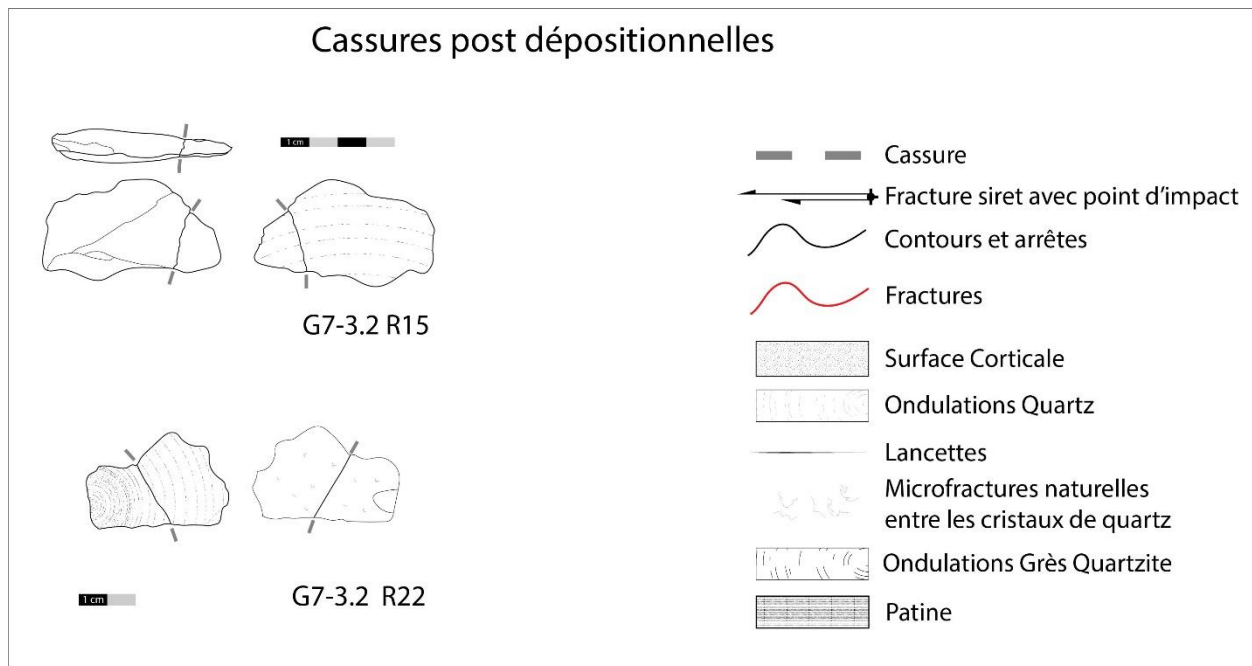


Figure 22 : Schémas des différentes cassures observées sur les pièces de la localité G7-3.2 R15 : 1059 et 1075, R22 : 1384 et 1394

Les trois fractures classées « naturelles », Figure 23 montrent des roches présentant un cortex très présent sur les surfaces des pièces notamment sur R14 et R17. Ces roches en quartz sont très fragmentées et présentent de nombreuses fractures internes et des infiltrations de minéraux dans ces fissures. De plus, leur place sur le site G7-3.2 donne des informations sur les modes de transport de ces pièces. Comme précisé plus haut, ces infiltrations d'eau peuvent être à l'origine des cassures en affaiblissant les fissures par précipitation des minéraux dans ces dernières. Lors du transport cela peut ouvrir les galets par mouvement du terrain. Ces cassures mettent en évidence un mouvement actif permettant de rassurer sur l'activité/les mouvements géologiques de surface toujours en cours sur ce site. La cassure R13 présente des stigmates de taille et est dans une roche dont la matière première n'a pas pu être déterminée. Il semble très dense et peut être lié à la fois à des processus de taille comme à des cassures naturelles. Pour cela nous ne nous prononceront pas sur l'identité de cet enlèvement.

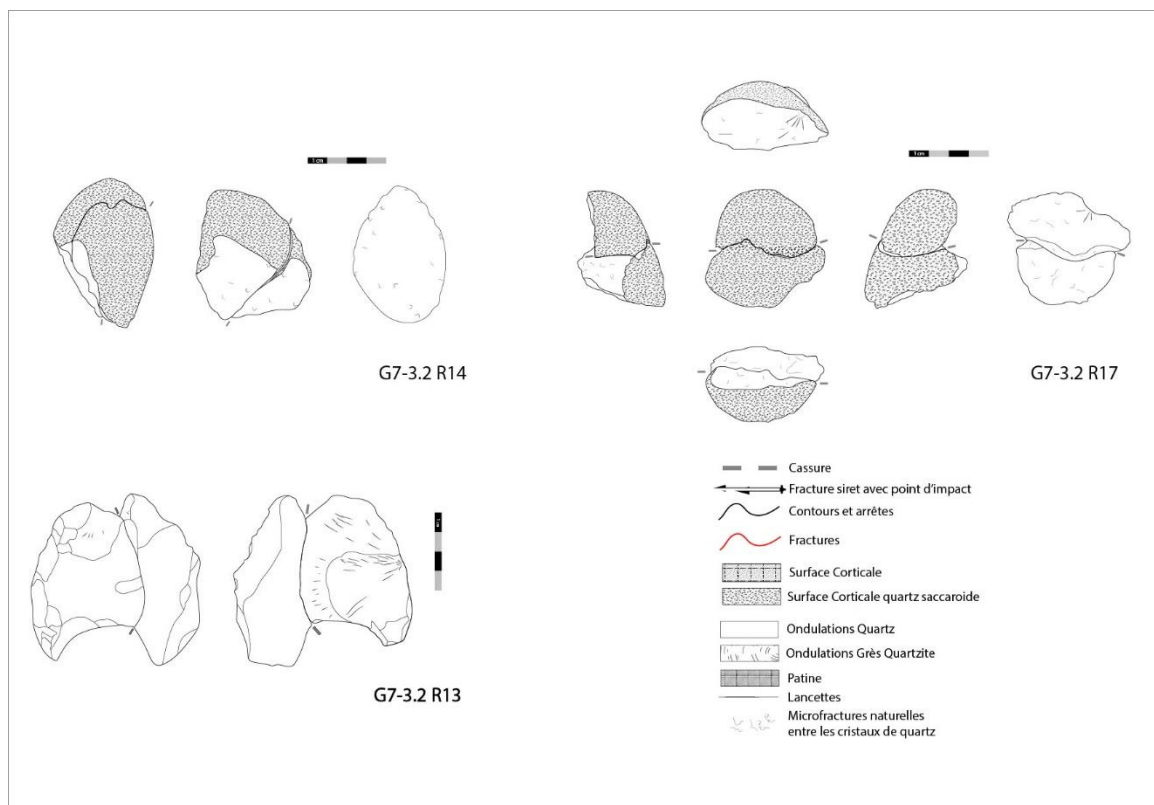


Figure 23 : Schémas des différentes cassures observées sur les pièces de la localité G7-3.2, R13 : pièces 1002 et 1019, R14 : 1235 et 1240, R17 : pièces 732 et 1029

Type de fracture	Effectif	Pourcentage
Cassure	7	33,33%
Eclats d'esquillements	1	4,76%
Fracture conchoïdale	6	28,57%
Fracture naturelle	5	23,81%
Silet	2	9,52%

Tableau 11 : Tableau des nombre de pièces impliquées dans chaque remontage en fonction de leur type de fracture sur G7-3.2

c. G7-2

Un total de trois remontages a été effectué, permettant de réunir six pièces. Nous comptons, 2 accidents de Silet impliquant 4 pièces et 1 fracture naturelle impliquant 2 pièces.

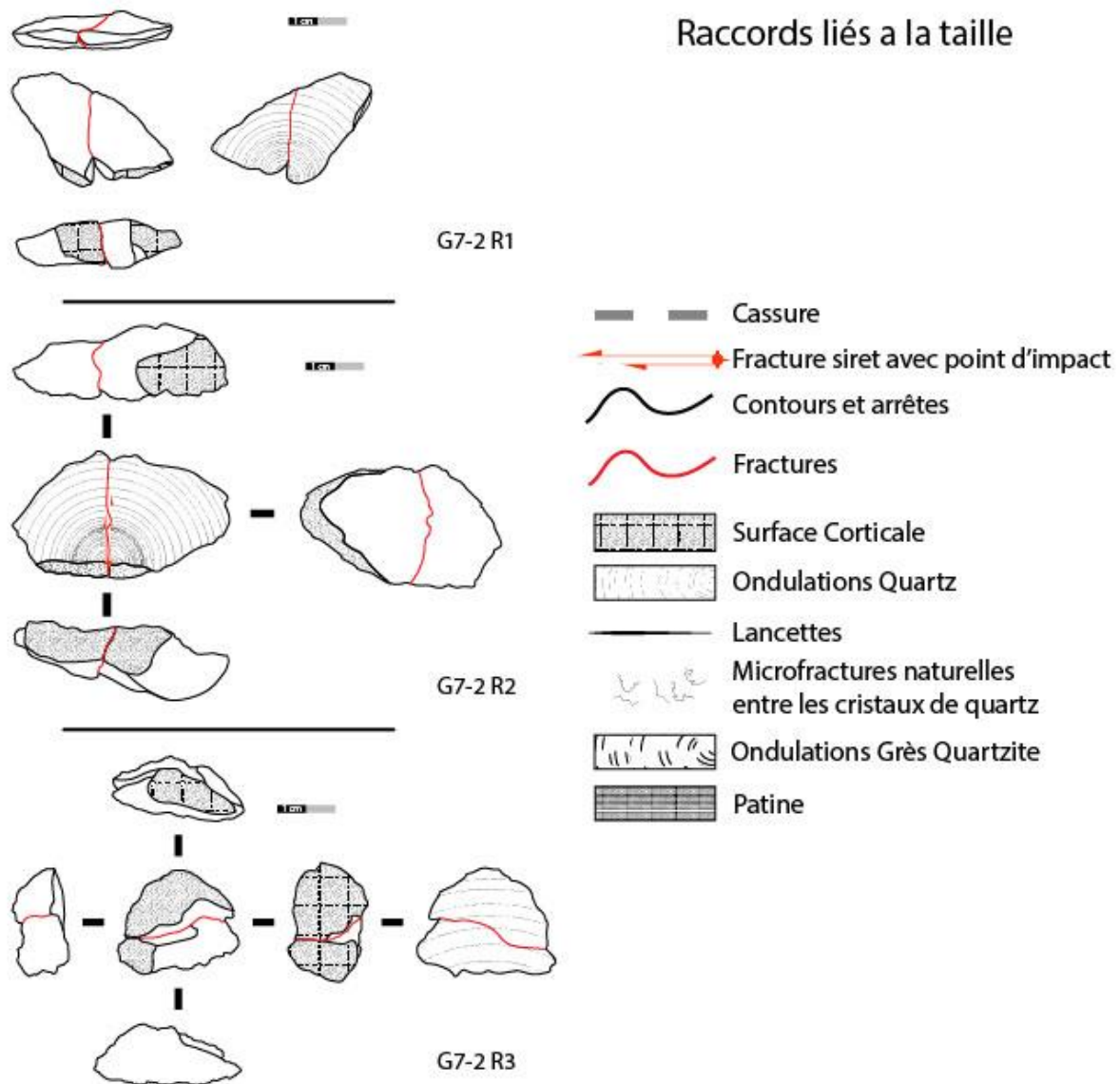


Figure 24 : schéma des cassures et raccords observés sur la localité de G7-2. R1 : pièces 160 et 232 ; R2 : pièces 105 et 115 ; R3 : pièces 159 et 223

Les raccords de la localité G7-2 présentent des accidents de Siret notamment sur R1 et R2 qui sont associés à des comportements de taille de la pierre. La cassure R3 présente un cortical saccharoïde et une texture très fissurée, la cassure peut être liée aux différents événements développés ci-dessus sur les sites G7-3.1 et 2. Cependant cette cassure peut aussi être liée à des accidents de taille dus à la matière saccharoïde du quartz qui présente ces nombreuses fractures internes et qui peut amener à ce type d'accident.

3. Données spatiales

a. Morphologie des sites

Pour approfondir notre compréhension des distributions spatiales des artefacts sur les sites de G7-3.1 et G7-3.2, nous avons utilisé l'analyse de densité de Kernel. Cette méthode permet de visualiser la concentration des artefacts et d'identifier des zones de forte densité, offrant ainsi un aperçu des patterns de distribution. Afin de mieux appréhender la relation entre ces concentrations et la topographie des sites, une carte topographique réalisée par le moyen de la photogrammétrie – ces données ont tout d'abord été traitées sur Metashape (Agisoft, 2016) pour créer un modèle 3D du site et traité sur Cloudcompare (CloudCompare, 2024) pour créer les cartes de chaleur. Cela nous a permis de visualiser la morphologie des sites de G7-3.1 et G7-3.2 en trois dimensions. Cette carte facilite l'appréciation de la forme du terrain et permet de comparer les concentrations d'artefacts avec les caractéristiques géomorphologiques des sites, enrichissant ainsi notre analyse des distributions spatiales.

G7-3.1

- Morphologie de la localité

La localité G7-3.1 présente une topographie complexe avec des variations de hauteur allant de zéro à trois mètres. La partie sud-ouest du site est caractérisée par des zones basses, où un passage d'eau distinct est marqué en bleu sur la carte topographique. Ces zones indiquent des conditions hydrologiques spécifiques qui ont pu influencer la répartition des artefacts. En contraste, la partie nord-est du site est nettement plus élevée, avec une coupe naturelle représentée en rouge, signalant des élévations significatives du terrain.

Au nord-ouest, on observe une zone relativement plane, indiquée en jaune, qui pourrait avoir servi de zone de dépôt ou de passage. Au centre du site, un monticule entouré de petites rigoles résultant du passage de l'eau, forme une caractéristique distinctive du paysage. Ces rigoles témoignent du ruissellement qui a pu jouer un rôle dans la distribution des artefacts.

Cette répartition variée de la morphologie topographique fournit un contexte précieux pour l'analyse des artefacts, en mettant en lumière les influences potentielles des caractéristiques géographiques sur leur répartition.

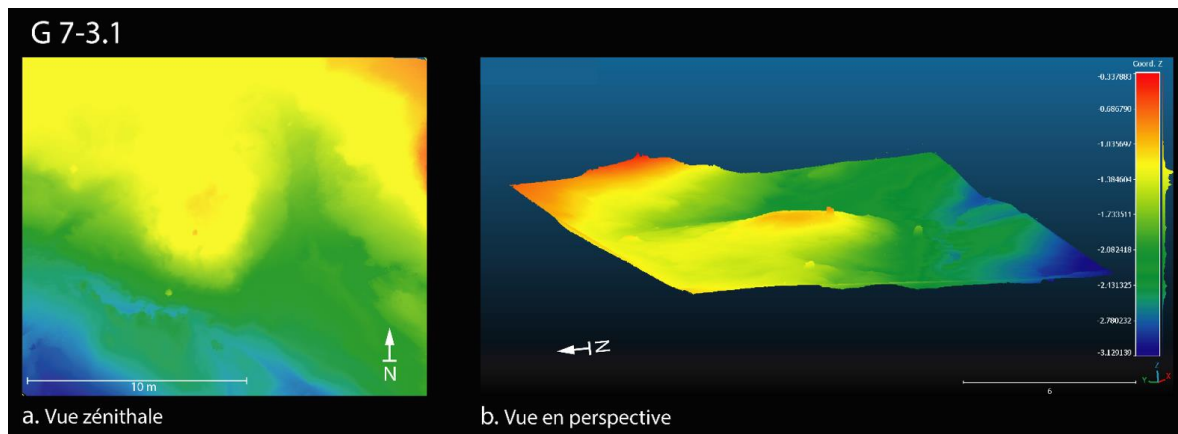


Figure 25 : Carte isochrone G7-3.1 en rouge les parties les plus hautes du site et en bleu les plus basse (CloudCompare, 2024)

- Estimation de densité de Kernel

L'analyse de densité de Kernel (Figure 26) révèle une forte concentration des artefacts sur la partie nord-ouest du site, sans forme particulière prédominante. En outre, une accumulation notable est observée en périphérie d'un monticule central, avec quelques artefacts localisés sur la partie supérieure du monticule. Cette répartition suggère que les artefacts étaient présents à ce niveau avant la perturbation du site, indiquant potentiellement une activité ou un dépôt significatif dans cette zone avant que des processus de perturbation n'affectent leur distribution actuelle de ce fait les artefacts semblent davantage concentrés dans les rigoles formées par l'érosion plutôt que sur des surfaces planes.

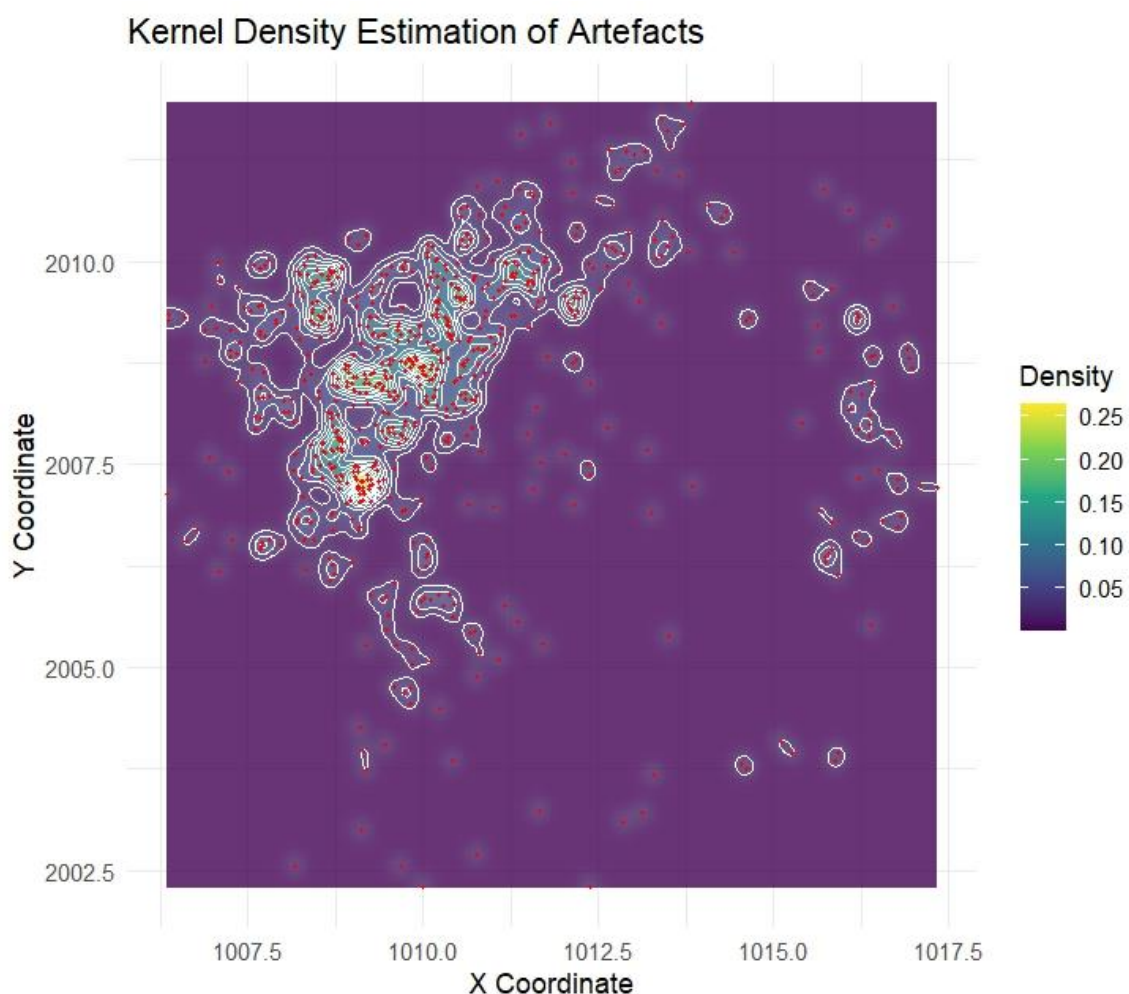


Figure 26 : Analyse de Kernel de G7-3.1 avec en bleu les zone avec les plus basses densités et en jaune les plus fortes

G7-3.2

- Morphologie de la localité

La localité G7-3.1 présente une topographie variée, avec une différence de hauteur allant de zéro à environ trois mètres pour les parties les plus élevées (Figure 27). Les zones les plus basses se trouvent sur la partie sud du site, marquées en bleu sur la carte thermique, où le passage de l'eau a laissé des traces visibles.

À l'extrémité nord du site, on trouve un monticule d'environ un mètre de hauteur, qui constitue la zone la plus élevée. Ce monticule est entouré de démarcations distinctes sur la *carte isochrone*. À droite du monticule, on observe une forte démarcation indiquant un passage d'eau marqué, tandis qu'à gauche, les démarcations sont plus fines et ondulées, semblables à des formations de rivière en tresse mais à une échelle réduite.

Ces petites démarcations de passage de l'eau s'étendent progressivement vers le sud le long de la pente, s'affinant à mesure qu'elles s'éloignent du monticule. Cette configuration

reflète les différents processus d'érosion et de dépôt qui ont façonné la morphologie du site.

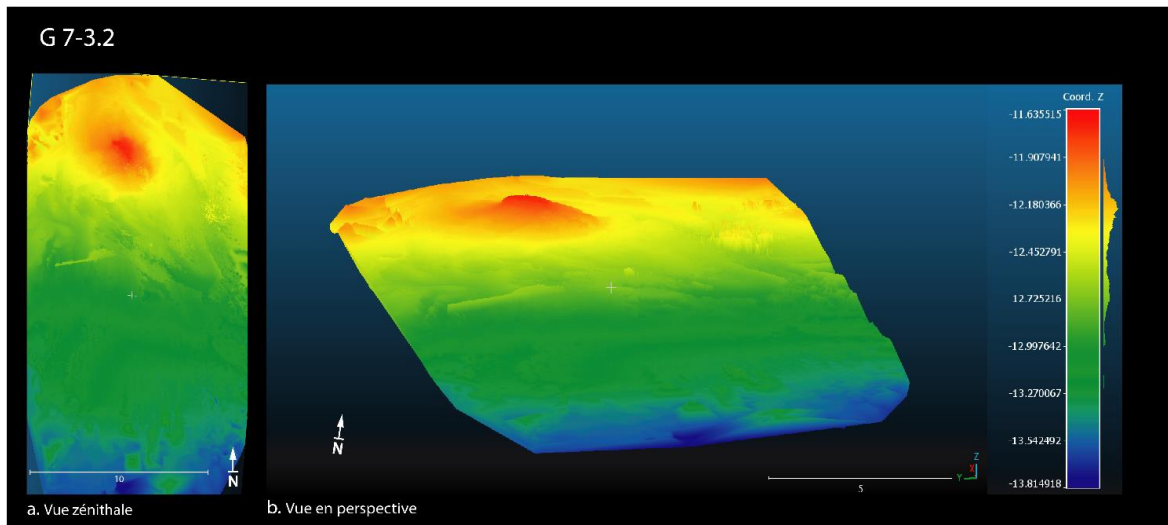


Figure 27 : Topographie de G7-3.2 en rouge les parties les plus hautes du site et en bleu les plus basses.(CloudCompare, 2024)

- Estimation de densité de Kernel

Pour le site G7-3.2, l'analyse révèle une organisation des artefacts autour de plusieurs points d'intérêt, formant des lignes de concentration différentielles principalement sur la partie sud-ouest du site (Figure 28). Ces clusters correspondent à des zones de ruissellement, soulignant l'influence de ces événements hydrologiques sur la répartition des artefacts. La régularité des formes de concentration est beaucoup plus marquée comparée à celle des autres sites. Le site présente deux principales concentrations préférentielles : une sur la partie nord-est et une autre sur la partie sud-ouest, reflétant les impacts des événements de ruissellement et la formation de structures morphologiques spécifiques liées à ces processus.

Les artefacts présentent donc une concentration dans des rigoles d'écoulement créées par le passage de l'eau au sud du site et une concentration plus éparse dans le nord du site.

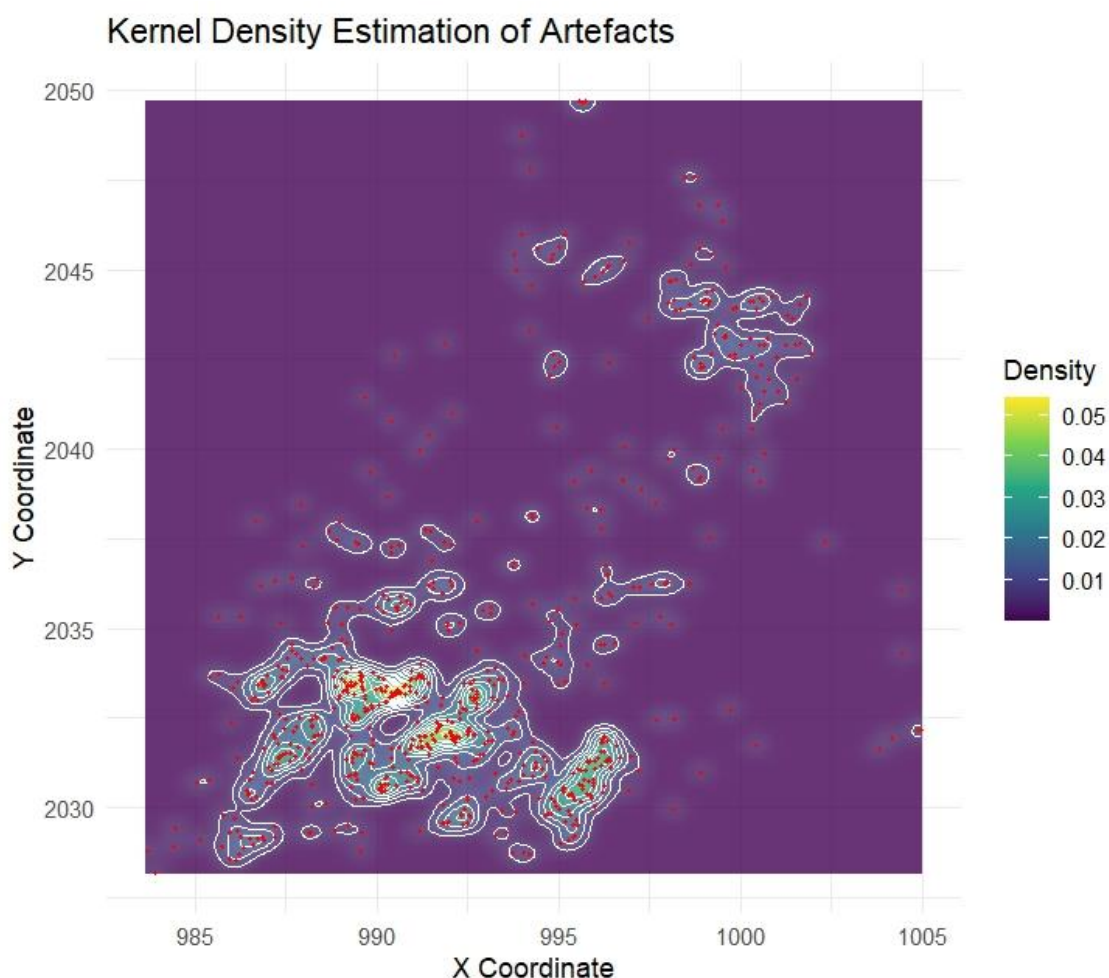


Figure 28 : Analyse de Kernel de G7-3.2 avec en bleu les zone avec les plus basses densités et en jaune les plus fortes

G7-2

Pour le site G7-2, plusieurs accumulations de pièces ont été identifiées, se concentrant principalement dans trois zones (Figure 29) : une au sud, une à l'est, et une au centre. Cette dernière présente des configurations concentriques distinctes, avec cinq zones séparées relativement similaire à ce que l'on peut retrouver sur EXMORS (Annexe 4). Cependant, l'analyse de densité par Kernel, réalisée sur ce site, ne peut être intégrée à une carte topographique de la localité. Cela est dû au fait que ce site a été relevé selon une méthodologie différente, et n'a pas bénéficié d'un relevé par photogrammétrie. Cette absence de données morphologiques précises limite notre compréhension des raisons sous-jacentes à ces accumulations observées.

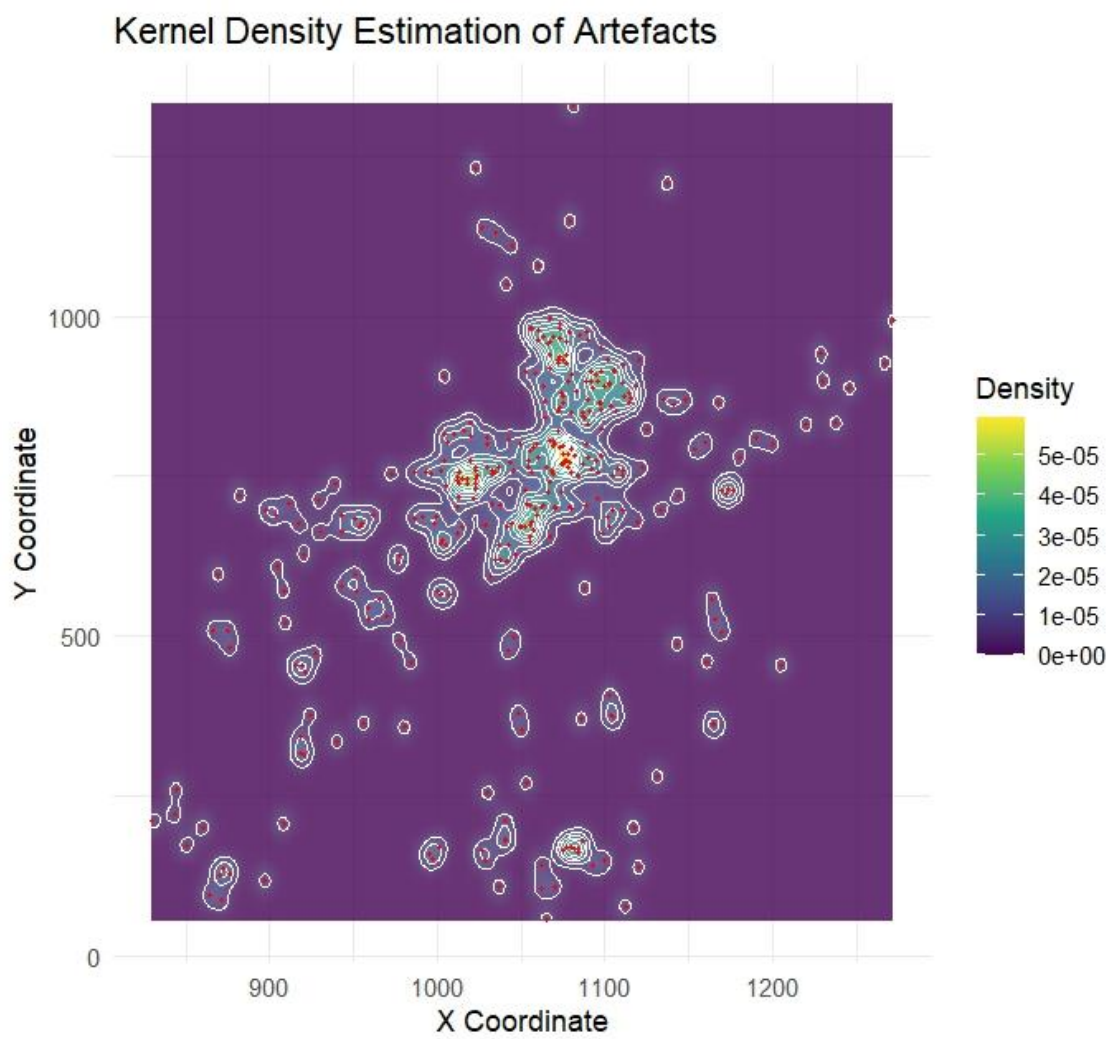


Figure 29 : Analyse de Kernel de G7-2 avec en bleu les zone avec les plus basses densités et en jaune les plus fortes

b. Résultats de l'analyse du type de fabrication

Analyse des orientations et inclinaisons

Les analyses effectuées sur les échantillons G7-3.2, G7-3.1 et G7-2 à partir des modèles établis par Fabryca β 2.0 (Thomas, 2020) révèlent des tendances d'orientation distinctes :

- L'échantillon G7-3.2 (Figure 30) présente une orientation modérée des objets, **principalement dans un plan**. L'analyse bimodale suggère une légère complexité dans l'orientation, sans toutefois révéler une orientation secondaire dominante. Ces résultats indiquent un dépôt ou une perturbation ayant entraîné une organisation non-aléatoire des objets vers le nord-ouest.
- L'échantillon G7-3.1 (Figure 30) se caractérise par une orientation très marquée et cohérente des objets, **principalement dans une direction spécifique**. L'absence de distribution bimodale suggère une orientation unimodale forte, probablement due à un processus ayant soumis les objets à une force directionnelle significative vers le nord.
- L'échantillon G7-2 (Figure 30), contrairement aux deux échantillons précédents, G7-2 présente une fabrique avec une orientation bimodale marquée. Les objets sont **principalement disposés dans un plan, avec deux orientations principales perpendiculaires**. Cette configuration suggère une dynamique de dépôt ou de perturbation spécifique différente des sites pourtant voisins de G7-3.1 et G7-3.2.

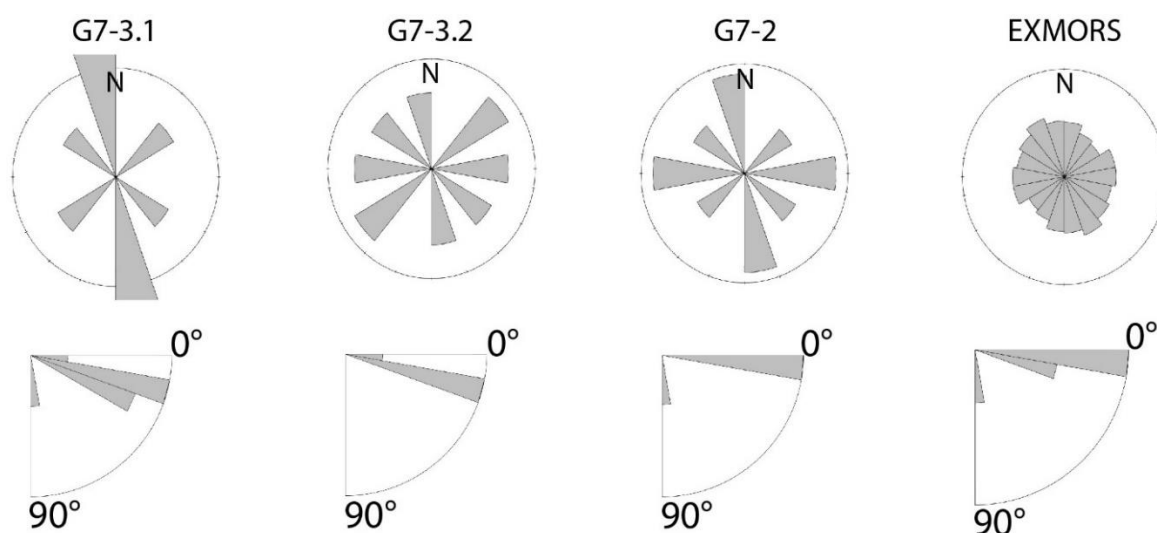


Figure 30 : Représentation graphique de l'orientation et de l'inclinaison des artefacts relevés sur les sites archéologiques G7-3.1, G7-3.2 et G7-2. Les graphiques a à c montrent les orientations privilégiées des artefacts, tandis que les graphiques d à f illustrent leur inclinaison par rapport à l'horizontale.

Analyses des indices

Nous avons effectué ces calculs d'indice dont la signification est précisée ci-dessous (Tableau 12) à l'aide du site Fabryka β 2.0 (Thomas, 2020).

Localité	N	E1	E2	E3	IS	EL	PL	L	R.p	L.double	R.p.double
G7-3.1	696	0.76	0.17	0.07	0.09	0.77	0.13	65.46	0	30.75	0
G7-2	335	0.49	0.45	0.06	0.12	0.07	0.81	2.75	0.78	45.67	0
G7-3.2	703	0.55	0.43	0.02	0.04	0.23	0.74	13.49	0	6.4	0.06
EXMORS	179	0.5	0.44	0.05	0.11	0.12	0.77	8.43	0.28	10.5	0.14

Tableau 12 : Tableau récapitulatif pour chaque site des différents indices utilisés pour analyser le type de perturbation qui ont touché chaque localité

- G7-3.2

N = 703 : cet échantillon est constitué de 703 mesures, ce qui est un ensemble de données assez large pour une analyse statistique fiable.

E1 = 0.55, E2 = 0.43, E3 = 0.02 : les valeurs propres normalisées montrent une fabrique où les objets sont modérément alignés le long de l'axe principal (E1 = 0.55) et intermédiaire (E2 = 0.43), avec une dispersion extrêmement faible sur l'axe mineur (E3 = 0.02). Cela suggère une distribution où les objets sont principalement disposés dans un plan, avec un faible alignement vertical.

IS (Isotropie) = 0.03 : l'isotropie est très faible, ce qui indique une distribution des orientations des objets avec une forte orientation préférentielle dans une direction spécifique.

EL (Élongation) = 0.29 : l'élongation montre une faible proportion d'objets allongés dans une direction, ce qui suggère une certaine mais faible tendance à l'alignement.

PL (Planarité) = 0.68 : cet indice de planarité élevé indique que la majorité des objets sont alignés dans un plan dominant, confirmant une organisation non aléatoire des objets dans l'échantillon.

sd.IS = 0, sd.EL = 0.01, sd.PL = 0.01 : les écarts-types de l'isotropie, de l'élongation, et de la planarité montrent une faible variabilité des valeurs, ce qui indique une certaine homogénéité dans les orientations des objets.

L (Taux d'orientation) = 17.79% : le taux d'orientation de 17.79% suggère une orientation marquée mais modérée des objets dans l'échantillon.

Tr = 16.93 : le paramètre Tr indique une valeur associée à l'orientation des objets, légèrement inférieure au taux d'orientation.

L.double = 17.84% et **Tr.double = 28.73%** : en doublant les orientations pour tester une distribution bimodale, le taux d'orientation reste presque identique (17.84%), tandis

que Tr.double augmente significativement (28.73%). Cela pourrait suggérer une certaine complexité dans l'orientation, mais avec une orientation bimodale faible ou non significative.

En somme, l'échantillon G7-3.2 présente une orientation modérée des objets, avec une disposition marquée dans un plan. La faible isotropie et l'élongation modérée indiquent que les objets ont tendance à s'aligner dans une direction spécifique, mais cette orientation n'est pas extrêmement forte. L'analyse de la distribution bimodale montre que l'orientation principale reste dominante sans grande variation, même en considérant une distribution bimodale. Cela pourrait indiquer un dépôt ou une perturbation qui a entraîné une disposition organisée des objets, mais sans créer de forte orientation secondaire.

- G7-3.1

N = 696 : Cet échantillon est constitué de 696 mesures, ce qui en fait un ensemble de données robuste pour l'analyse.

E1 = 0.76, E2 = 0.17, E3 = 0.07 : Les valeurs propres normalisées indiquent une fabrique où la majorité des objets sont fortement alignés le long de l'axe principal (E1 = 0.76). L'axe intermédiaire (E2 = 0.17) et l'axe mineur (E3 = 0.07) présentent des valeurs beaucoup plus faibles, ce qui signifie que les objets sont très peu dispersés le long de ces axes. Cela suggère une orientation marquée, avec une forte prédominance dans une direction spécifique.

IS (Isotropie) = 0.03 : l'isotropie est très faible, ce qui indique une distribution des orientations des objets avec une forte orientation préférentielle dans une direction spécifique.

EL (Élongation) = 0.69 : l'élongation élevée indique que la majorité des objets présentent une tendance forte à s'aligner dans une direction particulière, suggérant un alignement significatif des objets.

PL (Planarité) = 0.28 : la planarité plus faible montre qu'il y a moins d'organisation dans un plan spécifique par rapport à l'orientation linéaire (élongation).

sd.IS = 0, sd.EL = 0, sd.PL = 0 : les écarts-types de l'isotropie, de l'élongation, et de la planarité sont tous égaux à zéro, ce qui indique une constance parfaite dans les mesures, suggérant que l'alignement des objets est extrêmement cohérent dans tout l'échantillon.

L (Taux d'orientation) = 58% : le taux d'orientation est élevé, indiquant que plus de la moitié des objets sont orientés dans une direction dominante.

Tr = 100 : Ce paramètre Tr, qui est un indice de l'orientation générale des objets, atteint une valeur maximale, soulignant une orientation très forte.

L.double = 15% et **Tr.double = 0** : en doublant les orientations pour tester une distribution bimodale, le taux d'orientation chute de manière significative à 15%, et Tr.double tombe à 0, ce qui suggère que l'orientation dans cet échantillon est fortement unimodale et qu'il n'existe pas de deuxième orientation significative.

En somme, **l'échantillon G7-3.1** montre une orientation très marquée des objets, principalement alignée dans une direction spécifique, avec une forte élévation de l'élongation et un taux d'orientation élevé. La quasi-absence de variabilité dans les indices montre que l'organisation des objets est extrêmement cohérente, sans dispersion significative. La très faible isotropie, couplée à une élévation très marquée, suggère un processus qui a orienté les objets de manière ordonnée, peut-être par une force directionnelle significative (comme un courant d'eau ou un déplacement mécanique). L'absence de distribution bimodale renforce l'idée d'une orientation unimodale très forte, sans déviation significative. Au regard de ces informations nous pouvons assurer une perturbation forte orientant les objets dans une direction marquée.

- **G7-2 :**

N = 335 : Le nombre total de mesures prises pour cet échantillon est de 335.

E1 = 0.49, E2 = 0.45, E3 = 0.06 : Les valeurs propres normalisées indiquent que l'échantillon présente une fabrique où les objets sont légèrement plus alignés le long de l'axe principal ($E1 = 0.49$) et intermédiaire ($E2 = 0.45$), avec une faible valeur pour l'axe mineur ($E3 = 0.06$). Cela suggère que les objets sont principalement disposés dans une direction linéaire, avec une faible dispersion.

IS (Isotropie) = 0.12 : L'isotropie est relativement faible, ce qui indique que les objets ne sont pas répartis de manière aléatoire dans toutes les directions mais présentent une certaine orientation préférentielle.

EL (Élongation) = 0.07 : L'élongation est très faible, ce qui suggère que l'alignement des objets n'est pas particulièrement marqué dans une direction spécifique.

PL (Planarité) = 0.81 : Cet indice élevé de planarité suggère que les objets sont principalement regroupés dans un plan spécifique, avec peu d'élongation dans une direction particulière.

L (Taux d'orientation) = 2.75% : Le taux d'orientation est très faible, ce qui indique une orientation dominante très peu marquée dans l'échantillon.

R.p = 0.78 : La valeur p du test de Rayleigh est élevée (0.78), indiquant que l'orientation dominante n'est pas statistiquement significative. Cela signifie que l'orientation préférentielle des objets dans l'échantillon n'est pas clairement définie.

L.double = 45.67% et **R.p.double = 0** : Lorsque les orientations sont doublées pour tester une distribution bimodale, le taux d'orientation augmente considérablement à 45.67%, avec une valeur p significative de 0. Cela suggère une orientation bimodale marquée, où les objets sont orientés principalement dans deux directions à 90° l'une de l'autre.

En somme, **l'échantillon G7-2** présente une fabrique où les objets sont principalement disposés dans un plan, avec une orientation bimodale significative. La faible élongation et l'isotropie modérée indiquent que les objets ne sont pas fortement alignés dans une direction unique, mais plutôt dans deux directions principales perpendiculaires, ce qui pourrait suggérer une dynamique de dépôt ou de perturbation spécifique au site. Comme différents événements météorologiques ou deux processus différents comme un cours d'eau puis un passage répété de troupeau par exemple.

- EXMORS

N = 179 : Le nombre total de mesures prises pour cet échantillon est de 179, ce qui fournit une base de données solide pour l'analyse statistique.

E1 = 0.50, E2 = 0.44, E3 = 0.05 : Les valeurs propres normalisées révèlent une distribution où les objets sont légèrement plus alignés le long de l'axe principal (E1 = 0.50) et intermédiaire (E2 = 0.44), avec une valeur relativement faible pour l'axe mineur (E3 = 0.05). Cela indique que la fabrique des objets est principalement linéaire, avec un regroupement modéré des objets dans une direction principale.

IS (Isotropie) = 0.11 : L'isotropie relativement faible indique que les objets ne sont pas répartis de manière aléatoire dans toutes les directions, mais qu'il existe une orientation préférentielle dans l'échantillon.

EL (Élongation) = 0.12 : L'élongation est modérée, suggérant que les objets présentent une certaine tendance à s'aligner dans une direction spécifique, bien que cette tendance ne soit pas très forte.

PL (Planarité) = 0.77 : Cet indice élevé de planarité suggère que les objets sont principalement regroupés dans un plan spécifique, ce qui indique une organisation non aléatoire de l'échantillon dans l'espace.

L (Taux d'orientation) = 8.43% : Le taux d'orientation est faible, ce qui indique qu'il n'y a pas une forte orientation dominante des objets dans l'échantillon.

R.p = 0.28 : La valeur p du test de Rayleigh est relativement élevée (0.28), ce qui signifie que l'orientation dominante n'est pas statistiquement significative. Il n'y a donc pas de preuve solide d'une orientation préférentielle des objets dans une direction spécifique.

L.double = 10.5% et R.p.double = 0.14 : Lorsque les orientations sont doublées pour tester une distribution bimodale, le taux d'orientation augmente légèrement à 10.5%, avec une valeur p de 0.14. Cela suggère qu'une distribution bimodale est possible, mais elle n'est pas fortement marquée.

En somme, **l'échantillon EXMORS** présente une fabrique où les objets sont principalement regroupés dans un plan, avec une orientation modérément préférentielle le long d'un axe dominant. L'élongation modérée et l'isotropie faible suggèrent une certaine tendance à l'alignement, mais sans une orientation fortement marquée. L'analyse de la distribution bimodale montre une légère augmentation du taux d'orientation, bien que cette tendance ne soit pas statistiquement significative. Ces résultats indiquent que les objets de cet échantillon ont probablement été influencés par une dynamique de dépôt qui favorise une certaine orientation, mais sans créer un alignement fortement dominant. Cette fabrique est le résultat d'un processus de dépôt spécifique lié à une activité de taille, la faible signification statistique laisse supposer que l'orientation pourrait ne pas être le facteur le plus déterminant dans l'organisation de ces objets.

Diagramme de Benn

Le diagramme de Benn (Benn, 1994 ; Bertran et Lenoble, 2002), élaboré à partir du site Fabryka β 2.0 (Thomas, 2020), présente les trois sites repositionnés en fonction de l'analyse de leur orientation et de leur inclinaison. Les zones définies dans ce graphique correspondent à des régions dérivées d'études expérimentales et archéologiques, où les perturbations ont été caractérisées à l'aide de méthodologies spécifiques. Ces zones représentent ainsi des probabilités associées à des types de perturbations similaires.

Le diagramme (Figure 31) montre les positions de trois échantillons : G7-2, G7-3.1, et G7-3.2 sur un plan ternaire, ce qui permet de comparer la structure des fabriques des objets archéologiques dans ces contextes. Il représente la distribution des fabriques de différents sites archéologiques selon trois axes principaux : IS (Indice d'Isotropie), EL (Fabrique Linéaire), et PL (Fabrique Planaire). Ces échantillons sont visualisés sous forme de points, tandis que des zones colorées entourent les points pour représenter les processus associés

à chaque site, tels que le flux sec, le ruissellement sur pente inférieure à 20°, la solifluxion, et un état non perturbé.

La localité G7-3.1 se situe dans une **zone mixte**, entre celle des sites affectés par des phénomènes de solifluxion et celle des écoulements secs. La solifluxion désigne le déplacement lent de matériaux du sol sous l'effet du gel-dégel, souvent observé en milieu périglaciaire, tandis que l'écoulement sec fait référence à un déplacement de sédiments et de matériaux en l'absence d'eau liquide, généralement sous l'effet de la gravité. Compte tenu du contexte environnemental de la zone étudiée, l'hypothèse de l'écoulement sec semble la plus probable pour ce site.

La localité **G7-3.2** se situe à la frontière de la **zone indiquant un écoulement de faible intensité sur une pente inférieure à 20 degrés**.

En revanche, la localité **G7-2** se trouve dans la zone correspondant à des sites ayant subi **peu**, voire **aucune perturbation**.

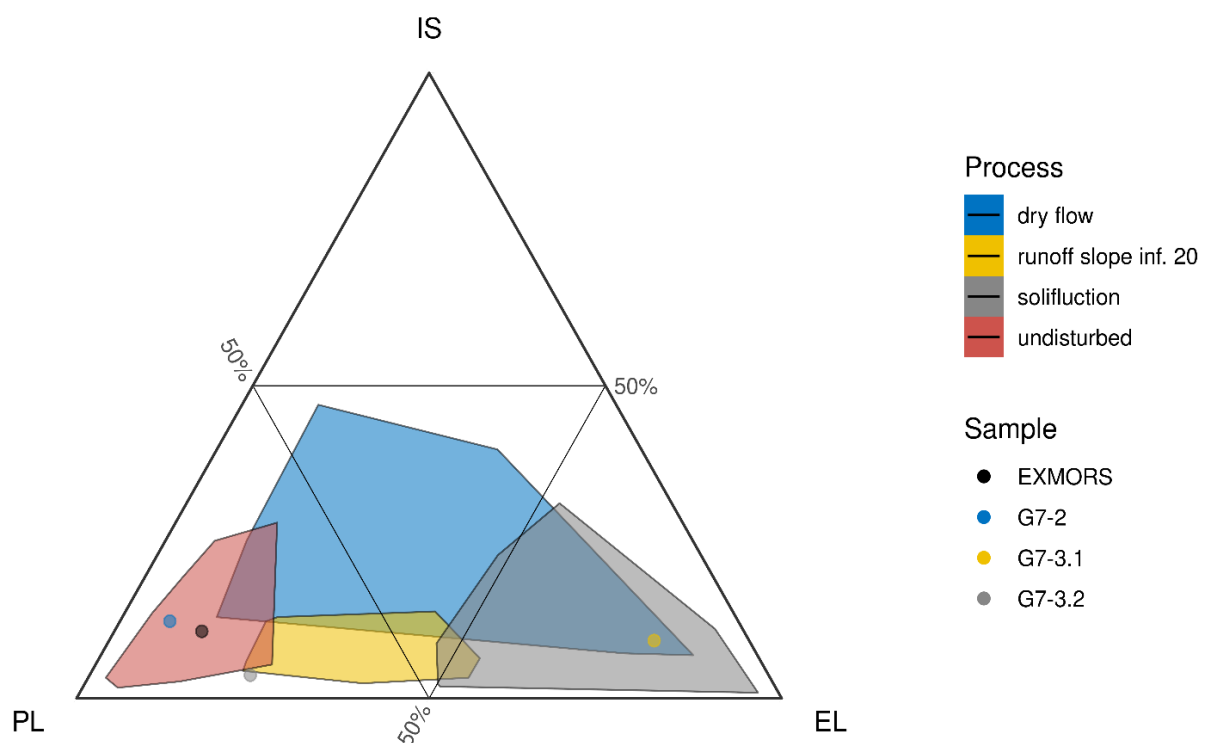


Figure 31 : Diagramme de Benn permettant l'analyse de la perturbation des sites en fonction de leur position dans le diagramme. Chaque zone correspond à un type **potentiel** de perturbation. La zone bleue représente les sites ayant été perturbés par un flux sec. La zone jaune indique la présence de sites perturbés par le ruissellement sur une pente inférieure à 20 degrés. La zone grise correspond à la solifluxion, tandis que la zone rouge représente un état non perturbé.

c. Disposition des artefacts

G7-3.1

Au regard de la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**-b nous n'observons pas de concentration particulière par matière première. La Figure 26 présente une concentration significative signalée entre 0.15 et 0.25 de densité marquant une disposition des pièces préférentielle sur la partie nord-ouest du site.

Les artefacts ont été déplacés en moyenne de 1,26 mètre par rapport à leur position initiale (distance moyenne entre chaque pièce raccordant avec une autre). La dispersion de ces déplacements est mesurée par un écart-type de 0,99 mètre.

La Figure 32.a, montre une concentration de remontages dans la partie nord-ouest du site G7-3.1. On observe un regroupement de pièces formant un cluster, suggérant un déplacement majoritaire des artefacts dans la partie nord-est.

La moyenne de déplacement de 1,24 mètre montre que les artefacts ont été déplacés sur une distance notable. L'écart-type de 0,99 mètre suggère que ces déplacements sont relativement uniformes. Cependant, la concentration des remontages dans le nord-ouest indique que ces déplacements étaient principalement concentrés dans cette zone spécifique.

G7-3.1

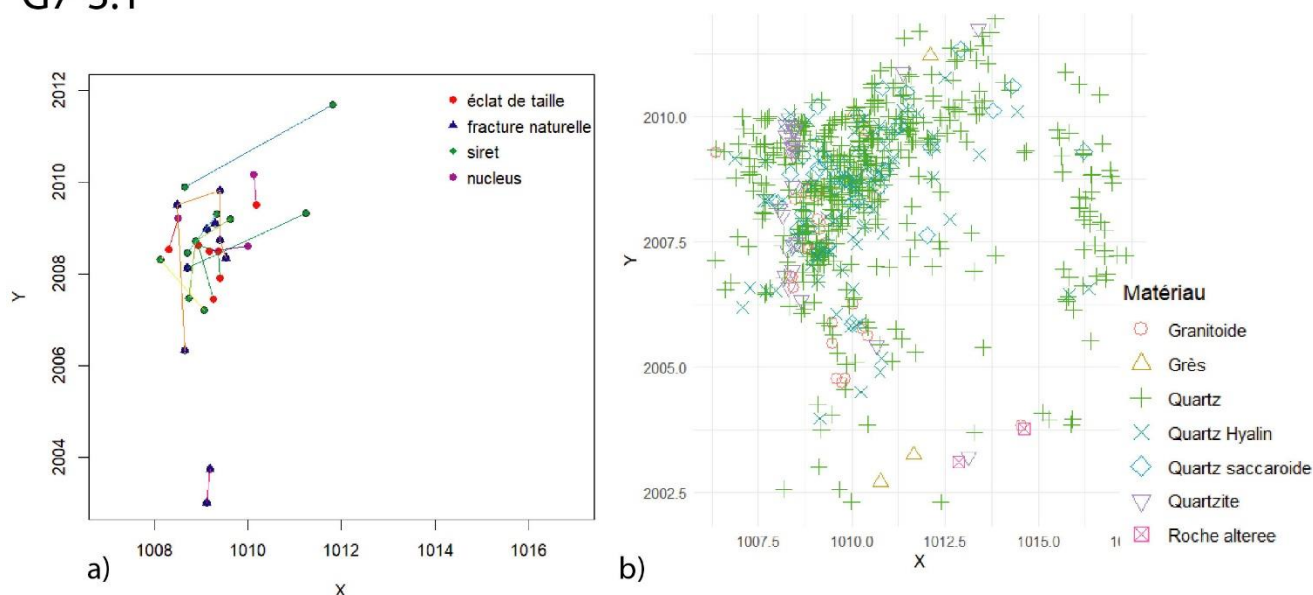


Figure 32 : a) disposition des remontages sur les sites G7-3.1 b) répartition spatiale des pièces en fonction de leur matériau pour le site G7-3.1

G7-3.2

Bien qu'aucune concentration particulière par matière première ne soit observable sur la Figure 33b, la Figure 28 met en évidence une distribution spatiale inhabituelle des artefacts dans la partie sud du site. Une concentration notable (densité comprise entre 0,03 et 0,06) y apparaît, organisée en lignes orientées nord-sud.

Les artefacts ont été déplacés en moyenne de 2,896 mètres. La dispersion de ces déplacements est mesurée par un écart-type de 4,060 mètres – valeur influencée par un raccord particulièrement distant.

La Figure 33.a, révèle des remontages répartis sur toute la longueur du site, avec une concentration potentielle dans la partie sud. Ces observations suggèrent des déplacements importants et hétérogènes des artefacts, avec une tendance générale vers le sud dans le sens de la pente.

G7-3.2

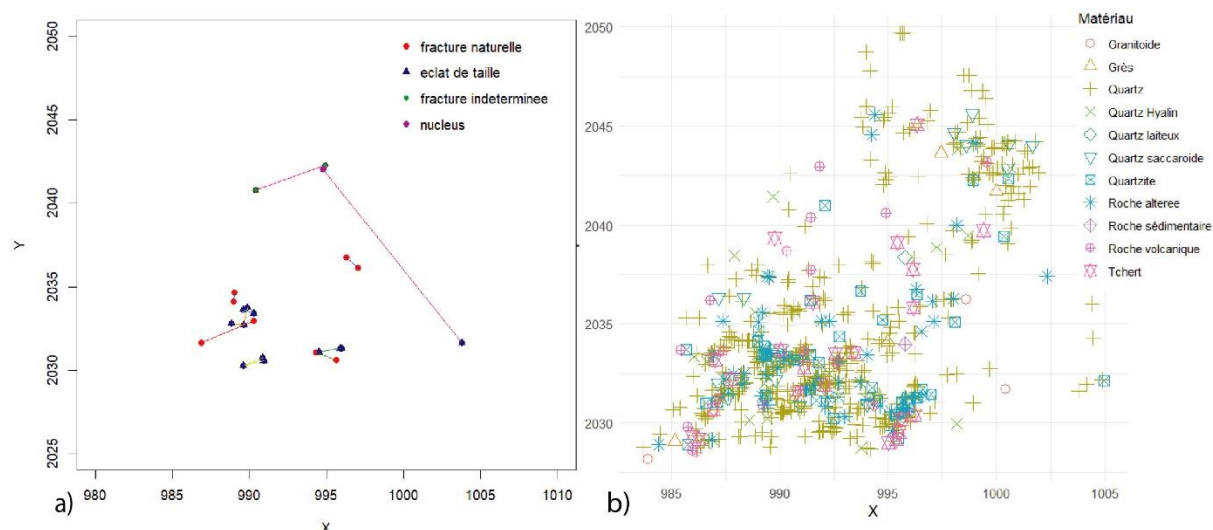


Figure 33: a) disposition des remontages sur les sites G7-3.2 b) répartition spatiale des pièces en fonction de leur matériau pour le site G7-3.2

G7-2

La moyenne de déplacement des artefacts est relativement faible, avec une valeur de 0,802 mètre et un écart-type de 0,456 mètre. Ces résultats suggèrent que les déplacements ont été limités. La Figure 34 b, montre une distribution spatiale assez homogène des matières premières sur l'ensemble du site. Néanmoins, on observe des concentrations notables : du quartz saccharoïde aux coordonnées X=1100, Y=725, et du quartz à deux autres localisations (X=1070, Y=100 et X=1170, Y=700). Autour du quartz saccharoïde, d'autres concentrations de quartz, organisées de manière concentrique (comme illustré sur la Figure 29.c), viennent

renforcer cette observation. Cette répartition spatiale suggère des concentrations cohérentes avec l'idée des éléments liés à des activités de taille in situ peu perturbées spatialement.

G7-2

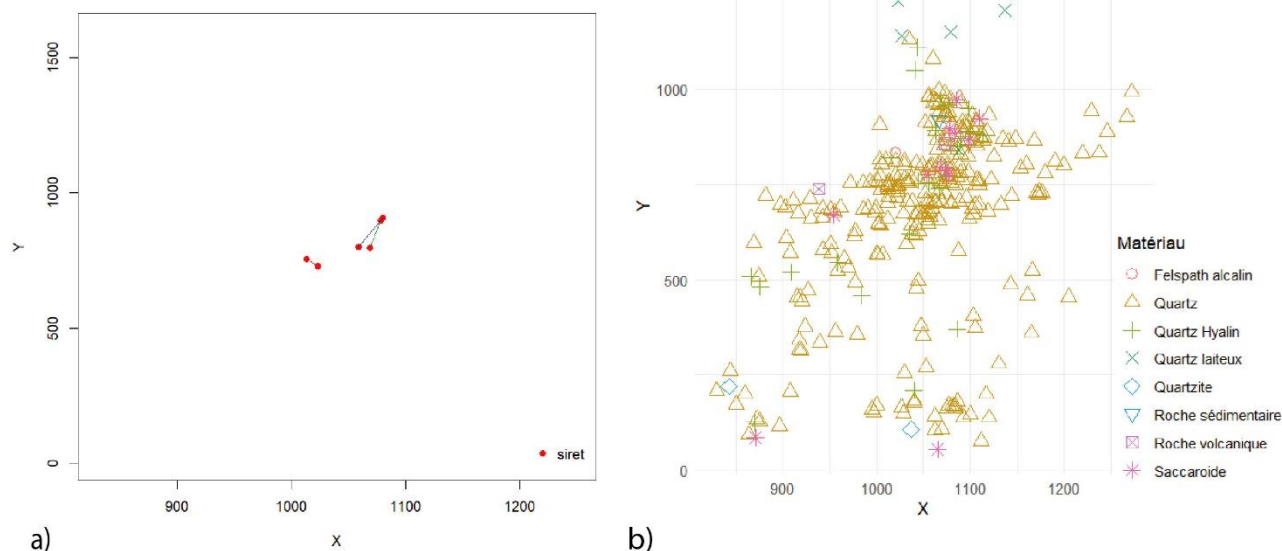


Figure 34 : a) disposition des remontages sur les sites G7-2 b) répartition spatiale des pièces en fonction de leur matériau pour le site G7-2

4. Analyse sédimentaire

Cette analyse préliminaire, réalisée avec l'aide de Pierre Voinchet, Xavier Gallet, et Thibaud Saos (UMR7194), s'inscrit dans le cadre d'une étude en cours visant à caractériser les dynamiques sédimentaires sur les sites ESA de Mormolo. Dans le cas des échantillons de G7-3.1, G7-3.2 et G7-2, l'approche adoptée s'appuie sur une étude granulométrique, accompagnée d'une description qualitative préliminaire des caractéristiques morphologiques des minéraux, en tenant compte de leur degré d'arrondissement, d'angulosité, et des éventuelles formes préférentielles associées à chaque type de minéral (Thibault et al., 2015 ; Tine et al., 2022). Ces premiers résultats, bien qu'encore partiels, ouvrent des perspectives intéressantes pour une compréhension plus approfondie des processus sédimentologiques en jeu (Rossi et al., 2003 ; Belmedrek et Bouzenoune, 2006 ; Coulon, 2014 ; Essabiri et al., 2023 ; Liébault et al., 2023).

a. Granulométrie et sédimentologie

G7-3.1

Le graphique de la localité G7-3.1 (Figure 35.b) montre une distribution granulométrique marquée par une concentration importante des grains autour de 80 μm . On observe un pic bien défini qui atteint une amplitude de 6 à 7, suggérant que cette taille de grain est prédominante dans l'échantillon.

G7-3.2

La distribution granulométrique de la localité G7-3.2 (Figure 35.c) présente un profil similaire à celui de G7-3.1, avec une concentration principale autour de 80 μm . Cependant, le pic est légèrement plus élevé que celui de G7-3.1, atteignant une amplitude de 7, indiquant une présence encore plus marquée de cette fraction granulométrique dans cet échantillon.

H8-4

Le graphique de la localité H8-4 (Figure 35.a) montre également une distribution granulométrique centrée autour de 80 μm , mais le pic d'amplitude est plus modéré, avec une valeur atteignant environ 4 à 5. Cette différence pourrait indiquer une moindre concentration de grains de cette taille dans cet échantillon par rapport aux localités G7-3.1 et G7-3.2. Cela pourrait être lié à un tri dans les sites présentant des perturbations.

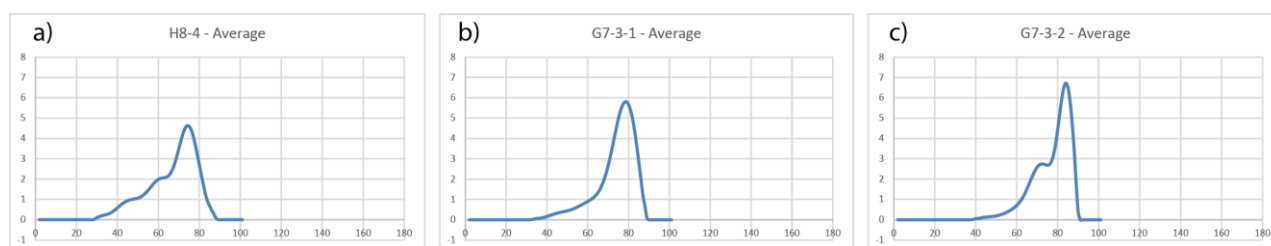


Figure 35 : Graphique de la proportion en fonction de la taille des sédiments dans chaque prélèvement en abscisse la taille des particules en μm et en ordonnée l'amplitude.

b. Description des minéraux

G7-3.1

Dans la fraction de taille 630-200 μm (Figure 36), plusieurs catégories de quartz ont été identifiées. Le quartz se présente sous différentes formes :

- Le quartz frais, caractérisé par des arêtes nettes et une surface propre, montrant peu ou pas de signes d'altération mécanique ou chimique. Ces grains sont probablement issus d'une fragmentation récente ou du moins peu éloignée de la zone de dépôt et n'ont donc pas subi un transport prolongé.
- Le quartz facetté, avec des surfaces planes et des arêtes nettes, résultant d'un processus d'abrasion lors du transport. Ce type de quartz montre des signes d'usure, ce qui indique une origine plus lointaine.
- Le quartz arrondi et émoussé avec une apparence mate, témoignant d'un transport prolongé ou d'une érosion significative. Ses arêtes ont été usées, et la surface, autrefois brillante, est maintenant mate à cause d'une altération chimique ou mécanique.

Ces différentes formes de quartz reflètent une variété de mode de transport - soit en intensité soit en distance, soit les deux. La présence de quartz à facettes suggère une certaine histoire de transport et d'érosion, tandis que le quartz frais indique des fragments plus récemment introduits dans le système sédimentaire.

Les observations incluent également des fragments de couleur verte potentiellement identifiés comme de l'olivine émoussée, ainsi que des cassures fraîches, suggérant une dégradation récente de ces minéraux. Le feldspath, probablement de l'orthose, est également présent, accompagné de minéraux opaques comme l'hématite ou la magnétite.

Des nodules noirs ferromagnésiens, probablement de la magnétite peu anguleuse, ont été notés, ainsi que des fragments de grenat. Le quartz anguleux à très anguleux, de taille millimétrique, bien que peu abondant, est relativement gros et indique une source de haute énergie. Enfin, des sédiments orange, possiblement de la calcédoine, ont été observés.

Dans la fraction de taille 200-100 µm (Figure 36), la proportion de quartz diminue, représentant environ 1/10 à 1/20 de l'ensemble des sédiments. Le quartz présent est frais et bien brillant, variant de formes anguleuses à émoussées. La majorité des sédiments est dominée par l'olivine, allant d'anguleuse à émoussée.

Les minéraux ferromagnésiens opaques noirs sont plus nombreux à ce niveau, indiquant peut-être une source distincte ou des processus de tri spécifiques. Les petits grenats sont également présents mais en quantité réduite par rapport au gradient 630-200 µm.

Dans la fraction de taille 100-50 µm, les minéraux opaques noirs deviennent nettement moins représentatifs et apparaissent plus émoussés et arrondis, ce qui pourrait indiquer un transport plus prolongé ou des conditions de dépôt différentes. L'olivine demeure

majoritaire, tandis que la quantité de quartz semble diminuer significativement. Le feldspath blanc, parfois légèrement opaque, devient plus fréquent. Les grenats sont presque absents dans ce gradient. Cette répartition pourrait être due à des mécanismes de dépôt variés ou à la dureté différentielle des minéraux, certains se fracturant moins facilement et donc apparaissant en plus grande proportion dans certaines fractions granulométriques.

G7-3.2

Dans la fraction de taille 630-200 µm, de la localité G7-3.2 les observations sédimentologiques révèlent une variété de minéraux. Le quartz, qui varie de formes anguleuses à arrondies, est le minéral dominant. Les minéraux verts, principalement constitués d'olivine, qui est peu anguleuse, forment quant à eux une partie majoritaire de cette fraction. Les minéraux rouges, potentiellement de la calcédoine, sont également présents, bien que leur identification reste à confirmer.

Les grains de grenat sont présents en faible quantité et montrent peu de signes de roulage. Le feldspath, principalement anguleux, semble également présent dans une proportion similaire. Les ferromagnésiens roulés constituent une partie notable de cette fraction.

Enfin, des morceaux de grès contenant des grains de quartz ont également été observés, ajoutant à la diversité des composants sédimentaires de cette taille.

H8-4

Dans la fraction de taille 630-200 µm de l'échantillon H8-4 (Figure 36), on observe un mélange hétérogène de minéraux. Le quartz présent est frais. Il présente des formes anguleuses à peu anguleuse. Les éclats ferromagnésiens sont émoussés, sub-émoussés à très émoussés. Les grains de grenat sont roulés, tandis que l'olivine présente une forme plutôt roulée. On note également la présence anecdotique de fragments de schiste et de roches rouge foncé non déterminées.

Pour la fraction de taille 200-100 µm, l'olivine est majoritaire, tandis que le feldspath est peu représenté. Les roches noires opaques sont deux fois moins présentes que dans l'échantillon G7-3.1. Le grenat est présent, ainsi que des petits grains de quartz anguleux.

Dans la fraction de taille 100-50 µm, l'olivine continue de dominer. Les ferromagnésiens montrent des formes similaires à celles observées dans l'échantillon G7-3-1. On observe également des grains de quartz anguleux à arrondis et quelques grenats.

Les échantillons des localités G7-3.1, G7-3.2, et H8-4 montrent des similarités mais aussi des différences notables dans leur composition lithologique. Dans toutes les fractions granulométriques, l'olivine domine, surtout dans les fractions 200-100 μm et 100-50 μm , bien que la proportion de quartz diminue progressivement dans ces fractions plus fines. Cependant, des variations significatives apparaissent. Par exemple, l'échantillon H8-4 se distingue par une présence plus importante de ferromagnésiens émoussés et une plus grande diversité minérale, incluant des fragments de schiste et de roches rouge foncé non déterminées, ce qui n'est pas observé dans les autres échantillons. De plus, les grains de quartz sont majoritairement frais et anguleux dans H8-4, contrastant avec le quartz plus arrondi et usé observé dans G7-3.2. Ces différences suggèrent des origines ou des histoires de transport légèrement distinctes pour ces échantillons, bien que globalement similaires en termes de composition minérale.

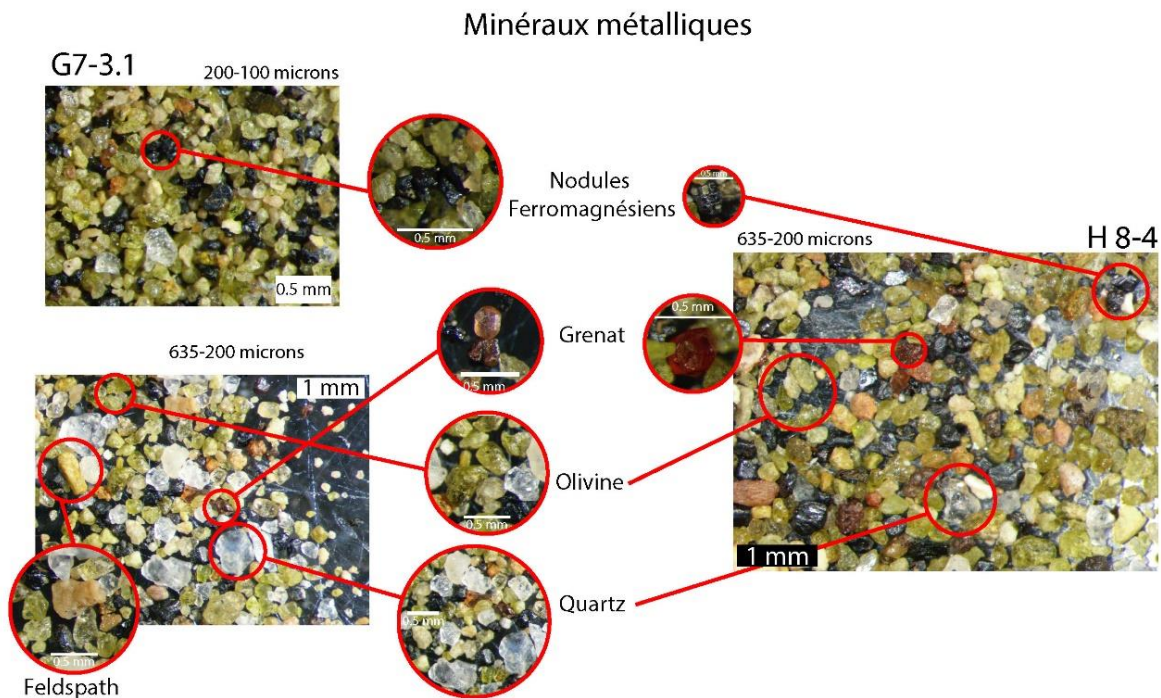


Figure 36 : Photographies des sédiments à différentes échelles de G7-3.1 et H8-4 prises à la loupe binoculaire. Les images montrent les détails des différents minéraux identifiés dans les échantillons une fois la séparation des minéraux métallique faite.

CHAPITRE VI

DISCUSSION

Initialement, notre problématique de recherche **était de savoir si les sites de surfaces décrits comme des ‘ateliers de taille’ par les découvreurs sur le terrain exploitables pour le développement d’une archéologie du paysage**. Pour ce faire nous avons établi différentes questions de recherche.

Quelle sont les différents types de perturbations affectant les sites de surface de Mormolo ?

Est-il possible de replacer un site de surface dans un contexte chrono-culturel plus précis et dans le contexte stratigraphique de la terrasse marine de Mormolo ?

Les accumulations lithiques de surface de Mormolo sont-elles des ateliers de taille ou des types de perturbation et d’accumulation secondaires de matériel archéologique ?

et mis en place une approche combinant études qualitatives (granulométrie et observation sur la composition minéralogique des sédiments; remontage lithique ; classification techno-typologiques) et quantitatives à partir des données que nous avons acquis sur le terrain (coordonnées des artefacts, inclinaison et orientation) pour tenter d’y répondre. Cette approche a été appliquée sur trois sites de surface de Mormolo où des sites qui présentent à première vue une position chrono-stratigraphique proche sont en cours de fouille.

Nous reprenons ici la synthèse des résultats et tentons de répondre à nos trois questions de recherche et ainsi, apporter des éléments de réponse nouveaux à notre problématique initiale.

1. Synthèse des données

Pour synthétiser les caractéristiques principales des sites archéologiques étudiés, nous avons élaboré un tableau récapitulatif (Tableau 13, Tableau 14) comparant plusieurs aspects essentiels. Ces tableaux mettent en parallèle les données des sites G7-3.1, G7-3.2, G7-2, H8-4, et Dungo IV, en tenant compte de divers critères, tels que les coordonnées GPS, l’altitude, le nombre de pièces recueillies, la topologie des sites, la matière première prédominante, les différences techno-typologiques, l’état des surfaces lithiques, la sédimentologie, la « taphonomie » de site, la répartition des pièces, ainsi que les remontages et raccords observés.

Ces tableaux servent de base à une approche comparative pour mettre en lumière les similitudes et les divergences entre ces sites, permettant ainsi une meilleure compréhension des processus de formation et de perturbation qui les ont affectés. L'accent sera mis sur les implications de ces observations pour répondre aux questions de recherches proposées plus haut.

	Caractéristiques	Mormolo G7-3.1	Mormolo G7-3.2	Mormolo G7-2	Mormolo H8-4	Dungo IV
Général	GPS	-12.6420154, 13.251341	-12.6420154, 13.251341	-12.640278, 13.249444	-12.645238, 13.252170	-12.6672034, 13.1529857
	Altitude	119m	118m	113-114 m	117m	89 m
	Nombre de pièces	696	704	348	1585+	2581
	Topologie du niveau				Plat à ondulé	Plat à ondulé
	Topologie site	Pente légère	Pente moyenne	Pente légère	Plat	Plat
Matière première	Dominance du quartz	90,33%	77,16%	93,5%		75,9%
Différence techno- typologiques par rapport à Dungo IV	SOD	Majorité	Majorité	Majorité		Majorité
	SOF	Peu	Peu	Absent	Absent	Peu
	SOG	Présence notable	Présence notable	Présence notable		Présence notable
Etat des surfaces lithiques	Produits frais	+	+	++		
	Produits fracturés	22,56%	27,41%	40,92%		25,7%
Sédimentologie	630 -200 µm	Quartz : majoritaire, frais Olivine : présence, émoussé Ferromagnésien : présence Autres : présence	Quartz : majoritaire, arrondi Olivine : présence, émoussé Ferromagnésien : présence Autres : présence		Quartz : majoritaire, frais Olivine : présence, émoussé Ferromagnésien : présence Autres : présence	
	200-100 µm	Quartz : peu, frais Olivine : majoritaire, émoussé Ferromagnésien : nombreux Autres : absence			Quartz : peu, frais Olivine : majoritaire, émoussé Ferromagnésien : peu Autres : présence	
	100-50 µm	Quartz : peu, anguleux Olivine : majoritaire Ferromagnésien : émoussé Autres : présence			Quartz : peu Olivine : majoritaire Ferromagnésien : peu, émoussé Autres : absence	

Tableau 13 : Partie 1 du tableau synthétique des résultats (---) (--) (-) (+) (++) (+++) informe sur la proportion observée d'un caractère dans une localité (ordonnée de la plus faible proportion à la plus forte de gauche à droite)

	Caractéristiques	Mormolo G7-3.1	Mormolo G7-3.2	Mormolo G7-2	Mormolo H8-4	Dungo IV
Taphonomie de site à partir du modèle de Fabryka β 2.0	Inclinaison-orientation	EL	PL	PL+IS		
	Interprétation	Chute sèche	Ruissellement sur une pente inférieure à 20°	Peu perturbé		
Répartition des pièces	Concentration dans les rigoles	+	+++	+		
	Concentration sur les surfaces planes	++	-	++		
	Zones hautes du site	+/-	++			
	Zones basses du site	+++	++			
Remontages & raccords	Nombre de remontages	12	10	3		46
	Nombre de pièces remontées	30	22	6		188
	Distance moyenne entre les pièces et écart-type	$\bar{x}$: 1,26 σ : 0,99	$\bar{x}$: 2,896 m σ : 4,060 m	$\bar{x}$: 0,802 σ : 0,456		
	Types	débitage, fracture	débitage, fracture	débitage		débitage, fracture
Interprétation des résultats	Degré de perturbation	3 ^{ème} degré	4 ^{ème} degré	2 ^{ème} degré		
	Processus	Chute sèche + exposition par l'eau	Chute sèche + exposition par l'eau + gravité	Exposition par l'eau		

Tableau 14 : Partie 2 du tableau synthétique des résultats (---) (--) (-) (+) (++) (+++) informe sur la proportion observée d'un caractère dans une localité (ordonnée de la plus faible proportion à la plus forte de gauche à droite)

2. Elements de réponses aux questions de recherche

a. Quelle sont les différents types de perturbations affectant les sites de surfaces de Mormolo ?

Les sites archéologiques de surface sont soumis à divers facteurs perturbateurs qui interviennent tout au long de leur histoire, depuis leur formation jusqu'à leur découverte. Bien que les méthodes actuelles ne permettent pas de retracer l'ensemble des perturbations subies par un site, elles offrent la possibilité d'identifier les perturbations les plus récentes, qui sont souvent à l'origine de la mise au jour du site (Bertran et al., 2017 ; Thomas et al., 2019). Ces dernières perturbations jouent un rôle déterminant dans la découverte des sites de surface, car elles sont directement liées à leur exposition.

A Mormolo, la variabilité saisonnière exerce une influence notable à l'échelle locale sur les paysages (Figure 3). Pendant la saison des pluies tropicales, les sols sont fortement engorgés d'eau. Cette saturation est suivie d'une très longue saison sèche, marquée par un assèchement intense qui affaiblit les coupes naturelles (Gandema, 2023 ; Courivaud et al., 2024). Cet affaiblissement provoque des mouvements de chute de sédiments par flux secs, modifiant le paysage tout en transportant également les artefacts présents dans ces coupes vers les zones plus basses. Nous proposons donc les trois scénarios suivants.

- Découverte des artefacts par forte pluie

Après leur déplacement par gravité (chute sèche), les artefacts s'accumulent au bas des pentes. Une forte pluie tropicale peut alors les découvrir dans une zone plane, où l'inclinaison du terrain est faible. Ce processus peut être associé au site G7-3.1 (Figure 4.c).

- Perturbation et déplacement progressif des artefacts

Dans ce second scénario, deux facteurs déterminants interviennent : le temps et l'inclinaison de la pente. Au fil du temps, les eaux de ruissellement perturbent la disposition des artefacts en les déplaçant dans la pente et s'accumulent plus bas (Rossi et al., 2003). L'eau déplace progressivement les sédiments ainsi que les artefacts qu'ils contiennent. À chaque épisode de perturbation, la coupe naturelle recule, augmentant la pente sur laquelle reposent les artefacts. Une pente plus forte entraîne un écoulement d'eau plus puissant, qui marque davantage le sol et déplace plus largement les artefacts. Ce phénomène presque 'exponentiel' est donc influencé par la gravité. Ce processus peut

aboutir à la formation de sites comme G7-3.2, qui continuent à être perturbés jusqu'à leur disparition totale (Figure 4.d)

Un autre phénomène est proposé pour des zones de Mormolo ne présentant pas de coupes naturelles, mais plutôt des zones d'écoulement progressif. Dans ces zones, un niveau lithique en place voit la création d'une pente d'écoulement à la surface de sa stratigraphie. Cette pente subit des phénomènes de déplacement de sédiments similaires, mais sans être perturbée par des chutes par flux sec. Ce processus induit un découverture progressif et lent des couches supérieures, révélant graduellement une localité par le passage répété des écoulements d'eau. Les artefacts restent alors relativement peu perturbés tout en conservant leur forme initiale, un phénomène qui pourrait s'appliquer au site de G7-2 (Figure 4.g).

Ces processus illustrent comment les dynamiques locales, influencées par de nombreux facteurs environnementaux et géomorphologiques spécifiques à chaque localité, peuvent affecter l'intégrité des sites et la préservation des artefacts. Ces phénomènes complexes nécessitent une attention particulière et mettent en évidence l'importance de la prise en compte des moyennes temporelles ('*time average*') (Denham, 2020) lors de l'interprétation des contextes archéologiques, car ils sont susceptibles de varier considérablement d'un site à l'autre.

b. *Les accumulations lithiques de surfaces de Mormolo sont-elles des ateliers de taille ou des types de perturbation et d'accumulation secondaire de matériel archéologique ?*

Tout d'abord, nos résultats démontrent que les sites de surface de Mormolo n'ont manifestement pas tous subi les mêmes types de perturbations, et ces différences semblent être liées à leur position géographique. Ces perturbations sont plus ou moins importantes selon les facteurs et selon leur période de mise en place. En effet, les sites G7-3.1 et G7-3.2 montrent des perturbations distinctes qui ont altéré la disposition initiale des pièces lithiques, alors que les deux sites sont proches de quelques mètres (Figure 31). Dès lors, on peut envisager la mise en place leur perturbation à différentes périodes par exemple.

Le site G7-3.1 présente des indices de perturbations dues à des flux secs, qui ont entraîné l'accumulation et l'alignement des pièces dans le sens de la pente créée par la chute. Le faible déplacement des remontages et leur accumulation dans une zone spécifique renforce cette idée. Cette orientation préférentielle et cette accumulation de pièces suggèrent une perturbation post-dépositionnelle, où les objets ont été redistribués par un processus de gravité.

Le site G7-3.2, quant à lui, semble avoir subi une perturbation en deux phases. Dans un premier temps, un flux sec lié à une chute de coupe contribuant à redistribuer les pièces lithiques. Par la suite, les pluies saisonnières ont accentué cette perturbation, en redistribuant davantage les pièces selon la pente sud-nord. Le fort déplacement des pièces raccordable sur cette localité confirme ce fort déplacement. Cette double phase de perturbation est corroborée par une organisation des pièces à la fois en haut et en bas de la pente, montrant une modification continue du site au fil du temps.

Ces deux localités présentent cependant des points communs. Toutes deux possèdent un monticule sur lequel les pièces se sont accumulées, et les taux de fracturation sont similaires, avoisinant 25%. Ce taux de fracturation est très proche de celui de Dungo IV pourtant enfouis sous plusieurs dizaines de centimètres de sable. Cela suggère donc que les perturbations que nous observons ne sont sûrement pas responsable du taux de fracturation. En somme, nos résultats suggèrent des conditions post-dépositionnelles similaires sur les localités de G7-3, malgré les différences de perturbation initiale. De plus, des critères taphonomiques permettent de différencier ces accumulations de celles observées sur le site G7-2.

Le site G7-2, en revanche, montre des signes de perturbations beaucoup plus faibles malgré un taux de fracturation beaucoup plus important (40,92%) (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.,****Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) et une quantité de pièces lithiques moins dense. La proximité de G7-2 avec les enclos des éleveurs de bœufs pourrait notamment expliquer ce taux de fracturation. Selon les analyses de densité de Kernel, les accumulations lithiques y sont localisées de manière concentrique, et sa position dans le diagramme de Benn le qualifie comme « non perturbé », suggérant un déplacement minimal des pièces (Figure 29, Figure 31, Annexe). Cette configuration laisse supposer que les accumulations sont liées à des activités de taille relativement non perturbées. Contrairement aux sites G7-3.1 et G7-3.2, G7-2 pourrait donc être interprété comme un atelier de taille où les pièces sont restées en place après leur production.

En conclusion, **les accumulations lithiques des sites G7-3.1 et G7-3.2 semblent être le résultat de perturbations post-dépositionnelles significatives, qui ont redistribué les pièces lithiques et altéré leur configuration initiale.** Ces sites représentent probablement des accumulations secondaires de matériel archéologique, où les objets ont été déplacés et réorientés par des processus géologiques ou météorologiques.

À l'inverse, **le site G7-2, avec ses accumulations concentriques et son faible taux de perturbation, semble davantage correspondre à un atelier de taille, où les pièces sont**

restées relativement intactes et en place après leur production. Ce site pourrait donc offrir une vision plus directe des activités humaines ayant eu lieu sur place, contrairement aux accumulations secondaires observées sur G7-3.1 et G7-3.2 et être utilisé comme un corpus de comparaison.

Néanmoins, sur le plan lithique, nous avons vu que les remontages sont encore présents dans ces trois concentrations de surface ; suggérant sur les trois sites la présence de niveaux archéologiques au moins en partie *in situ* (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). De plus, les analyses ont révélé la présence des systèmes de débitage SOD et SOG sur les trois sites, ce qui pourrait indiquer que ces localités perturbées étaient à l'origine des zones d'activités de taille. Cependant, les perturbations causées par les événements météorologiques récents semblent avoir altéré l'organisation initiale des artefacts, compromettant ainsi la conservation de leur disposition originale.

c. *Est-il possible de replacer un site de surface dans un contexte chrono-culturel plus précis et dans un contexte stratigraphique de la terrasse marine de Mormolo ?*

Les analyses combinées des données sédimentaires et lithiques des localités de G7-3, G7-2, Mormolo, et Dungo IV révèlent une similitude visible entre les technologies de taille utilisées sur ces sites et la nature des sédiments associés.

D'une part, l'homogénéité des caractéristiques techniques mise en évidence par la redondance de schémas opératoire de débitage et de production d'outils sur galet (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) suggère l'existence d'un continuum technoculturel, probablement lié à la dispersion de populations partageant des méthodes et des savoir-faire similaires le long du trait de littoral ou à des déplacements de populations occupant ces sites. Cette similitude dans les pratiques lithiques, particulièrement le choix du quartz comme matière première principale et l'utilisation de schémas opératoires de taille courts et répétitifs, renforce l'hypothèse d'un événement culturel commun à l'origine de l'accumulation du ou des niveaux archéologiques visibles dans plusieurs profils à Dungo et à Mormolo (Mesfin Hanon et al., 2023 ; Mesfin Benjamim et al., 2023) et qui sont localisés dans le premier mètre du dépôt des sables rouges. Ils sont datés du début du Pléistocène moyen par Al/Be entre environ 662 000 et 614 000 ans (Lebatard et al., 2019). D'ailleurs l'altitude des sites est tout à fait cohérente sur ces terrasses (proche de +100m) dont l'inclinaison est vers l'océan et les observations de terrain à Mormolo montrent bien que les niveaux perturbés à Mormolo

G7-3.1 G7-3.2 et G7-2 sont à la base des sables rouges comme à Mormolo H8-4 et à Dungo IV.

D'autre part, les analyses sédimentaires apportent un éclairage complémentaire, en montrant que malgré certaines caractéristiques communes des sédiments, les localités de surface comme G7-3.1 et G7-3.2 ont subi des processus post-dépositionnels plus intenses comparés aux sites enfouis de Mormolo H8-4 et Dungo IV. En effet, les sédiments indiquent une origine commune des dépôts, mais des perturbations à l'échelle locale ont altéré leur granulométrie (Figure 35, Figure 36). Il est donc nécessaire de considérer une modification mécanique des sédiments liée à ces perturbations, ou bien un impact de l'écoulement sur la granulométrie des sites (e.g., lessivage de la fraction fine et/ou remaniement de la fraction plus grossière). Ces processus pourraient également expliquer les variations de conservation des pièces lithiques, notamment en ce qui concerne le poli et la patine (Figure 12, Figure 13, Figure 14).

Ainsi, bien que la composition sédimentaire suggère des conditions environnementales similaires lors de la formation des dépôts, certaines différences peuvent être attribuées aux perturbations récentes (voire en cours) subies par les sites de surface. Ces perturbations influencent la position relative des sites dans le registre archéologique, sans pour autant remettre en cause l'existence d'un lien technoculturel commun. Les données sédimentologiques et technologiques, prises ensemble, montrent une cohérence globale qui, malgré les défis posés par les processus post-dépositionnels, permet d'affirmer que les sites étudiés partagent une histoire culturelle et environnementale intimement liée, bien que marquée par des dynamiques d'altération très locales – mêmes entre des accumulations distantes de quelques mètres seulement. Des études complémentaires et notamment quantitatives s'avèrent nécessaires pour affiner ces interprétations et mieux comprendre l'évolution géologique et archéologique des sites concernés.

En somme, il est important de garder à l'esprit que ces phénomènes de perturbation peuvent avoir eu lieu par le passé sur des sites ensuite recouverts par des sédiments. Ces raisonnements permettent de prendre du recul sur notre perception des sites de surface et notamment sur l'histoire d'un dépôt archéologique et ses possibles phases multiples de réexposition à la surface et de *ré-enfouissement*. On peut alors questionner la valeur interprétative d'une datation absolue et reconsidérer celle des épandages de surface peu perturbés. En combinant sédimentologie, analyses de la distribution des artefacts et technologie lithique dans un complexe de site déjà bien caractérisé, il devient possible

d'exploiter les accumulations de surface et de contrôler une partie des biais inhérents aux assemblages lithiques préhistoriques.

CONCLUSION

L'étude combinée des données sédimentaires, spatiales et lithiques des localités de G7-3, G7-2, Mormolo, et Dungo IV met en lumière une série de phénomènes complexes influençant la formation et l'intégrité des sites préhistorique du littoral semi-aride de la Province de Benguela en Angola.

Les similitudes technologiques observées entre ces sites, notamment dans le choix du quartz et l'utilisation de techniques de taille similaires, suggèrent l'existence d'un continuum technoculturel, celui d'un *Earlier Stone Age* tourné vers l'exploitation des galets de plages en quartz et roches volcaniques pour le débitage et la production d'outils sur galets et dans lequel le façonnage est très rare. Ce continuum pourrait être le résultat de la dispersion de populations partageant des savoir-faire communs ou de déplacement sur la bande côtière. D'ailleurs, rappelons que des sites similaires à ceux de Mormolo et de Dungo ont également été signalés sur d'autres terrasses marines de +100m de cette région mais ils restent encore non étudiés à ce jour. Cette cohérence dans les pratiques lithiques renforce l'hypothèse d'un événement culturel commun, ayant marqué l'ensemble de ces espaces, malgré des contextes locaux environnementaux et géomorphologiques distincts. Ces occupations se localisent toutes à la base des sables rouges et serait à placer entre 662 000 et 614 000 ans BP, soit au cours de la première moitié du Pléistocène moyen.

Parallèlement, le programme de prospection et de fouille en cours depuis 2021 sur Mormolo a enregistré plusieurs accumulations de surfaces comme « ateliers de taille de surface » en prospectant les bords de la terrasse marine, là où les sables rouges s'érodent et délivre le matériel archéologique qu'il contenait. Les accumulations de surfaces sont associées à la base de l'unité sédimentaire des sables rouges comme sur les sites contemporains fouillés de Dungo IV et Mormolo H8-4.

Notre travail a donc consisté à vérifier l'intégrité techno-culturelle et stratigraphique des accumulations lithiques de surfaces. En développant une approche combinant analyse techno-typologique, analyse de la distribution des artefacts et sédimentologie préliminaire nous avons pu mettre en évidence que les localités marquées par l'accumulation du matériel lithique à la surface de G7-3.1, G7-3.2 et G7-2 ont subi des processus de perturbation différents bien que les sites soient très rapprochés. Ces accumulations sont toutes dynamisées par l'écoulement de l'eau durant la saison des pluies mais peuvent être accentués par l'inclinaison de la pente, la gravité et d'autres phénomènes comme la chute sèche de coupe, ou les activités pastorales.

Ces différences dans l'altération des niveaux préhistoriques sont également perceptibles par la sédimentologie. Par exemple, nos analyses sédimentaires préliminaires ont révélé des variations dans les processus post-dépositionnels affectant ces sites. Les localités de surface, comme G7-3 et G7-2, ont subi des perturbations plus intenses que les sites enfouis de Mormolo H8-4 et Dungo IV. Ces perturbations, principalement causées par l'eau, rendent l'interprétation des dépôts initiaux plus complexe. Les processus d'érosion et de dépôt, influencés par la topographie, peuvent favoriser soit la dispersion, soit l'accumulation des sédiments. Cela peut créer des illusions optiques qui compliquent encore l'interprétation des sites de surface lors des prospections.

La dynamique climatique alternant longue saison sèche et courte saison de pluies tropicales joue un rôle dans la morphologie des sites. Par exemple, la formation d'une croûte sableuse durant les périodes sèches, observée sur plusieurs sites, semble limiter les perturbations éoliennes et stabiliser temporairement les dépôts. Ces processus illustrent comment les dynamiques locales, influencées par de nombreux facteurs environnementaux et géomorphologiques, créent des phénomènes complexes qui nécessitent une attention particulière et mettent en évidence l'importance de la prise en compte des moyennes temporelles lors de l'interprétation des contextes archéologiques, car ils sont susceptibles de varier considérablement d'un site à l'autre.

Dans le cas spécifique de Mormolo, l'édification des terrasses marines et la présence à ce jour d'un seul niveau archéologique *Earlier Stone Age* à la base des sables rouges, dont les chaînes opératoires lithiques sont déjà décrites et dans lequel les remontages lithiques assurent en partie l'intégrité des occupations, permettent néanmoins d'argumenter en faveur d'une cohérence techno-culturelle, favorable à l'étude des accumulations de surfaces comme celles de G7-3.1, G7-3.2 et G7-2. Cela a été exposé dans nos résultats et tout particulièrement pour la localité G7-2 qui semble avoir connu le moins de perturbation et qui devient donc un très bon candidat pour comparer les données des sites en cours de fouille à la base des sables rouges, soit Mormolo H8-4 et Dungo IV.

Parallèlement, l'ensemble des données présentées dans ce mémoire permettent de comprendre les dynamiques d'érosion des sables rouges qui surplombent la terrasse marine et donc de fournir de nouveaux éléments de réflexion à la compréhension de la mise en place des sites préhistoriques. Plus largement, le contrôle sur l'intégrité des accumulations de surfaces permet d'amorcer plus sûrement le développement d'une archéologie du paysage en préhistoire ancienne, permettant ainsi d'aborder des espaces plus larges que

ceux des fouilles archéologiques et ainsi approcher les questions de territoires et de leur évolution à travers le temps sur le littoral de Benguela.

A l'avenir, des études complémentaires, intégrant des analyses géochronologiques et incluant les méthodologies proposées dans ce mémoire seraient nécessaires pour affiner ces interprétations et approfondir notre compréhension des processus de formation des sites. Ces recherches permettraient de mieux appréhender les dynamiques à l'œuvre dans cette région et d'enrichir notre connaissance des populations *Earlier Stone Age* côtières qui l'ont habitée.

Enfin, l'étude détaillée des processus de formation et de déformation des niveaux archéologiques, basée sur les accumulations de surface, suggère que des mouvements perturbent la formation stratigraphique de la zone et peuvent réorganiser la disposition des sédiments ainsi que leur contenu. Par conséquent, bien que les datations absolues soient des outils précieux, il est essentiel de les utiliser avec discernement, surtout dans le cas des sites de surface. La survalorisation des datations, sans tenir compte des processus de perturbation, peut conduire à des erreurs d'interprétation concernant l'âge et la signification des artefacts.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGISOFT (2016) – AgiSoft PhotoScan Professional, <http://www.agisoft.com/downloads/installer/>
- ALIMEN M.-H., ZUATE Y ZUBER J. (1978) – *L'évolution de l'Acheuléen au Sahara nord-occidental : Saoura, Ougarta, Tabelbala*, Centre national de la recherche scientifique
- ARIAS P., MORERA M.C., FANO M.A., ÁLVAREZ-FERNANDEZ E., ARAUJO A., CUETO M., DUARTE C., FERNANDEZ-SANCHEZ P., IRIARTE E., JORDA-PARDO J., LOPEZ-DORIGA I.L., NUÑEZ S., SALZMANN C., TAPIA J., TEICHER F., TEIRA L.C., UZQUIANO P., VALLEJO J., ARIAS P., MORERA M.C., FANO M.A., ÁLVAREZ-FERNANDEZ E., ARAUJO A., CUETO M., DUARTE C., FERNANDEZ-SANCHEZ P., IRIARTE E., JORDA-PARDO J., LOPEZ-DORIGA I.L., NUÑEZ S., SALZMANN C., TAPIA J., TEICHER F., TEIRA L.C., UZQUIANO P., VALLEJO J. (2015) – Une nouvelle approche pour l'étude de l'habitat mésolithique dans le nord de la Péninsule Ibérique: Recherches dans le site de plein air d'El Alloru (Asturies, Espagne), *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, p.159-190.
- ARNAUD L., BORDES J.-G. (2001) – Une expérience de piétinement et de résidualisation par ruissellement., in *Préhistoire et approche expérimentale*, p.295-311.
- ARZARELLO M., BOUDAD L., PERETTO C., GUISLAIN S., AARAB M. (2012) – Le débitage Levallois du site d'Amane Oukider (Sud-Est du Maroc) : analyse technologique d'un assemblage standardisé, *Comptes Rendus Palevol*, 11, 8, p.567-574.
- AUMASSIP G. (1968) – Le gisement néolithique d'El Bayed, *Libyca*, XVI, p.119.
- BACHELLERIE F., BORDES J.-G., MORALA A., PELEGRIN J. (2007) – Étude typotechnologique et spatiale de remontages lithiques de Canaule II, site châtelperronien de plein-air en Bergeracois (creysse, Dordogne), *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique*, , 19, p.259-280, Société des amis du Musée national de préhistoire et de la recherche archéologique (SAMRA).
- BAILEY H.P. (1979) – Semi-Arid Climates: Their Definition and Distribution, in A. E. Hall, G. H. Cannell, et H. W. Lawton (dir.), *Agriculture in Semi-Arid Environments*, , Berlin, Heidelberg, Springer p.73-97.
- BALISO A., HEATHFIELD L., GIBBON V. (2022) – Informing regional taphonomy research using retrospective forensic anthropology cases in the Western Cape, South Africa, *Science & Justice*, 63.
- BELMEDREK S., BOUZENOUNE A. (2006) – Granulométrie et minéraux lourds des sables dunaires et de plage des secteurs de OuedZhour et de Beni Belaid (Jijel, Algérie nord orientale), <https://www.academia.edu/download/77949198/BEL4507.pdf>
- BEN AROUS E., BATEMAN M.D., DUVAL M. (2024) – Extending the ESR and OSL dating comparison on coastal dune deposits from the Wilderness-Knysna area (South Africa), *Quaternary Geochronology*, 83, p.101580.
- BENJAMIM M.H. (2016) – L'approche ethnoarchéologique de la céramique néolithique du site de Cachama, dans la province de Benguela en Angola, *Technologie et Ethnologie des Mondes Préhistoriques*, , 12, p.97-98 (Afrique : Archéologie & Arts), .
- BENN D. (1994) – Fabric shape and the interpretation of sedimentary fabric data, *Journal of Sedimentary Research*, 64, 4a, p.910-915.
- BERTHELET A. (2002) – Barogali et l'Oued Doure. Deux gisements représentatifs du Paléolithique ancien en République de Djibouti, *L'Anthropologie*, 106, 1, p.1-39.
- BERTRAN P., BORDES J.-G., TODISCO D., VALLIN L. (2017) – Géoarchéologie et taphonomie des vestiges archéologiques : impacts des processus naturels sur les assemblages et méthodes d'analyse, in J.-P. Brugal (dir.), *TaphonomieS*, , Editions des archives contemporaines p.125-166.

- BERTRAN P., LENOBLE A. (2002) – Fabriques des niveaux archéologiques : méthode et premier bilan des apports à l'étude taphonomique des sites paléolithiques, *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique*, 14, p.13-28, Société des amis du Musée national de préhistoire et de la recherche archéologique (SAMRA).
- BIAGI P. (2019) – *Laplace G. 1964 - Essai de Typologie Systématique*
- BIBERSON P., CHOUBERT G., FAURE-MURET A., LECOINTRE G. (1961) – Contribution à l'étude de la «Pebble-Culture» du Maroc atlantique». (1958,1959), (Galets aménagés du Maghreb et du Sahara. Fiches typologiques africaines.), .
- BING C. (2024) – Bing Cartes,
- BORDBAR M.H., SCHMIDT M., MOHRHOLZ V. (2023) – Low confidence in multi-decadal trends of wind-driven upwelling across the Benguela Upwelling System, *Earth System Dynamics*, 14.
- BRAHIM M., BEN AMOR R., GUEDDARI M. (2003) – Essai d'interprétation de la dynamique sédimentaire par l'analyse granulométrique et minéralogique au large du golfe de Gabès, Essay of dynamic interpretation of the grain size and mineralogical analysis off shore the gulf of Gabes, *Bull. INSTM Salammbô*, 30, p.143-151, INSTM.
- BROWN A. (1893) – On the Continuity of the Palaeolithic and Neolithic Periods, *The Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, 22, p.65-98, Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland, Wiley.
- BYOUS J. (2013) – *Hertzian Fractures and Related Terms - A Glossary*, AATR Publishing, 32 p.
- CLIMATE-DATA.ORG (s. d.) – Climat Benguela: Température de l'eau à, Température moyenne Benguela, Pluviométrie, diagramme ombrothermique pour Benguela,
- CLOUDCOMPARE (2024) – CloudCompare, <http://www.cloudcompare.org/>
- CORVINUS G. (1983) – *The Raised Beaches of the West Coast of South West Africa/Namibia An Interpretation of Their Archaeological and Palaeontological Data*, Verlag C.H. Beck München, KAVA, 136 p.
- COULON F. (2014) – *Contribution à l'étude des sédiments marins lors d'opérations de dragage portuaire : re-sédimentation et mobilisation de la pollution organique*
- COURIVAUD J.-R., GATTO L., EL KADI ABDERREZZAK K., PICAULT C., MORRIS M., BONELLI S. (2024) – Le projet Overcome : comprendre et modéliser les processus d'érosion par surverse des digues et barrages en remblai constitués de matériaux grossiers à granulométries étalées, *Revue Française de Géotechnique*, p.6.
- DEBENATH A., DIBBLE H. (2015) – *Handbook of paleolithic typology*, 1 p.
- DENHAM T. (2020) – Landscape Archaeology, in A. S. Gilbert, P. Goldberg, R. D. Mandel, et V. Aldeias (dir.), *Encyclopedia of Geoarchaeology*, Cham, Springer International Publishing p.1-6.
- DOUGLASS M.J., WANDSNIDER L., HOLDAWAY S.J. (2023) – Surface Artifact Scatters, Data Collection, and Significance: Case Studies from Australia and the United States, *Advances in Archaeological Practice*, 11, 1, p.29-41.
- DRISCOLL K. (2011) – Vein quartz in lithic traditions: an analysis based on experimental archaeology, *Journal of Archaeological Science*, 38, 3, p.734-745.
- ELFIKY H., ELFADALY A. (2024) – Mapping the paleo-landscape features and middle or/and later Stone Age settlements of Tokar region, North-eastern Sudan using Radar Sentinel-1 (GRD) imagery, *Heritage Science*, 12, 1, p.185.
- ESSABIRI M., ELIDRISSI A.N., ZAKARIA D., ROUIHA A. (2023) – Dynamique des formations superficielles récentes du bassin de l'Oued Bouchane : Analyse des sables et des argiles, *Revue Marocaine de Géomorphologie*, 7.
- GANDEMA S. (2023) – *Étude expérimentale en laboratoire du comportement hydromécanique de sols gonflants compactés à faible teneur en eau*

GLIGANIC L., MEYER M., MAY J.-H., ALDENDERFER M., TROPPER P. (2021) – Direct dating of lithic surface artifacts using luminescence, *Science Advances*, 7, p.12.

GUIRAUD M., BUTA-NETO A., QUESNE D. (2010) – Segmentation and differential post-rift uplift at the Angola margin as recorded by the transform-rifted Benguela and oblique-to-orthogonal-rifted Kwanza basins, *Marine and Petroleum Geology*, 27, 5, p.1040-1068.

GUTIERREZ M., GUERIN C., KARLIN C., JESUS M. DA P. DE, BENJAMIM M.H., LEBATARD A.-É., BOURLES D.L., BRAUCHER R., LEANNI L. (2010a) – Recherches archéologiques à Dungo (Angola), *Afrique : Archéologie & Arts*, , 6, p.25-47, CNRS - UMR 8068 (Technologie et Ethnologie des Mondes PréhistoriquesS).

GUTIERREZ M., GUERIN C., KARLIN C., JESUS M. DA P. DE, BENJAMIM M.H., LEBATARD A.-É., BOURLES D.L., BRAUCHER R., LEANNI L. (2010b) – Recherches archéologiques à Dungo (Angola), *CNRS - UMR 8068 (Technologie et Ethnologie des Mondes Préhistoriques)*, , 6, p.25-47 (Afrique : Archéologie & Arts), .

HALLINAN E. (2022) – “A Survey of Surveys” Revisited: Current Approaches to Landscape and Surface Archaeology in Southern Africa, *African Archaeological Review*, 39, p.1-33.

HALLINAN E. (2021) – Landscape-scale perspectives on Stone Age behavioural change from the Tankwa Karoo, South Africa, *Azania Archaeological Research in Africa*, 56.

HALLINAN E., PARKINGTON J. (2017) – Stone Age landscape use in the Olifants River Valley, Clanwilliam, Western Cape, South Africa, *Azania: Archaeological Research in Africa*, 52, 3, p.324-372, Routledge.

HODKINSON E.T. (1926) – The stone culture of the Vaal river diggings, *South African Journal of Science*, p.876-886.

HUYSECOM E., MAYOR A., LORENZO MARTINEZ M., AYMERIC NSANGOU J.D.L., BOCOUM H., CAMARA A., CHEVRIER B., GARNIER A., GUINDO N., HAJDAS I., KASSOGUE G., KIENON KABORE H., LEBRUN B., LESPEZ L., LOUKOU Y.S.B., MERCIER N., PELMOINE T., POLLAROLO L., RASSE M., SANKARE F., TRIBOLO C., TRUFFA GIACHET M., VIEUGUE J. (2017) – Milieux et techniques dans la Falémé (Sénégal oriental) et sondages au royaume d’Issiny (Côte d’Ivoire) : résultats de la 19ème année du programme « Peuplement humain et paléoenvironnement en Afrique », in *SLSA Rapport annuel 2016*, p.109.

INIZAN M.-L. (dir.) (1995) – *Technologie de la pierre taillée: suivi par un vocabulaire multilingue allemand, anglais, arabe, espagnol, français, grec, italien, portugais*, Meudon, CREP (Préhistoire de la pierre taillée4), 199 p.

JENNINGS J.N. (1983) – The disregarded karst of the arid and semiarid domain / Le karst méconnu du domaine aride et semi-aride, *Persée*.

JHONSON J.P. (1905) – A summary of recent discoveries of stones Implement in South Africa, *South African Journal of Science*.

JOLYON R. (2024) – Mindat.org - Mines, Minerals and More, *Mindat*. <https://www.mindat.org/>

KALMA J.D., FRANKS S.W. (2003) – Rainfall in arid and semi-arid regions, in *Understanding Water in a Dry Environment*, , CRC Press p.31-80.

KRUHL J.H., PETERNELL M. (2002) – The equilibration of high-angle grain boundaries in dynamically recrystallized quartz: the effect of crystallography and temperature, *Journal of Structural Geology*, 24, 6, p.1125-1137 (Micro structural Processes: A Special Issue in Honor of the Career Contributions of R.H. Vernon), .

LARK-HOROVITZ K., JOHNSON V.A. (dir.) (1959) – 3. Crystal Structure Determination, in *Methods in Experimental Physics*, , Academic Press (Solid State Physics: Preparation, Structure, Mechanical and Thermal Properties), p.187-282.

LAROUSSE (2024) – *Petit Larousse illustré*, Larousse, 2048 p.

LAUBY A., PAGES-ALLADRY J. (1903) – L’abri sous roche de la Trouille, in *Revue d’Auvergne*, , Société des amis de l’Université de Clermont.

- LAVONDES A. (1966) – Reconnaissance des sites de surface, , p.27-45 (Journal de la Société des Océanistes), .
- LEADER G.M., BYNOE R., MARKS T., STONE A., EFRIM K., STRATFORD D., MARAIS E. (2023) – Revisiting the Acheulean at Namib IV in the Namib Desert, Namibia, *Journal of Field Archaeology*, 48, 5, p.380-394, Routledge.
- LEAKEY L.S.B. (LOUIS S.B. (1970) – *Stone Age Africa; an Outline of Prehistory in Africa*, New York, Negro Universities Press, 266 p.
- LEBATARD A.-E., BOURLES D.L., BRAUCHER R. (2019) – Absolute dating of an Early Paleolithic site in Western Africa based on the radioactive decay of in situ-produced ^{10}Be and ^{26}Al , *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 456, p.169-179.
- LEVIEU L., PREWITT C.T., WEIDNER D.J. (1980) – Structure and elastic properties of quartz at pressure, *American Mineralogist*, 65, 9-10, p.920-930.
- LIEBAULT F., DESCHARTRES M., BORNIET L., MELUN G. (2023) – Granulométrie de surface des lits en tresses à partir d'images drone, *Sciences Eaux & Territoires*, p.25-29.
- MARKS T.P. (2015) – Middle and Later Stone Age Land Use Systems in Desert Environments: Insights from the Namibian Surface Record, *The South African Archaeological Bulletin*, 70, 202, p.180-192, South African Archaeological Society.
- MASSE P., LAURENT O. (2016) – Geological exploration of Angola from Sumbe to Namibe: A review at the frontier between geology, natural resources and the history of geology, *Comptes Rendus Geoscience*, 348, 1, p.80-88 (From past to current tectonics), .
- MATEUS O., CALLAPEZ P., POLCYN M., SCHULP A., GONÇALVES A., JACOBS L. (2019) – The Fossil Record of Biodiversity in Angola Through Time: A Paleontological Perspective: Science & Conservation: A Modern Synthesis, in *Biodiversity of Angola: Science and Conservation: A Modern Synthesis*, p.53-76.
- MATILLA K. (2002) – Premiers résultats sur l'étude du matériel en quartz, en roches métamorphiques et magmatiques de gisements charentais du Paléolithique moyen, Abri Bourgeois-Delaunay (la Chaise-de-Vouthon, Charente), couche 9 (fouilles A. Debénath 1963-1983), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 99, 2, p.375-377, Société Préhistorique Française.
- DE MATOS D., MARTINS A.C., SENNA-MARTINEZ J.C., PINTO I., COELHO A.G., FERREIRA S.S., OOSTERBEEK L. (2021) – Review of Archaeological Research in Angola, *African Archaeological Review*, 38, 2, p.319-344.
- MEIGNEN L. (1976) – Le site moustérien charentien de Ioton (Beaucaire-Gard). Etude sédimentologique et archéologique, *Quaternaire*, 13, 1, p.3-17.
- MERINO-PELAZ A., COBO-SANCHEZ L., ORGANISTA E., BAQUEDANO E., DOMINGUEZ-RODRIGO M. (2024) – Unraveling the spatial imprint of hominin and carnivore accumulations in Early Pleistocene African sites, *Archaeological and Anthropological Sciences*, 16, 8, p.128.
- MESFIN I. (2018) – *Les premiers peuplements du cordon littoral d'Afrique australe (1,2-0,6Ma) : analyse productionnelle et morpho-structurale des industries lithiques*, Thèse en préparation, Paris, Muséum national d'histoire naturelle
- MESFIN I., BENJAMIM M.H., BENJAMIM E., BEN AROUS E., DIAS PAVEI D., HANON R., LEBATARD A.-É., RAUL C., TEIXEIRA B., VIE J.-T. (2022) – *Campagne n°3 du projet archéologique de Mormolo—comportements et paléoenvironnements des Hominines anciens sur le littoral de la province de Benguela*
- MESFIN I., BENJAMIM M.H., DIAS PAVEI D., HANON R., RAUL C., BENJAMIM E., SAOS T., GOMBE M. (2022) – *Campagne n°2 du projet archéologique de Mormolo, Angola*

- MESFIN I., BENJAMIM M.-H., LEBATARD A.-E., SAOS T., PLEURDEAU D., MATOS J., LOTTER M. (2023) – Evidence for Earlier Stone Age ‘coastal use’: The site of Dungo IV, Benguela Province, Angola, *PLOS ONE*, 18, 2, p.e0278775, Public Library of Science.
- MESFIN I., BENJAMIM M.-H., RAUL C., BENJAMIM E., DIAS PAVEI D., HANON R. (2021) – Campagne n°1 du Projet Archéologique de Mormolo,
- MESFIN I., HANON R., DIAS PAVEI D., GALLAND A., VIE J.-T., RAUL C., BENJAMIM E., ARBEZ L., BEN AROUS E., BENJAMIM M.-H. (2023) – Campagne n°4 du projet archéologique de Mormolo,
- MESFIN I., LOTTER M., BENJAMIM M. (2021) – A New Approach to Quantifying Raw Material Selectivity in the African Acheulean: Perspectives from Angola and South Africa, *Journal of African Archaeology*, 19, p.1-30.
- MIGNIOT C., LORIN J., DELOUIS A. (1986) – Etude de la remise en suspension des sables sous l’action de la houle, *Laboratoire central d’hydraulique de France*, 72.
- MOREIRA R.P., COSTA A.C., GOMES T.F., DE OLIVEIRA FERREIRA G. (2020) – Climate and climate-sensitive diseases in semi-arid regions: a systematic review, *International Journal of Public Health*, 65, 9, p.1749-1761.
- NARANJO-MAYOR Y., FRANCISCO-ORTEGA I., RODRIGUEZ A. (2016) – The quarry and workshop of Barranco Cardones (Gran Canaria, Canary Islands): Basalt quern production using stone tools, *Journal of Lithic Studies*, 3.
- ORCEL M.J. (1925) – Les méthodes d’examen microscopique des minerais métalliques, , Persée - Portail des revues scientifiques en SHS. https://www.persee.fr/doc/bulmi_0366-3248_1925_num_48_6_3984
- PAGE J. (1990) – *Les déserts. La Planète Terre.*, TIME LIFE, Amsterdam (La Planète Terre)
- PAIS PINTO L. (1988) – Le Musée National d’Archéologie de Benguela (Angola) : bilan des premiers travaux 1979-1987, *Le Musée National d’Archéologie de Benguela (Angola) : bilan des premiers travaux 1979-1987*, , 3, p.5-14.
- PARFENOFF A., POMEROL C., TOURENQ J. (1970) – *Les Minéraux en grains: méthodes d’étude et détermination par Alexandre Parfenoff ... Charles Pomerol ... Josette Tourenq*, Masson et Cie, 25 p.
- PEDOJA K., HUSSON L., REGARD V., COBBOLD P.R., OSTANCIAUX E., JOHNSON M.E., KERSHAW S., SAILLARD M., MARTINOD J., FURGEROT L., WEILL P., DELCAILLAU B. (2011) – Relative sea-level fall since the last interglacial stage: Are coasts uplifting worldwide?, *Earth-Science Reviews*, 108, 1, p.1-15.
- PEÑA P. (2015) – A qualitative guide to recognize bipolar knapping for flint and quartz, *Lithic Technology*, 40, p.1-16.
- PEÑA P. (2017) – Milky Quartz Bipolar Reduction and Lithic Miniaturization: Experimental Results and Archaeological Implications, *Journal of Field Archaeology*, 42, p.1-15.
- PEÑA P. (2020) – Recherches archéologiques à Baía Farta (Benguela-Angola)/Pesquisas arqueológicas na Baía Farta (Benguela-Angola): edited by Manuel Gutierrez and Maria Helena Benjamin. Nanterre, Paris, L’Harmattan, 2019, €39 (softback), 203pp., ISBN 978-2-343-17441-9., *Azania: Archaeological Research in Africa*, 55, p.1-3.
- PUFAHL P., MASLIN M., ANDERSON L., BRÜCHERT V., JANSEN F., LIN H., PEREZ M., VIDAL L., PARTY S. (1998) – 18. Lithostratigraphic summary for Leg 175: Angola-Benguela upwelling system, *Initial Reports*, 175.
- RAJAUD A., NOBLET-DUCOUDRE N. DE (2017) – Tropical semi-arid regions expanding over temperate latitudes under climate change, *Climatic Change*, 144, 4, p.703-719.
- RAYNAL J.-P., MOHIB A., GALLOTTI R., EL GRAOUI M., RUE M., GERAADS D., DAUJEARD C., FALGUERES C., HUBLIN J.-J., MAGOGA L., FERNANDES P., QUEFFELEC A., DELVIGNE V., SBIHI-ALAOUI F.-Z., LEFEVRE D. (2023) – Grotte des Rhinocéros at Oulad Hamida Quarry 1, Morocco, in A. Beyin, D. K. Wright, J. Wilkins, et D. I. Olszewski (dir.), *Handbook of*

Pleistocene Archaeology of Africa : Hominin behavior, geography, and chronology, Cham, Springer International Publishing p.775-793. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20290-2_49

REDDY S.J. (1983) – Climatic classification: the semi-arid tropics and its environment a review., , Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 18, n. 8, p. 823-847, ago. 1983. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/132996>

REIDSMA F., SIFOGEORGAKI I., DINCKAL A., HUISMAN D., SIER M., VAN OS B., DUSSELDORP G. (2021) – *Integrating geoarchaeological techniques to reveal the invisible stratigraphy at Umhlathuzana rockshelter, South Africa: A grid-based approach* Cultural Heritage Agency

REY A., REY-DEBOVE J., ROBERT P. (2023) – *Le Petit Robert de la Langue Française*, Paris, Le Robert, 2840 p.

ROCHE H., BRUGAL J.-P., LEFEVRE D., PLOUX S., TEXIER P.-J. (1988) – Isenya: état des recherches sur un nouveau site acheuléen d’Afrique orientale, *African Archaeological Review*, 6, 1, p.27-55.

ROSSI L., MICHALLET H., BONNETON P. (2003) – Morphodynamique d’une dune, couplage avec l’écoulement,

RRUFF (2024) – IMA Mineral List with Database of Mineral Properties, RRUFF. <https://rruff.info/ima/>

SCERRI E.M.L., WILL M. (2023) – The revolution that still isn’t: The origins of behavioral complexity in *Homo sapiens*, *Journal of Human Evolution*, 179, p.103-358.

SESSA J.A., CALLAPEZ P.M., DINIS P.A., HENDY A.J.W. (2013) – Paleoenvironmental and paleobiogeographical implications of a middle Pleistocene mollusc assemblage from the marine terraces of Baía Das Pipas, southwest Angola, *Journal of Paleontology*, 87, 6, p.1016-1040.

SITZIA L., BERTRAN P., BOULOGNE S., BRENET M., R C., DELAGNES A., FROUIN M., CHRISTINE H., JAUBERT J., KHALIDI L., MESSEAGER E., MERCIER N., PEIGNE S., QUEFFELEC A., TRIBOLO C., MACCHIARELLI R. (2014) – The Paleoenvironment and Lithic Taphonomy of Shi’Bat Dihya 1, a Middle Paleolithic Site in Wadi Surdud, Yemen,

SMET M., WARD D. (2005) – A comparison of the effects of different rangeland management systems on plant species composition, diversity and vegetation structure in a semi-arid savanna, *African Journal of Range & Forage Science*, 22, 1, p.59-71, Taylor & Francis.

SPAGNOLO V., CREZZINI J., FALGUERES C., TOMBRET O., GARBE L., BAHAIN J.-J., GIACCIO B., ARRIGHI S., AURELI D., ECKBERG I., BOSCATO P., RONCHITELLI A., BOSCHIN F. (2024) – Grotta Grande (southern Italy). Disentangling the Neandertal and carnivore interaction in a short-term palimpsest at the last glacial onset (~116-109 ka), *Quaternary Science Reviews*, 331.

SPRY C., FOLEY E., KURPIEL R. (2016) – *Distinguishing between quartz pieces produced from knapping and other means: Problems and a suggested approach*

SPRY C., KURPIEL R., FOLEY E., PENZOKAJEWSKI P. (2021) – Revisiting the “Quartz Problem” in Lithic Studies: A Review and New, Open-access, Experimental Dataset, *Lithic Technology*, 47.

STONE A., LEADER G., STRATFORD D., MARKS T., EFRAIM K., BYNOE R., SMEDLEY R., GUNN A., MARAIS E. (2024) – Landscape evolution and hydrology at the Late Pleistocene archaeological site of Narabeb in the Namib Sand Sea, Namibia, *Quaternary Science Advances*, 14, p.16.

STONE A., STRATFORD D., MARKS T., BYNOE R., EFRAIM K., MARAIS E., SMEDLEY R., LEADER G. (2024) – *S.A.N.D.S. - Surface Archaeology on the Namib Desert Surface.* Copernicus Meetings

- TAIPALE N., KNUTSSON K., KNUTSSON H. (2014) – Unmodified quartz flake fragments as cognitive tool categories: testing the wear preservation, previous low magnification use-wear results and criteria for tool blank selection in two Late Mesolithic quartz assemblages from Finland, *in* p.352-361.
- TEXIER J. (2000) – A propos des processus de formation des sites préhistoriques / About prehistoric site formation processes, *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique*, 12, 1, p.379-386.
- THIBAUT A., JEREMY J., SIMONNEAU ANAËLLE, LE MILBEAU C., MOTELICA-HEINO M., DIGIOVANNI C., SABATIER P., REYSS J. (2015) – *Signification temporelle des accumulations sédimentaires dans le réseau d'assainissement de l'agglomération d'Orléans - approches sédimentologique et géochronologique*
- THIRY M., CARRILLO N., FRANKE C., MARTINEAU N. (2013) – *Technique de préparation des minéraux argileux en vue de l'analyse par diffraction des Rayons X et introduction à l'interprétation des diagrammes* <https://minesparis-psl.hal.science/hal-00872214>
- THOMAS M. (2020) – *Impact des processus géomorphologiques périglaciaires sur l'intégrité des nappes de vestiges : Les systèmes Multi-agents comme outil de la Taphonomie. Développement méthodologique et application archéologique.*, These en préparation, Université de Toulouse (2023-....)
- THOMAS M., DISCAMPS E., GRAVINA B., TEXIER J.-P. (2019) – Analyse taphonomique et spatiale de palimpsestes d'occupations moustériennes de l'abri inférieur du Moustier (Dordogne, France),
- TINE D., FAYE M., FAYE G. (2022) – Caractérisation granulométrique et dynamique sédimentaire dans les plages septentrionales des rivières du sud : cas de la basse Casamance, *Afrique Science Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 21, p.157-173.
- TORO-MOYANO I., DE LUMLEY H., FAJARDO B., BARSKY D., CAUCHE D., CELIBERTI V., GREGOIRE S., MARTINEZ-NAVARRO B., ESPIGARES M.P., ROS-MONTOYA S. (2009) – L'industrie lithique des gisements du Pléistocène inférieur de Barranco León et Fuente Nueva 3 à Orce, Grenade, Espagne, *L'Anthropologie*, 113, 1, p.111-124 (Les premiers habitants de l'Europe), .
- UGALDE P., SANTORO C., GAYO E., LATORRE C., MALDONADO S., DE POL-HOLZ R., JACKSON D. (2015) – How Do Surficial Lithic Assemblages Weather in Arid Environments? A Case Study from the Atacama Desert, Northern Chile, *Geoarchaeology*, 30, p.352-368.
- WALKER R.T., TELFER M., KAHLE R.L., DEE M.W., KAHLE B., SCHWENNINGER J.-L., SLOAN R.A., WATTS A.B. (2016) – Rapid mantle-driven uplift along the Angolan margin in the late Quaternary, *Nature Geoscience*, 9, 12, p.909-914, Nature Publishing Group.
- WENGLER L. (1986) – Erosion et sites de surface au Maghreb, Marja, site du Maroc oriental, *Marja site du Maroc oriental*, 83, p.47-55.
- WERGER M. (1978) – The Karoo-Namib Region, *in* p.231-299.
- WICKENS G.E. (1998) – Arid and Semi-arid Environments of the World, *in* G. E. Wickens (dir.), *Ecophysiology of Economic Plants in Arid and Semi-Arid Lands*, , Berlin, Heidelberg, Springer p.5-15.
- WILLETT F. (1964) – Prehistoric Angola - Prehistoric Cultures of northeast Angola and their significance in tropical Africa. By J. Desmond Clark., *The Journal of African History*, 5, 62, p.308-309, Cambridge University Press.
- WWF (2024) – Terrestrial Ecoregions of the World | Publications | WWF, <https://www.worldwildlife.org/publications/terrestrial-ecoregions-of-the-world>

ANNEXES

Informations supplémentaires sur le protocole expérimental

Provenance

Les galets de matières premières sélectionnées proviennent du site de Mormolo et ont été récoltées lors de prospections dans les secteurs H8 et G8 (Figure 9).

Matière première

matière première	forme	taille (L/l/e en mm)	N°
Quartz saccharoïde	parallélépipédique	140/120/70	1
Volcanique	disque	150/130/50	2
Quartz saccharoïde	ovoïde	130/100/80	3
Quartz saccharoïde	ovoïde	140/90/70	4
Quartz saccharoïde	parallélépipédique	150/100/70	5
Volcanique	disque	129/100/40	6
Quartz	triangulaire	121/90/75	7
Quartzite	plaquette carrée	120/110/54	8
Volcanique	plaquette	127/95/40	9
Quartzite	plaquette	140/130/70	10
Quartz	ovale	140/90/60	11

Annexe 1 : Tableau des blocs de matière première sélectionnées pour la création du site expérimental

Percuteurs

matière première	forme	taille (L/l/e en mm)	n°
Quartz	ovoïde	90/70/50	1
Quartz	ovoïde	90/80/70	2
Volcanique	ovoïde	160/90/80	3
Volcanique	ovoïde	100/70/30	4
Quartz saccharoïde	ovoïde	100/60/60	5
Volcanique	ovoïde	110/70/60	6
Quartz	amygdaloïde	120/100/60	7
Quartz	rond	80/70/40	8

Quartzite	ovoïde	80/60/40	9
Quartzite	ovale	80/60/40	10
Quartz	ovoïde	100/80/60	11
Quartz	ovale	90/80/60	12
Quartz	ovoïde	100/80/60	13
Quartz	ovale	90/70/50	14
Quartz	ovale	90/80/70	15
Quartz	rond	75/62/64	16
Volcanique	ovale	95/45/78	17
Quartz	rond	91/75/62	18
Quartz	ovale	115/65/55	19
Quartz	rond	95/70/75	20
Quartz	ovale	92/67/73	21
Volcanique	ovoïde	110/80/75	22
Quartz	ovale	70/90/56	23
Quartzite	ovale	101/73/46	24
Quartz	ovoïde	115/85/65	25
Quartz	ovoïde	70/55/35	26

Annexe 2 : Tableau des percuteurs sélectionnés pour la création du site expérimental

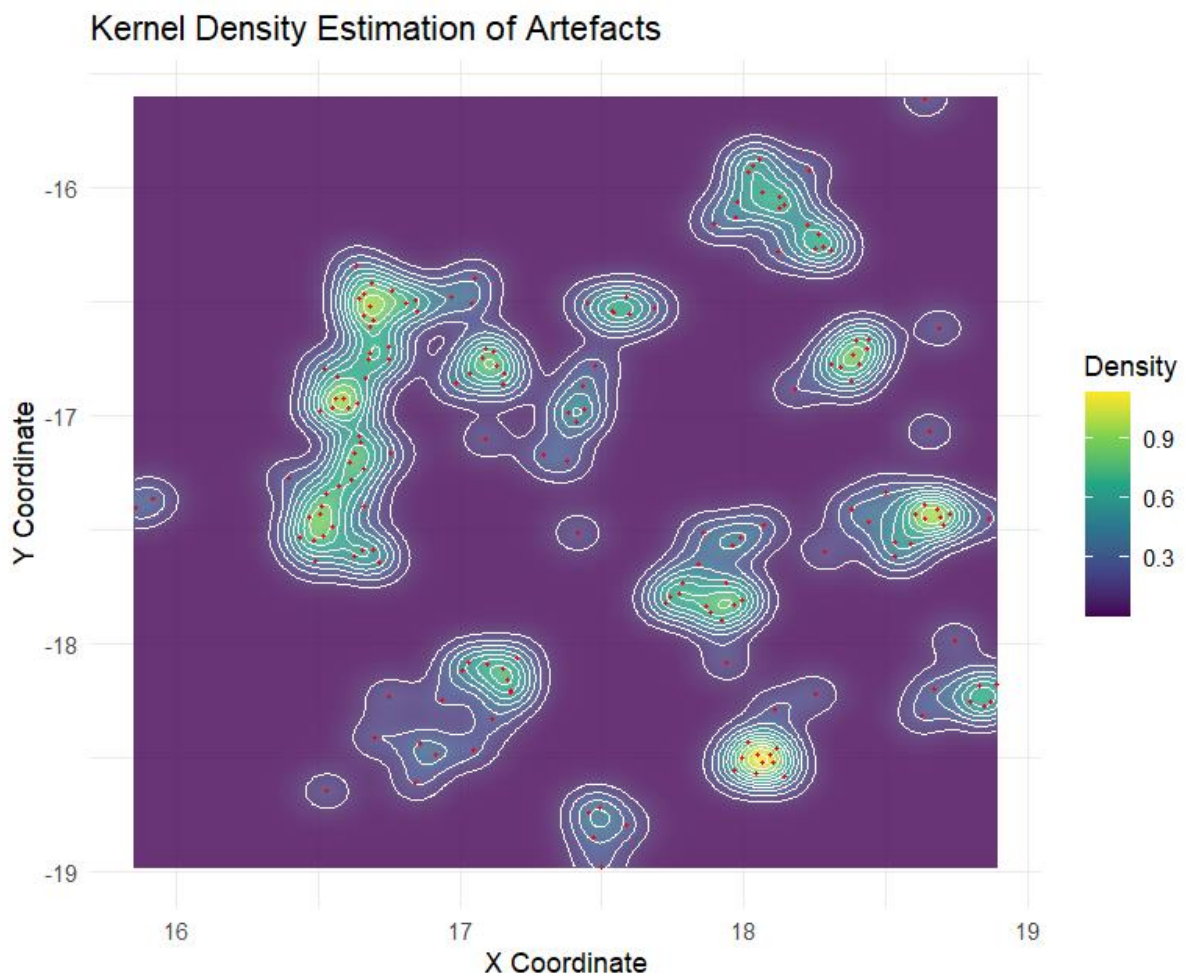
Prélèvements	Argiles	Limons	Sables	SF	SM	SG
G731	0,194	8,265	91,54	21,074	33,053	37,414
G732	0,04	7,931	92,029	21,481	20,105	50,443
H84	2,961	30,23	66,809	30,361	27,013	9,435
Coupe	1,659	19,492	78,849	19,997	36,062	22,79

Annexe 3 : Analyse sédimentaires de chaque échantillons prélevé sur chaque localité

Pour le site EXMORS, l'analyse de densité par Kernel révèle plusieurs zones de concentration d'artefacts, correspondant aux endroits où des activités de taille ont eu lieu. Les zones les plus denses, identifiées par des configurations concentriques bien définies,

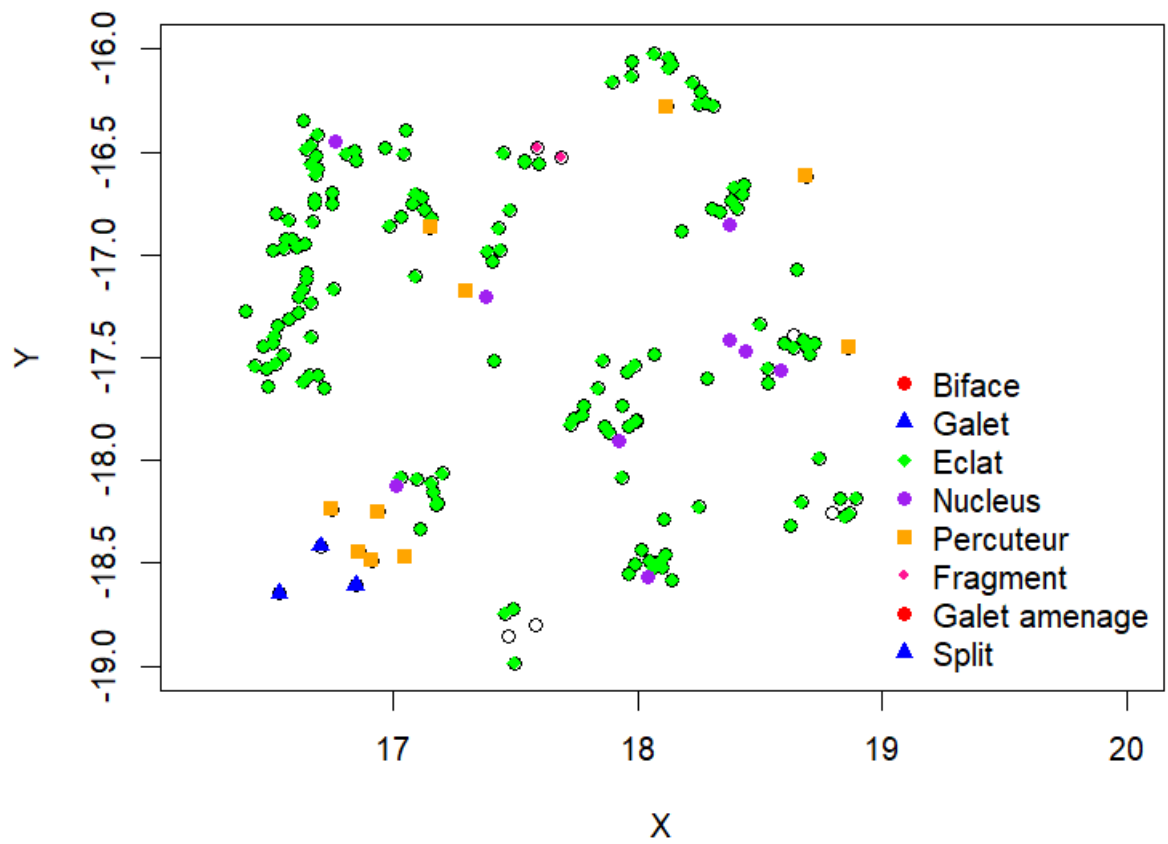
mettent en évidence des emplacements spécifiques où les débris de taille se sont accumulés. Ces concentrations sont éparpillées sur l'ensemble du site, mais montrent une tendance à se regrouper en clusters distincts, ce qui indique des zones d'activité intensive.

La distribution de ces accumulations et leur répartition spatiale reflètent une organisation d'un atelier de taille. Contrairement à d'autres localités où la topographie a pu influencer la disposition des artefacts, les résultats de cette analyse sur le site EXMORS indiquent une relation directe entre les zones d'accumulation et les endroits d'activités humaines, sans que des éléments topographiques majeurs n'aient altéré cette disposition.

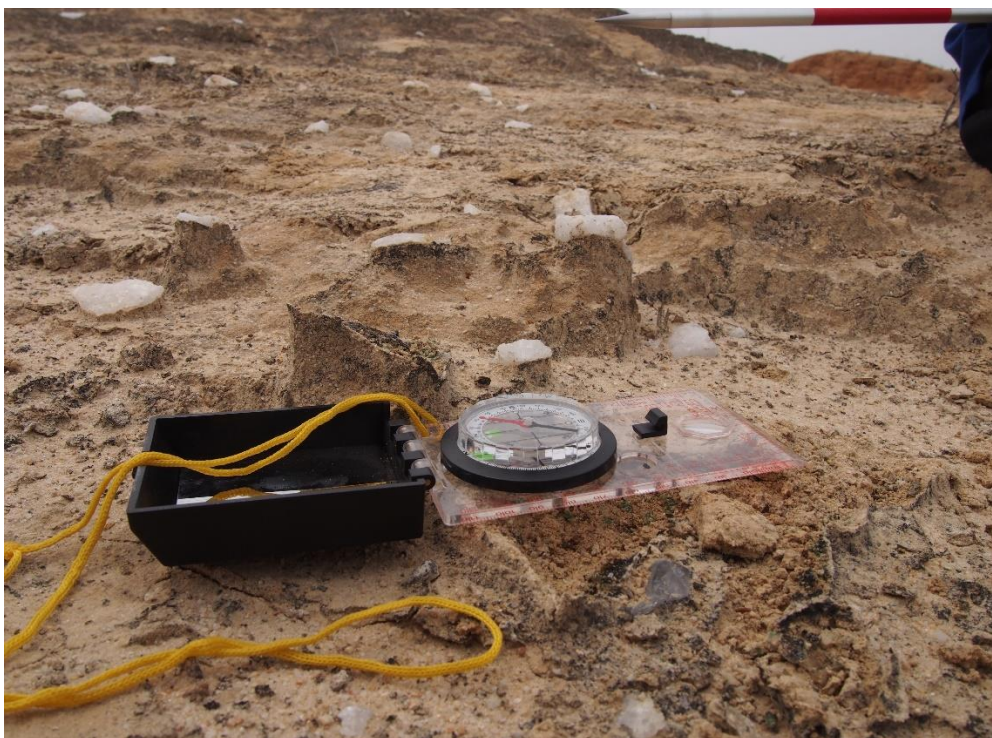


Annexe 4 : Analyse de Kernel de la localité expérimentale EXMORS avec en bleu les zone avec les plus basses densités et en jaune les plus fortes

Répartition des pièces de l'expérimentation



Annexe 5 : Répartition des pièces de la localité expérimentale en fonction de leur typologie



Annexe 6 : illustration de la prise de l'orientation et de l'inclinaison de pièces sur la localité G7-3.1

RESUME

Keywords/mots clés : ESA, Semi-arid, Surface discoveries, Landscape archaeology.

FR : L'archéologie a toujours reconnu l'importance des découvertes de surface pour localiser et caractériser les sites archéologiques. Cependant, peu d'études se sont attardées à étudier de manière rigoureuse ces sites. Les sites de l'*Earlier Stone Age* de Mormolo, dans la Province de Benguela en Angola situés sur des terrasses marines (+100m), constituent un exemple intéressant de grande densité d'accumulation et d'épandages lithiques de surface en contexte semi-aride tropical. A partir de l'étude techno-typologique des artefacts, l'étude de la morphologie des sites, couplée à une analyse de la répartition des artefacts et à une étude des processus de perturbations (Bertran et al., 2017 ; Thomas, 2020), reconstituer les différents événements qui ont affecté les sites de Mormolo. Nous proposons trois scénarios permettant d'expliquer les dernières perturbations influençant l'intégrité des sites de surfaces des plages surélevées de Mormolo. En nous appuyant sur ces modèles de perturbations, nous proposons un contexte techno-culturel auquel rattacher ces nouvelles localités de surface (Mesfin, 2018). Cette recherche contribue à la mise en place de nouvelles méthodologies pour étudier les sites de surface en milieu côtier semi-aride, offrant ainsi des outils précieux pour la gestion et la conservation du patrimoine archéologique angolais et pour le développement d'une archéologie du paysage dans la région. En identifiant les principales perturbations affectant les sites de Mormolo, cette étude souligne la nécessité d'adopter une approche multidisciplinaire pour interpréter les vestiges archéologiques dans des contextes environnementaux complexes.

ENG : Archaeology has always recognized the importance of surface discoveries for locating and characterizing archaeological sites. However, few studies have rigorously examined these sites. The Earlier Stone Age sites of Mormolo, located on marine terraces (+100m) in the Benguela Province of Angola, represent an interesting example of high-density accumulation and lithic surface scatters in a semi-arid tropical context. Through a techno-typological study of the artifacts, combined with an analysis of site morphology, artifact distribution, and disturbance processes (Bertran et al., 2017 ; Thomas et al., 2019), we aim to reconstruct the various events that have affected the Mormolo sites. We propose three scenarios to explain the recent disturbances influencing the integrity of the surface sites on the elevated beaches of Mormolo. Based on these disturbance models, we suggest a techno-cultural context to which these new surface localities can be linked (Mesfin, 2018). This research contributes to the development of new methodologies for studying surface sites in semi-arid coastal environments, providing valuable tools for the management and conservation of Angolan archaeological heritage and for the development of landscape archaeology in the region. By identifying the main disturbances affecting the Mormolo sites, this study emphasizes the need for a multidisciplinary approach to interpret archaeological remains in complex environmental contexts.