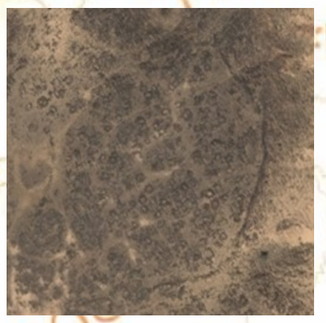
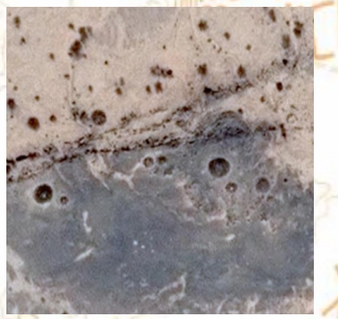
Atlas archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer (Niger)





Atlas archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer de Laurent Jarry est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

Photo de fond de la page de garde issue de « Atlas du PAU (Poncet 1983) »

Version 4.1 avril 2023

Introduction

Cette contribution est le fruit d'une prospection de près de 6 années et sûrement quelques centaines d'heures, si pas plus, d'arpentage d'images satellitaires. Comme le souligne Sparavigna, ces explorations à distance peuvent grandement enrichir les bases de données archéologiques du Sahara, permettant une approche statistique de la distribution des monuments antiques (Sparavigna 2014).

Cet atlas est numéroté en version, ce qui signifie qu'il est appelé à être mis à jour, au grès de l'avancement de ces travaux. Par ailleurs les bases de données des monuments sont publiées selon les termes de la licence de ce même document, permettant ainsi à tout chercheur de produire, à partir de ces données, des recherches sur cette zone du Nord Niger.

La version 4.0 marque une étape importante de cet inventaire, la zone d'étude a été étendue d'un degré à l'est pour couvrir l'ensemble du sud de l'Aïr et la lisière du Ténéré, ainsi que d'1/2 degré vers le nord se calant ainsi sur les cartes IGN 1/200 000è. Outre la vision de plus en plus complète de la zone d'étude, certaines hypothèses sont émises à la suite de travaux statistiques ou géographiques que l'on retrouvera dans les « notes thématiques ». Il n'en demeure pas moins une nécessité de partager ces données et informations afin de recueillir des avis et propositions ou contre-propositions, participant ainsi à la reconstruction de l'histoire de cette région, couvrant une période allant du néolithique au moyen âge et même sur des éléments archéologiques contemporains de la plaine de l'Ighazer et de l'Aïr.

L'Atlas est complété par des « notes thématiques », basées sur une typologie non définitive des éléments archéologiques inventoriés issus de l'observation satellitaire, ainsi que les données brutes disponibles pour tout chercheur amateur ou professionnel.

Tableau 1 : Date de publication des « Notes thématiques »

Notes thématiques	Date
Les monuments quadrangulaires	juillet 2022
Les nécropoles	janvier 2023
Les édifices médiévaux	décembre 2022
Les inventaires du PAU	juillet 2017
Les monuments à alignement	octobre 2021
Les tumulus	octobre 2021
Les monuments en croissant	juillet 2022
Les monuments en cercle	août 2021
Les plateformes	septembre 2021
Les sites médiévaux en danger	janvier 2020
Les mosquées de l'Ayar	décembre 2022
Les palais de l'Ayar	décembre 2022

En parallèle, sont ébauchées des monographies de sites qui concernent l'Ighazer et l'Aïr.

Tableau 2 : Date de publication des « Monographies de site »

Notes thématiques	Date
Des monolithes au sud-est de l'Aïr	juin 2020
La butte d'Anyokan	novembre 2021
Les tertres de Tigerwitt	avril 2019
Le palais de Tombouda	décembre 2022
Baïnabo (village ancien)	novembre 2022

Pour la version 4,1, quelques compléments ont été apportés, comme les cartes sur les rupestres, les datations Carbone 14 ou encore les occurrences de dinosaures. Les statistiques de dénombrement n'ont pas été mises à jour, ce qui peut expliquer quelques différences entre les tableaux et les cartes annexées.

Licence des données

L'ensemble des données de l'Atlas incluant les notes thématiques, est disponible sous la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

Vous êtes autorisé à :

- **Partager** — copier, distribuer et communiquer le matériel par tous moyens et sous tous formats
- **Adapter** — remixer, transformer et créer à partir du matériel

Selon les conditions suivantes :

- **Attribution** — Vous devez créditer l'œuvre, intégrer un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été effectuées à l'œuvre. Vous devez indiquer ces informations par tous les moyens raisonnables, sans toutefois suggérer que l'Offrant vous soutient ou soutient la façon dont vous avez utilisé son œuvre.
- **Pas d'Utilisation Commerciale** — Vous n'êtes pas autorisé à faire un usage commercial de cette œuvre, tout ou partie du matériel la composant.
- **Partage dans les Mêmes Conditions** — Dans le cas où vous effectuez un remix, que vous transformez, ou créez à partir du matériel composant l'œuvre originale, vous devez diffuser l'œuvre modifiée dans les même conditions, c'est à dire avec la même licence avec laquelle l'œuvre originale a été diffusée.
- **Pas de restrictions complémentaires** — Vous n'êtes pas autorisé à appliquer des conditions légales ou des mesures techniques qui restreindraient légalement autrui à utiliser l'œuvre dans les conditions décrites par la licence.

Les données

Les données sont disponibles aux formats **.gpkg** (géopackage pour SIG) et **.csv** (format de données textes utilisables dans tout tableur avec un codage UTF-8), les fichiers plus anciens au format **.shp**. Tous sont téléchargeables suivant ce lien : http://www.ingall-niger.org/bd-ighazer. Elles sont accompagnées d'un **.pdf** qui les décrits statistiquement, complété d'un ensemble de cartographies thématiques.

Dans ce document, l'astérisque QGIS indique qu'une carte est associée au texte,

Outils utilisés

Le Système d'Information Géographique

QGIS est un Système d'Information Géographique (SIG), distribué sous licence publique GNU. C'est un projet officiel de la fondation Open Source Geospatial (OSGeo). Il est compatible avec Linux, Unix, Mac OS X, Windows et Android et intègre de nombreux formats, vecteur, raster, base de données, etc. L'inventaire archéologique satellitaire est réalisé sur les dernières versions « Long Term Release » de QGIS, ici la 3.10, avec les principaux plugins suivants :

Tableau 3 : Principaux plugin QGIS utilisés

Plugins	Description
QuickMapServices	permet l'accès aux vues satellites Google, Bing, etc.
PointSamplingTool	permet de récupérer la valeur d'un raster correspondant à un point, notamment les altitudes de chaque monuments
NNJoin	permet de calculer la distance du voisin le plus proche entre des éléments de couche différentes, permet d'affecter un monument à une zone
Qgis2Web	permet la création de carte pour mise en ligne sur le web

Différents outils d'analyse spatiale ou statistique intégrés à **QGIS** sont également utilisés, comme l'analyse du plus proche voisin, l'emprise, la définition de grille vecteur, la jointure spatiale, etc.

Pour les analyses statistiques proprement dites, le logiciel libre **Orange** de l'université de Ljubjana est utilisé, ainsi que **Rscript** sous sa forme RStudio.

Les vues satellites

L'extension **QuickMapServices** permet d'utiliser les images satellites gratuites de différents fournisseurs avec un zoom satisfaisant (1/1000è) pour les principaux opérateurs Google et Bing. Au delà de ces 2 principaux fond de carte, d'autres fournisseurs peuvent être utilement utilisés pour préciser l'inventaire.

La qualité des images y est variable selon les zones et les fournisseurs, et à l'intérieur même d'un fournisseur. Des nuages par-ci, même en plein désert cela arrive, des flous par là, obligent au jonglage entre les fournisseurs utilisés, pour trouver des images avec un contraste satisfaisant.

On observe par ailleurs un décalage de quelques mètres entre les deux principales références citées, le plus souvent SE-NO, mais cela peut varier selon les images. Si Bing couvre toute la zone avec un niveau de zoom possible important, les images sont le plus souvent avec peu de contraste, à la différence de Google qui a moins d'image en haute résolution mais avec des contrastes plus précis sans toutefois couvrir toute la zone d'étude. Mais ce caractère aussi varie d'une zone à l'autre.

Le plus souvent, il a été utilisé les images Bing pour dessiner ou pointer les éléments archéologiques. On pourra donc observer des décalages, rarement lus de quelques mètres, entre les données fournies dans cet atlas et le fournisseur d'images satellites utilisé.

L'inventaire ne peut être exhaustif, notamment pour les monuments les plus petits. Mais aussi selon les zones, et notamment dans les montagnes de l'Aïr où il est facile de confondre un tumulus avec certains chaos rocheux. Les limites de l'exercice sont ainsi sujettes à l'expérience du prospecteur. Au vu de la durée de l'inventaire, 6 ans, il est évident que les premières zones prospectées ne le sont pas tout à fait de la même manière que les dernières. C'est sans doute le cas de la zone d'In Gall qui fut la première à être passée en revue et seulement sur des images Google, même si les adjonctions et corrections sont sans cesse faites, permettant de préciser l'inventaire sur cette zone.

En 1966, Jean-Pierre Savary énumérait déjà les difficultés principales de la prospection par photo aérienne qui sont somme toute assez similaires aux nôtres : la très petite dimension de certains monuments, la difficulté de préciser les types de monuments observés et leurs particularisme, des reliefs naturels semblant anthropiques, une confusion possible avec la végétation, des monuments trop dégradés pour attirer l'œil, des contrastes de coloration pouvant induire en erreur l'interprétation du monument, des zones d'ombres dues aux reliefs abruptes (Savary 1966), auxquels nous ajouterons des phénomènes plus actuels comme des tas de pierre entassés par les populations actuelles pour préparer des aménagements comme les protections de berges et autres digues en gabions, ainsi que des amoncellements de pierre et de terre le plus souvent le long des axes routiers et à proximité des zones urbaines, sans omettre une temporalité des vues que permet l'imagerie satellite et qui montre dans nombre de cas des monuments enfouis sous une dunes de sable qui peuvent resurgir quelques année plus tard (Gauthier et Gauthier 2007).

Les images satellites de Bing et Google n'étant pas homogènes sur toute la zone inventoriée, les erreurs sont donc toujours possibles. En reprenant les données de François Paris sur son étude d'une sépulture près de Shimumenin (photo 1), on constate que l'un des monuments inventoriés comme un tumulus (D), qui a été fouillé par son inventeur, ressemble maintenant, vue du satellite, à un quadrangulaire. La résultante de cette fouille ou d'autres actions anthropiques oblige à une interprétation erronée de l'image satellite en monument quadrangulaire.

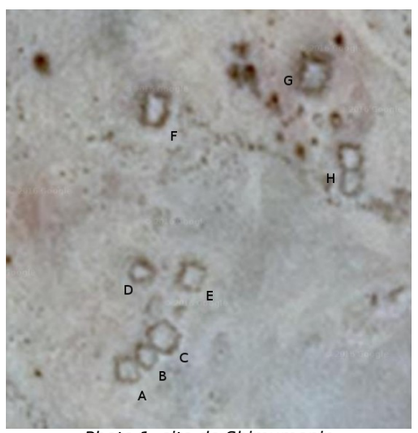


Photo 1: site de Shimumenin

Enfin, on gardera toujours à l'esprit que la fonction même d'un « tas de pierre » n'est pas uniquement funéraire, il peut également s'agir de repère topographique ou historique à vocation commémorative, de limite ou de frontière de territoire, révélant une époque, une croyance, un territoire, une façon d'être, une façon de penser.

« Rien ne remplacera donc une visite du terrain pour relever ces monuments et étudier leurs variantes, mais les images satellitaires permettent de repérer ce que l'on serait incapable de voir en tout une vie d'exploration » (Gauthier et Gauthier 2007).

Ci-dessous une exemple de temporalité d'image Google (photo 2 et 3) qui, de 2016 à 2020, s'est précisée, permettant de découvrir très clairement une nécropole où l'on pourrait dessiner et calculer les orientations ds sépultures avec une bonne précision.

Photo 2 : Nécropole d'Azelik-Takadda Google 2016

Photo 3 : Nécropole d'Azelik-Takadda Google 2020

La projection cartographique

J'utilise préférentiellement la projection WGS84 EPSG:4326 en degré, même si ponctuellement je passe par une WGS84 EPSG:3857 qui est une projection métrique permettant de calculer certaines données directement en mètres en rapport au codage de certains plugins de QGIS.

La zone d'étude

La zone prospectée

Le choix de la zone prospectée a été initialement fait en lien avec la carte IGN au 1/500 000è d'Agadez NE-32-SO. Elle est délimitée par les méridiens de 9° à l'est et 6° à l'ouest et par les parallèles de 16° au sud et 18° au nord. La zone de prospection a ensuite été augmentée d'un degré vers le nord afin de couvrir au mieux la zone première d'étude, l'Ighazer, et d'un degré vers l'est pour avoir suffisamment de repères d'analyse avec les montagnes de l'Aïr.

Je dispose également des 12 cartes IGN au 1/200 000è, qui couvrent la zone d'étude et qui ont été numérisées afin de faciliter le repérage des lieux (cf. infra 'Les cartes').

Autre point de départ en faveur de cette délimitation sont les cartes de l'Atlas du Programme Archéologique d'Urgence (PAU) d'Ingall-Teggidan'Tessoumt réalisées dans les années 80. Nous avons profité de ces recherches pour numériser certaines cartes de l'atlas du PAU, notamment les cartes de végétation et de géomorphologie (cf. infra 'Les cartes') (Poncet 1983 ; Bernus *et al.* 1984 ; Paris 1984 ; Grébénart et Poncet 1985 ; Bernus et Cressier 1992).

Les zones géomorphologiques

A l'intérieur de la zone d'étude, sont délimitées des sous-zones qui sont caractérisées par leur géologie et leur morphologie, dans l'optique de mieux comprendre la répartition des monuments dans les écosystèmes :

- l'**Ighazer** est la plaine d'inondation argileuse du continental intercalaire, qui reçoit les eaux d'épanchement des montagnes de l'Aïr qui déferlent par grands oueds. Cette plaine est coupée en deux du sud-est au nord-ouest par l'Ighazer wan Agadez, grand fleuve fossile qui ne coule dé-

sormais guère que par endroit. L'Ighazer n'est pas encore ensablée comme peuvent l'être les vallées du Timersoï, de l'Azawagh ou de Sekiret qui délimitent sa partie septentrionale, ce qui lui permet de garder, au moment de la saison des pluies, une végétation exubérante donnant lieu chaque année à une grande « Cure salée » pour tous les animaux du Niger et même plus. En sus de sa végétation saline, elle possède quelques sources salées qui en font une enclave de verdure et d'eau durant 3 ou 4 mois après l'hivernage, avant de laisser place à l'aridité des argiles le reste de l'année. Quelques buttes témoins gréseuses parsèment la grande plaine le long de ligne de faille orientées sud-ouest / nord-est. La plaine de l'Ighazer est limitée au sud par les falaises de Tiguidit qui marquent la séparation, sur près de 200 km, d'avec la Tadarast.

- la **Tadarast** est une zone de sable au sud de la plaine de l'Ighazer qui débute au sommet des falaises de Tiguidit. Ces sables reposent sur la série gréseuse du Tegama qui s'étend vers le sud sur une pente légère parcourue de vallée peu profondes permettant l'installation de l'Adarast (*Commiphora africana*) ayant donné son nom à cette zone, aujourd'hui quasiment disparu à la suite aux grandes sécheresses des années 70 et 80.

- le **Piémont** est la limite entre les montagnes de l'Aïr et la plaine argileuse, le plus souvent sur la série des grès d'Agadez. La roche est ici entrecoupée d'oued d'où déferlent les eaux tombées sur l'Aïr, rendant cette zone assez difficile à traverser du nord au sud. Elle est néanmoins la zone écologique la plus diversifiée, surtout dans sa partie méridionale.

- l'**Aïr** est la montagne sur socle cristallin, qui alimente et formate la plaine de l'Ighazer. Elle est parcourue par d'étroites vallées où bouillonnent les flots lors des pluies d'orages de l'hivernage. Son axe de symétrie nord-sud est très oriental, ce qui fait que les 2/3 des eaux qui tombent sur le massif s'épanchent vers l'ouest, vers la plaine de l'Ighazer et les grandes vallées sableuses de la Tamesna.

- la **Tamesna** qui est le début du vrai désert au nord de la zone d'étude, où le continental intercalaire est couvert de sable éolien. C'est une zone très plane où le seul pauvre relief est composée par la vallée du Timersoï aujourd'hui très ensablée.

- le **Ténéré** débute après les montagnes de l'Aïr vers l'est. Les alizées font butter les sables ténéréens sur les premiers accidents de relief de la montagne bleue, et tendent à la contourner vers le sud-est. L'Adrar Madet, isolé dans le Ténéré et qui fait face au massif de Takolokouzet à un cinquantaine de kilomètres, atteint près 800 mètres d'altitude. C'est un massif gréseux du Continental terminal qui est également inventorié dans cet Atlas.

La délimitation informatique de ces zones n'est pas toujours évidente surtout s'il faut rendre compte d'une occupation humaine, qui le plus souvent se fait à cheval sur des milieux différents, pouvant ainsi profiter des avantages des deux et évitant au besoin leurs désagréments. Ainsi, ces délimitations peuvent être parfois subjectives mais tentent de rendre compte au mieux de l'appartenance des éléments archéologiques à une zone géomorphologique.

L'ensemble de ces zones appartiennent à une entité politique, le Sultanat de l'Aïr ou Ayar dont la capitale est Agadez. Afin de ne pas confondre l'entité politique de l'entité géographique, nous utiliserons le terme « Ayar » pour parler de l'entité politique et « Aïr » pour parler de l'entité géographique, la montagne. Politiquement, l'Ayar englobe également le Damergou au sud et l'Ader au sud-ouest.

- l'**Azawagh**, est la zone pastorale à l'ouest de notre plaine. C'est aussi le nom de la vallée fossile qui début vers In Abangarit à la confluence des vallées du Timersoï et de l'Ighazer wan Agadez. Les eaux des massifs s'écoulaient encore au Quaternaire, après avoir formé un grand lac saharien qui occupait le Talak avant de s'engouffrer dans l'Azawagh (Beltrami 1982).

Les villages

Dans la perspective de faire des analyses territoriales plus précises, est défini un ensemble de 66 villages que l'on dénommera « villages zéro » et qui ont une répartition plutôt homogène sur le territoire, ce qui est révélé par leur indice de dispersion de 1,6 (cf. infra 'Les indices'). Ponctuellement, il pourra donc être proposé des analyses par village permettant de mieux cerner les différences entre zones plus restreintes que les zones géomorphologiques. Ces villages n'ont en commun que le fait d'être désigné « villages zéro », ce peut être des lieux-dits comme des villes.

L'altitude

Elle est issue du raster SRTM_38_09 que l'on trouve sur le site http://srtm.csi.cgiar.org/. Sa définition est de 90x90 mètre pour un pixel. De plus en plus, il est également utilisé des SRTM de meilleurs définition 30x30 mètres que l'on peut trouver ici https://dwtkns.com/srtm30m/.

On notera seulement la présence d'un très probable paléolacs au sud-est des falaises de Tiguidit, en voit de comblement car sous les vents alizés apportant le sable du Ténéré, mais le trop plein de ce lac se matérialise encore très bien.

L'altitude moyenne d'une zone géomorphologique pourra nous aider à caractériser le statut d'un type de monuments en comparant simplement l'altitude moyenne de l'ensemble des monuments. Ainsi sont définis, les types 'montagnard' pour l'Aïr, 'plateau' pour le Piémont et la Tadarast, 'plaine' pour l'Ighazer et la Tamesna et 'intermédiaire' pour la zone Ténéré.

Tableau 4 : Altitude moyenne par zone

Altitude (m)	Ighazer	Tamesna	Tadarast	Piémont	Aïr	Ténéré
moyenne	399	391	495	477	806	558
médiane	397	389	502	474	760	555
statut	plaine	plaine	plateau	plateau	montagnard	intermédiaire

Médiane et moyenne sont le plus souvent voisines, sauf pour la zone Aïr dont la moyenne est tirée vers le haut par les fortes altitudes des monuments situés sur les plus hauts monts.

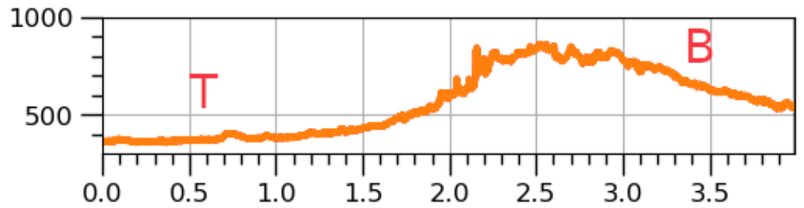


Figure 1: Transect altitudinal ouest-est passant par Tegidda n'Tesemt et Berghot

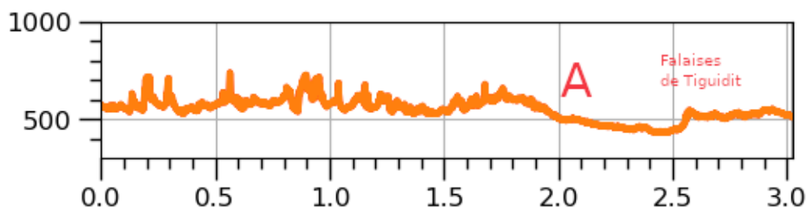


Figure 2: Transect altitudinal nord-sud passant par Agadez

Les zones écologiques

Dans le cadre des travaux de lutte contre le criquet pèlerin, Popov a établi une carte des unités territoriales écologiquement homogènes (UTEH) de tout le Sahara (Popov *et al.* 1991). Il défini, du macro au micro, des zones éco-climatiques (ZEC), des régions naturelles (RN) et des biotopes (BTP). La plaine de l'Ighazer se situe dans la zone éco-climatique 4 qui se trouve être nettement sous influence tropicale et forme la marge subdésertique sahélienne où la pluviosité augmente progressivement vers le sud.

Ces cartes ont été géo-référencées mais ne peuvent servir de zones très précises, à moins de les redessiner ou d'avoir un accès aux fichiers sources, puisque l'épaisseur du trait sur la carte représente 5 à 10 km sur le terrain.

Quatre régions naturelles concernent la zone prospectée, le Ténéré/Djado à l'est, le massif de l'Aïr, la région Agala (le sud en Tamasheq) au sud des falaises de Tiguidit et de l'Aïr et la Tamesna (le nord en Tamasheq) qui s'étend des piémonts de l'Aïr sur tout l'Azawagh.

L'auteur découpe l'Aïr en 3 sous-régions naturelles, l'orientale (4N3) qui englobe les hauts massifs et les vallées abruptes de l'est, l'occidentale (4N2) qui correspond à la zone des vallées de l'ouest du massif plus larges et fertiles que celles de l'est et la zone nord (4N1) qui n'est pas dans la zone de prospection. L'Ighazer est scindée en 2 parties (4P1 et 4P2) qui correspondent essentiellement aux parties amont et aval de l'Ighazer wan Agadez, la 4P2 étant largement plus irriguée que la 4P1.

On note que notre zone Piémont se trouve très logiquement à cheval entre les zones des vallées occidentales de l'Aïr et la plaine de l'Ighazer, mais n'est pas caractérisée dans les travaux de Popov. La zone 4P2 se trouve coupée en deux par nos zone Piémont et Ighazer. Nous avons fait ce choix pour le moment, même si le sud de notre zone Piémont pourrait très bien être fusionné avec la zone Ighazer. Dans la Région naturelle Agala, notre délimitation arbitraire (une ligne droite), séparant nos zones Tadarast et Ténéré semble néanmoins coïncider avec la séparation des zones 4M1 pour Tadarast et 4Q1 pour Ténéré.

Les écozones du WWF

Les données du WWF et des travaux de Olson et al. (Olson *et al.* 2001), téléchargeable ici https://www.worldwildlife.org/publications/terrestrial-ecoregions-of-the-world, nous permettent d'établir une autre carte des écozones. On y voit clairement que l'Aïr et une partie importante de l'Ighazer ont une végétation de savane sahélienne à acacias, qui forme comme une goutte qui tente e s'insérer dans le désert du Sahara. Les données pluviométriques montreront la même dynamique (cf infra). La partie des plus hauts massifs correspond à une forêt xérique montagnarde qui couvre les principaux massifs du Sahara central.

La répartition des monuments funéraires néolithiques suivent très nettement cette écozone, en étant les plus nombreux dans cette savane à acacias.

La ressource en eau

Avec les cartes IGN numérisées (cf. infra 'Les cartes'), sont recensés 600 points d'eau sur toute la zone de prospection. Ces points d'eau sont le plus souvent des puits mais aussi des sources et des mares. Il y a sans doute beaucoup d'approximation et de manque dans ces cartes, mais la vue générale qui est ainsi proposée révèle néanmoins de la disponibilité en eau de notre zone d'étude.

L'Aïr et la Tadarast renferment la grande majorité des points d'eau identifiés sur les cartes IGN et l'indice de dispersion de ces points d'eau est plutôt homogène entre toutes les zones, c'est à dire tendant à une concentration de ces derniers dans des zones à l'évidence plus favorables à la rétention d'eau, comme certaines vallées de l'Aïr et de la Tadarast.

Les zones Ténéré et Tamesna se distinguent par leur faible ressource en eau.

Tableau 5 : indice de dispersion des points d'eau

Ressource en eau	Ighazer	Tamesna	Tadarast	Piémont	Aïr	Ténéré
Indice de dispersion	0,79	2	0,75	0,79	0,7	1,23
Nombre de points d'eau	61	7	188	25	311	7

La toponymie

Toujours à partir des cartes IGN 1/200 000è, l'ensemble des noms de lieux figurants sur ces cartes ont été géolocalisés, soit une base d'environ 2 500 noms de lieux. Il n'est pas simple de travailler à partir de ces noms de lieux, car à l'évidence il y a pas mal d'approximation, dans l'orthographe parfois très suspecte, mais aussi dans les positionnements et les redites importantes de certains noms de lieux. Par exemple Aguelman est repris plus de 30 fois, il matérialise un trou d'eau le plus souvent pérenne, de même In Aboragh, le lieu de l'Aboragh (*Balanites aegyptiaca*) un arbre très commun. Sur un même lieu, le relief portera un nom et le kori ou oued qui en descend portera également ce même toponyme, signalant que l'usage des noms est parfois plus englobant. Par ailleurs, les dates de réalisation des cartes IGN diffèrent, les informateurs aussi et on constate assez bien des différences linguistiques selon les zones qu'ils conviendrait d'étudier plus en détail, mais qui dépassent l'objet de notre propos actuel.

Francis Rennell Rodd notait également, lors de son excursion en Aïr, cette habitude confuse qu'on les Touareg de donner une multitude de noms à un seul système d'oued. Chaque section portant un nom différent auquel un voyageur, selon l'endroit où il se trouve, peut se référer. « Ajiru, Tellia, Tebernit et Afasas sont vraiment la même vallée ; de même, Telezu, Tokede, Towar, Tessuma et Etaras en sont un autre, tandis que Abarakan, Timilen, Agerzan, Bilasicat, Azar et Anu Maqaran sont également un seul et même cours d'eau (Rodd 1926).

Le tableau suivant montre clairement que les montagnes de l'Aïr disposent d'un nombre de noms de lieux largement supérieurs aux autres zones géomorphologiques, qui plus est réparti de façon assez homogène puisque l'indice de dispersion est voisin de 1, notant néanmoins une certaine concentration dans quelques vallées. Toutes les autres zones, à l'exception de la Tamesna qui possèdent très peu de noms de lieux, ont un indice de dispersion tendant à la concentration de ces derniers. Cela dénote une occupation humaine différenciée, plus il y a dans une zone un nombre important de lieux dénommés, plus la présence de l'homme doit y être importante tant en nombre qu'en durée d'occupation au cours de l'année. Ainsi, la façade ouest de l'Aïr est très clairement plus occupée et en particulier sa partie sud, de même pour la zone d'In Gall.

Tableau 6 : indice de dispersion des noms de lieu

	Ighazer	Tamesna	Tadarast	Piémont	Aïr	Ténéré
Indice de dispersion	0,79	1,36	0,74	0,65	0,93	0,68
Nombre de noms de lieux	269	21	468	186	1537	70

La pluviométrie

La carte des isohyètes pluviométrique de Pacquet qui fait la moyenne des pluviométries de 1926 à 1950 (Pacquet 1968), montre très nettement une inflexion des isohyètes au sud de l'Aïr remontant presque jusqu'au mont Tamgak, pour une quantité annuelle d'eau d'environ 200 mm au maximum sur le mont Taghouadji à l'extrême sud de l'Aïr. La Tamesna recevant la plus faible pluviométrie autour de 50 mm annuellement.

Au court des temps la pluviométrie a évidemment fortement évolué sur cette zone, mais on peut convenir que cette inflexion des isohyètes fut néanmoins valables depuis que la mousson est en place, c'est à dire à partir de 4 000 BP, avec des intensité de pluviométrie certes différents. Ceci est important, car cela fait de cette zone la plus favorabl

La géologie

Géologiquement, l'Aïr est un socle primaire granitique se laissant surmonter par un volcanisme ancien, l'Ighazer est en grande partie composée d'argiles, la Tadarast et le Ténéré (sous le sable) sont essentiellement des grès du Tegama, tout comme la zone Piémont avec néanmoins différentes séries gréseuses dont les plus importantes sont les séries d'Agadez et d'Izegouandane (Pacquet 1968). Des zones de volcanisme émergent aux côtés des plus haut massifs.

Les terrains supports des monuments

A chaque type d'éléments archéologiques recensés dans cet inventaire, lui est attribué un type de terrain support sur lequel il est implanté, de par l'aspect que les images satellitaires nous renvoient. Trois types simples sont définis, argileux, sableux ou rocheux.

L'Aïr est très clairement sur-représentée en terrains rocheux, ce qui ne nous étonnera pas, l'Ighazer est sur-représentée en terrains argileux. La zone Piémont est sur-représentée en terrains argileux très certainement du fait de son emprise au sud de l'Aïr et elle est sous-représentée en terrains sableux. La zone Tadarast est sur-représentée en terrains sableux et la zone Tamesna sans surprise sous-représentée en terrains rocheux.

Le tableau suivant est réalisé sur environ 20 000 éléments, la table des tumulus, qui au vu de son importance (plus de 100 000 monuments) n’est pas encore traitée.

Tableau 7 : Pourcentage de type de sol par zone

Type de terrain	Ighazer	Tamesna	Tadarast	Piémont	Aïr	Ténéré	Total
argileux	67 %	45 %	13 %	18 %	2 %	11 %	**11 %**
sableux	5 %	52 %	54 %	9 %	10 %	53 %	**15 %**
rocheux	28 %	4 %	33 %	73 %	88 %	36 %	**74 %**

Synthèse des caractéristiques de chaque zone

Au regard de ces indicateurs simples, on constate aisément que la zone Aïr sud est sans nul doute la zone qui reçoit le plus de pluviométrie, qui a donc une biodiversité importante et qui paraît le plus densément utilisé par le nombre de toponyme sur les cartes ainsi que la présence de la ressource en eau. Ce n’est sans doute pas pour rien qu’Agadez se niche au sortir de cette zone, le long du Téloua le plus gros affluent de l’Ighazer wan Agadez.

Les zones Tamesna et Ténéré sont sans surprise des zones de faible densité tant humaine qu’au niveau de la ressource en eau, ce qui n’a pas été toujours le cas dans les temps néolithique ou la zone Ténéré regorge de tumulus. La Tadarast est assez nettement pourvu en toponyme et ressource en eau.

Au regard des ces quelques grands traits caractéristiques de chaque zone, on verra que dans la répartition des différents éléments archéologiques, certains peuvent suivre cette dynamique mais que d’autres ne la suivent pas forcément. Ces différences serviront à émettre des hypothèses sur l’histoire de la plaine de l’Ighazer et de l’Aïr.

Tableau 8 : Synthèse des caractéristique de zone

Type de monument	Ighazer	Tamesna	Tadarast	Piémont	Aïr	Ténéré
Surface (km2)	25 825	13 452	30 250	12 980	38 793	19 675
Statut altitudinal	plaine	plaine	plateau	plateau	montagne	intermédiaire
Village zéro	14	3	16	6	24	3
Écologie	4P	4P	4M	4N	4N	3H
Toponymie						
- Indice de dispersion	0,79	1,36	0,74	0,65	0,93	0,68
- Nombre noms de lieux	269	21	468	186	1537	70
Eau						
- Indice de dispersion	0,79	2	0,75	0,79	0,7	1,23
- Nombre de points d’eau	61	7	188	25	311	7
Pluviométrie	100	50	200	125	150	50
Terrains	Argileux	Sableux	Sableux	Rocheux	Rocheux	Sableux
Géologie	Argiles	Grès + sable	Grès	Grès	Socle	Grès + sable

Les éléments archéologiques

Classification des monuments

Si aucun consensus véritable n'existe actuellement sur une classification des monuments lithiques du Sahara, c'est sans doute le résultat d'une très grande diversité de modèle que l'on retrouve bien dans cette partie du nord Niger. L'exercice est donc périlleux, mais ici il s'arrête à l'interprétation de l'image satellite et non de l'observation de terrain, même si les aller-retour sont difficiles à éviter complètement.

J'utilise donc ma propre classification des types de monuments, essentiellement parce que les images satellites ne permettent pas de voir tous les détails que la prospection de terrain apporterait. Elle se base donc essentiellement sur les formes géométriques observées adjointes ou pas de différents types d'artifices. Même si des emprunts évidents aux noms de monuments connus sont utilisés, il convient de toujours garder à l'esprit qu'ils ne relèvent que de la vision satellitaire et non de celle du terrain qui restera toujours indispensable à toute description fine. Ceci amènera forcément une révision de cette classification, notamment lorsque sera entamée la photo-interprétation des éléments inventoriés par des missions de terrain.

Cette classification intègre pour certains types de monuments des sous-types qui sont destinés à tenter de définir des faciès à l'intérieur des grands types. Pour les descriptions de ces sous-types on se référera aux notes thématiques des grands types de monuments :

- les **tumulus** simple ou de forme plus complexe, mais sans éléments associés, nous y intégrons pour l'heure les monument à cratère, mais nul doute que nous les identifierons prochainement,

- les **cercles de pierre**, c'est à dire sans matériel lithique comblant l'intérieur mais potentiellement avec des artifices à l'intérieur,

- les **plateformes circulaires**, avec un matériel lithique sur toute leur surface,

- les **monuments à alignement** composés d'un tumulus de différentes formes possibles, souvent d'un cercle de pierre autour et d'un alignement de tourettes principalement à l'est,

- les **monuments quadrangulaires**, souvent par groupe de quelques uns ou isolés, mais également serrés en petite nécropole et de petites taille,

- les **croissants et tumulus à excroissance**, déterminent une surface triangulaire entre les pointes et le centre présumé du monument.

On notera la présence potentielle de 2 monuments dit 'en goulet' de 6 et 17 mètres de diamètre dans la partie septentrionale de la zone d'étude.

J'ai aussi recensé un ensemble de **nécropoles**, sûrement non exhaustif car difficile à observer, dans lesquelles sont adjointes des sépultures en carré, en margelles et/ou en navettes.

Un autre ensemble est clairement identifié et rassemble des **sites d'habitat** contemporains de la ville d'Assodé, c'est à dire qui ont une architecture en pierre similaire à celle d'Assodé, tout du moins sur la vue satellite.

Un travail spécifique a aussi était produit sur les **mosquées** de l'Ayar, le plus souvent identifiées sur des sites d'habitat ancien, mais il est également recensé un ensemble de mosquées contemporaines.

Enfin, un ensemble de 253 éléments difficiles à déterminer est également recensé et en attente de classement dans les « indéterminés ».

Une origine légendaire des tumulus serait les Isabaten de l'Ahaggar. Akkor qui veux mener son peuple dans la plaine, mais ce dernier n'est pas d'accord, il se fait tuer et chacun jette une pierre sur son corps. C'est le premier tumulus ou Adebni (Dida 2002).

Dénombrement

Près de 130 000 éléments archéologiques ont été inventoriés. Cet inventaire, déjà important, n'est pourtant que la partie émergée des éléments archéologiques dans cette zone du Nord Niger. Compte tenu de la précision des images satellites, une hypothèse de 150 000 éléments pour cette même zone semble tout à fait réaliste et plus si l'on inventoriait l'ensemble de l'Aïr et de son piémont.

Selon les zones géomorphologiques, la densité y est bien entendu inégale. La zone Piémont, entre montagne et plaine, est la plus pourvue en éléments archéologiques avec 2 monuments au km². L'Aïr concentre une autre grande partie des édifices avec 1,2 éléments au km². La zone Tamesna possède la densité la plus faible, 10 fois moins que le Piémont.

Dans chacun des types d'éléments archéologiques, la répartition n'est pas non plus homogène, de même cette densité masque une répartition préférentielle à l'intérieur même des zones. Ces points sont abordés dans les notes thématiques.

Tableau 8 : Nombre de monuments par type

Type de monument	Ighazer	Tadarast	Piémont	Aïr	Tamesna	Ténéré	Total
Tumulus	13 552	10 428	23 901	37 749	2 986	16 428	**105 044**
Alignements	149	849	2 148	902	33	10	**4 091**
Croissants	220	11	2 283	413	1 145	5	**4 077**
Cercles	115	149	316	3 690	72	346	**4 688**
Plateformes	81	41	513	6 155	36	279	**7 105**
Quadrangulaires	343	512	897	891	5	19	**2 667**
Nécropoles	58	42	213	540	6	8	**867**
Sites Assodé	8	9	13	599	5	2	**636**
Total	**14 526**	**12 041**	**30 284**	**50 939**	**4 288**	**17 097**	**129 175**

Tableau 9 : Pourcentage du nombre de monuments par type

Type de monument	Ighazer	Tadarast	Piémont	Aïr	Tamesna	Ténéré	Total
Tumulus	13%	10%	22%	37%	3%	15%	**100%**
Alignements	4%	21%	53%	22%	1%	0%	**100%**
Croissants	5%	0%	56%	10%	28%	0%	**100%**
Cercles	2%	3%	7%	79%	2%	7%	**100%**
Plateformes	1%	1%	7%	87%	1%	4%	**100%**
Quadrangulaires	13%	19%	34%	33%	0%	1%	**100%**
Nécropoles	7%	5%	25%	62%	1%	1%	**100%**
Sites Assodé	1%	1%	2%	94%	1%	0%	**100%**
Total	**11%**	**9%**	**23%**	**39%**	**3%**	**13%**	**100%**

Tableau 10 : Densité des monuments au km² par zone

Type de monument	Ighazer	Tadarast	Piémont	Aïr	Tamesna	Ténéré	Total
Tumulus	0,5276	0,4074	0,9357	1,5347	0,1163	0,6446	**0,76**
Alignements	0,0058	0,0281	0,1655	0,02325162	0,0025	0,0005	**0,03**
Croissants	0,0085	0,0004	0,1759	0,01064625	0,0851	0,0003	**0,03**
Cercles	0,0045	0,0049	0,0243	0,09512025	0,0054	0,0176	**0,03**
Plateformes	0,0031	0,0014	0,0395	0,15866265	0,0027	0,0142	**0,05**
Quadrangulaires	0,0133	0,0169	0,0691	0,02296806	0,0004	0,0010	**0,02**
Nécropoles	0,0022	0,0014	0,0164	0,01392004	0,0004	0,0004	**0,01**
Sites Assodé	0,0003	0,0003	0,0010	0,01544093	0,0004	0,0001	**0,00**
Total	**0,56**	**0,40**	**2,33**	**1,31**	**0,32**	**0,87**	**0,92**

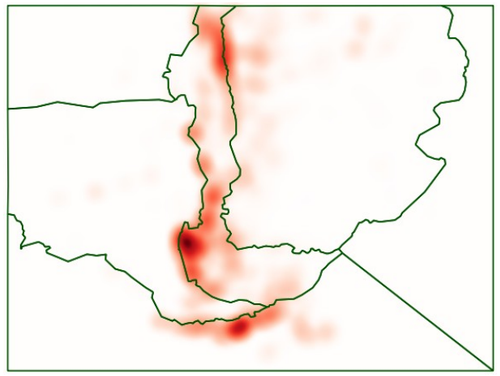
Les cartes

Les type de cartes

De chaleur

Sur la plupart des cartes de l'inventaire, un médaillon présentant la carte de chaleur est disponible en dessous de la légende.

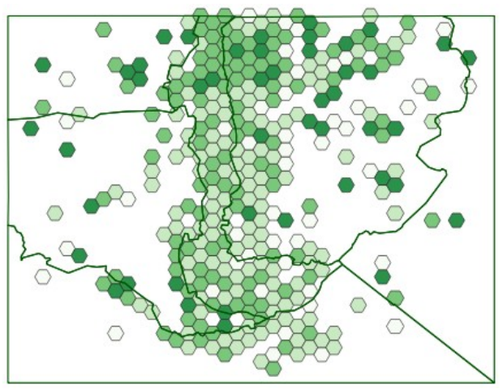
La carte de chaleur représente la fréquence des monuments dans une aire géographique, c'est une représentation graphique des données statistiques qui fait correspondre à l'intensité d'une grandeur variable (ici le nombre de monument dans un rayon de 10 km), un nuancier de couleur sur une zone géographique.



Hexagonale

Le principal avantage d'une carte hexagonale par rapport à une carte à grille carrée traditionnelle est que la distance entre le centre de chaque paire de cellules hexagonales adjacentes (ou *hexadécimal*) est la même.

L'utilisation ce ces cartes nous sert principalement à nous affranchir des zones géomorphologiques définies plus haut.



Carroyage

De la même manière un carroyage de 2 km de côté est privilégié pour la réalisation des cartes de conservation.

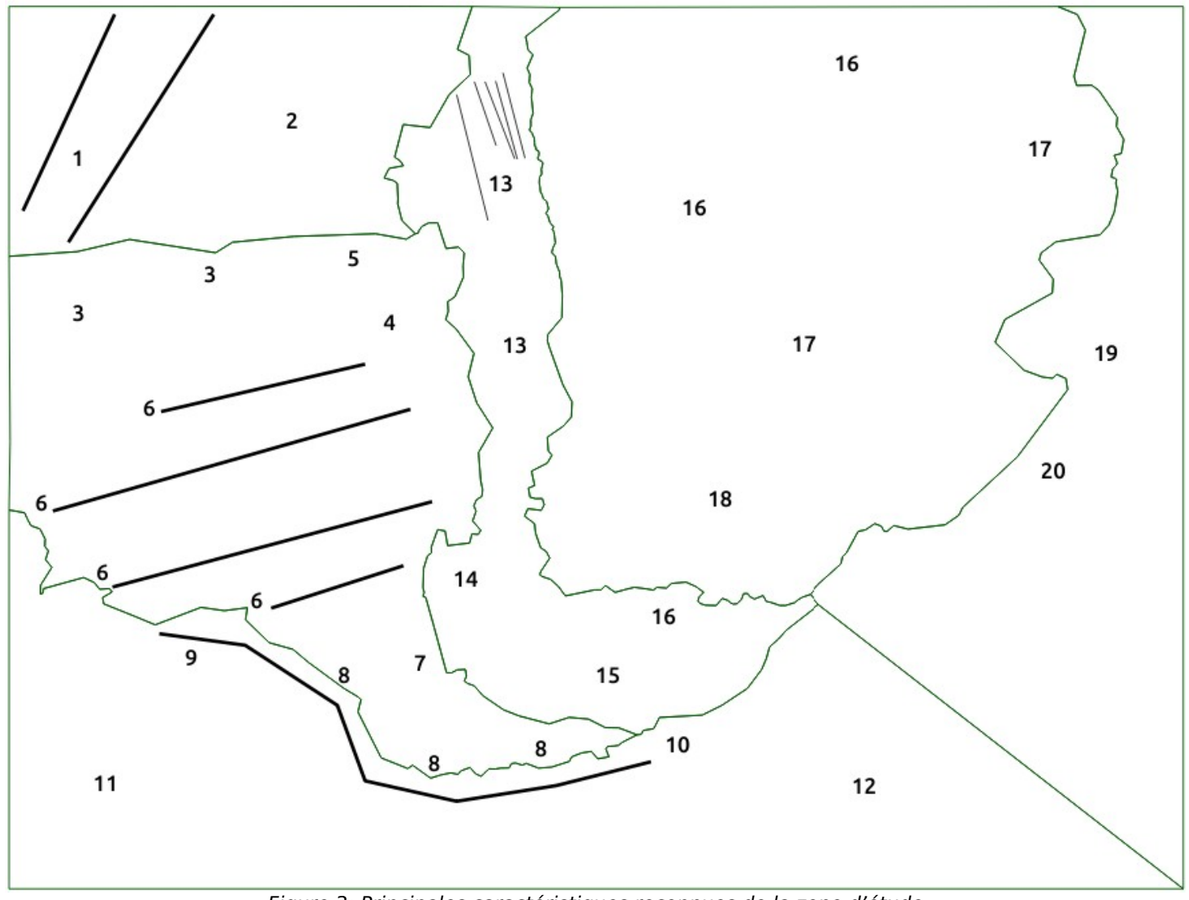


Figure 3: Principales caractéristiques reconnues de la zone d'étude

Les éléments archéologiques inventoriés [129 175]

La carte des éléments archéologiques sans fond de carte satellitaire (cf. carte infra), nous permet de reconnaître les principaux éléments géomorphologiques de la zone d'étude, les falaises de Tiguidit, les principaux oued, etc., grâce à la grande densité des monuments le long de ces éléments morphologiques du paysage de l'Ighazer et de l'Aïr. Les caractéristiques qui suivent sont bien évidemment très dépendantes des tumulus qui sont les éléments les plus représentés, mais marquent tout de même une appropriation des terroirs différentes.

En Tamesna, les monuments sont principalement répartis le long de la vallée de la Timersoï au nord-ouest de la zone d'étude, et forment deux alignements SSO-NNE (1). Une autre zone de densité des monuments, ici essentiellement des croissants, se distingue car quasiment perpendiculaire aux axes précédents le long des escarpements d'Ibadanan à l'ouest d'Arlit (2).

En Ighazer, dans sa partie septentrionale, les tumulus sont également dispersés le long des vallées d'écoulement des plus grands oueds. Essentiellement Anou Zeggeren (3) au nord et l'Ighazer wan Agadez (3) dans la partie nord-ouest avant la rencontre avec la Timersoï. Au nord-est, ce sont surtout les vallées de Sekiret et d'Anou Agerouf (4). Un rebord de plateau (5) est également bien visible à l'ouest d'Imouraren, se rapprochant plutôt de l'occupation de l'espace de la partie piémont nord. Dans la partie centrale, les éléments archéologiques sont répartis le long de lignes de failles nord-est/sud-ouest (6) d'où émergent des protubérances rocheuses. Dans l'extrême sud de la zone (7), les monuments funéraires sont plus dispersés mais le plus souvent sur des hauteurs géographiques sans doute argileuses. Par ailleurs, on notera que le glacis (8) au pied des falaises de Tiguidit est quasiment dépourvus de tous monuments, cette zone en pente légère n'étant sans doute pas appropriée à de telles installations.

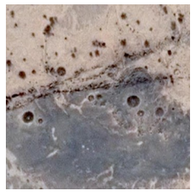
Dans la Tadarast, la plupart des monuments s'étirent le long des falaises de Tiguidit, de l'ensemble montagneux d'In Kakan (9) à l'ouest jusqu'à l'extrémité orientale des falaises (10), où les monuments deviennent de plus en plus dispersés, dans une zone sous l'influence des vents de sables venus du Ténéré. Dans la partie occidentale de cette zone, les monuments sont tout d'abord dispersés, puis semblent être absents dans le sud-ouest de cette zone (11), situation identique dans la partie orientale de cette même zone de prospection (12).

Dans la zone Piémont nord, les monuments se distribuent sur les rebords de plateaux rocheux (13) sur un axe presque nord-sud et préférentiellement sur le coté occidental, de même à la lisière de l'Aïr. Dans la partie centrale, l'avancée rocheuse que constitue la « série gréseuse d'Assaouas » (14) rassemble une très grande densité de monuments qui délimite très bien les contours du relief d'Assaouas à Tegidda n'Adrar et Tegidda n'Tagait. C'est le hot-spot du nombre de monuments pour la région étudiée. La partie Piémont sud (15) est plus clairsemée et là aussi le glacis du pied des montagnes sud de l'Aïr (16) est dépourvu de monuments.

Dans l'Aïr, la distribution des tumulus délimite très clairement les oueds (16) qui descendent des montagnes vers l'Ighazer ou le Ténéré, surtout dans les parties septentrionale et orientale. Les grands plateaux rocheux centraux (17) sont assez dépourvus de concentration de monuments lithiques. Dans la partie sud de l'Aïr (18), les monuments sont plus dispersés sauf peut-être dans les vallées de l'est.

La zone Ténéré semble un prolongement des caractéristiques orientales de l'Aïr, avec une répartition des monuments le long des vallées qui se perdent dans les sables (19). On note également dans la partie méridionale d'importante concentration de monuments notamment le long d'escarpements protégés des vents (20).

Les tumulus [105 044]



Ce sont les plus nombreux qui sont présents sur toutes les zones prospectées, mais se rencontrent surtout le long des falaises de Tiguidit, sur le Piémont et dans les montagnes de l'Aïr, ainsi que la zone Ténéré où la densité surprend au premier abord dans une zone pas forcément favorable de nos jours.

Les monuments à alignement [4 091]

Ce sont des tumulus ayant différentes formes, simple, bazina, à cratère, etc. dont la particularité est de posséder le plus souvent un anneau autour et surtout un alignement de tourettes toujours à l'est, rarement un muret. Ils sont essentiellement concentrés sur le piémont de l'Aïr occidental entre montagne et plaine et décrivent une verticalité nord-sud très caractéristique dans leur répartition géographique.

Les monuments quadrangulaires [2 667]

De périodes pré-islamiques et islamiques, ces sépultures se rencontrent dans presque toute la zone prospectée, mais s'atténue fortement au nord. Elles se concentrent surtout autour d'un axe Ingall-Agadez-Toureyet et le long des falaises de Tiguidit.

Les monuments en croissant [4 077]

Ils sont concentrés au nord de la plaine de l'Ighazer en Tamesna et nord Piémont et ne pénètrent que peu l'Aïr. Ils forment une sorte d'entonnoir en direction de la zone Piémont. Plusieurs formes sont recensés entre les croissants pleins, filiformes et les tumulus à excroissance.

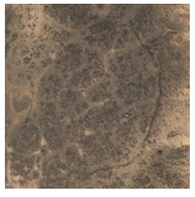
Les plateformes [7 105]

Elles sont concentrées au nord de l'Aïr et se rapprochent, dans la répartition géographique, de celle des cercles.

Les cercles [4 688]

Ils sont essentiellement concentrés dans l'Aïr, ce qui en fait un type particulièrement montagnard comme les plateformes.

Les nécropoles [867]



Ces nécropoles rassemblent des monuments funéraires de petites tailles, difficiles à identifier ou mesurer par les images satellites. Des types de nécropoles sont définies, entre celles n'ayant que quelques sépultures ou plusieurs dizaines, mais aussi la présence d'un enclos qui est un facteur important de différenciation.

Les sites d'habitat type Assodé [636]

Les ruines d'Assodé sont très facilement repérable sur les images satellites, ainsi on trouve beaucoup de structures similaires, mais de moindre envergure, dans toute la partie montagneuse de l'Aïr. Néanmoins la contemporanéité reste à démontrer.

Les inventaires du PAU [459]

Un travail de re-création des sites identifiés par la RCP 322 a permis de repositionner ces sites sur notre zone de recherche. Une carte est produite présentant les sites catégorisés selon la ou les caractéristiques identifiées sur la métallurgie, les sites d'habitat, les monuments funéraires de la période islamiques et ceux de la période pré-islamique, ainsi que l'art rupestre et les inscriptions Tifinagh. Dès lors, un site peut être matérialisé plusieurs fois s'il a 2 ou plusieurs caractéristiques (Poncet 1983).

Les datations [317]

La carte des datations propose une vue des datations carbone 14 réalisées sur la zone d'étude et l'ensemble des datations disponibles pour le Niger, en distinguant le matériel de datation et son contexte. Ce sont essentiellement des charbons de bois de fourneau de la métallurgie du cuivre ou du fer, issus pour l'essentiel des prospections de Danilo Grébénart dans le cadre du PAU (Grébénart et Poncet 1985), ainsi que des os humains issus des fouilles de François Paris, dont je n'ai extrait que les datations p280 pour le site d'Iwelen dont certaines sont des âges moyens (Paris 1996). Y sont intégrées celles de la vallées de l'Azawagh (Bernus *et al.* 1999) et les travaux de Roset en Aïr (Roset 1987). Sont également disponibles les 78 datations du site de Gobero(Sereno *et al.* 2008), ainsi que nombre de datations reprises dans la littérature par Anne Haour (Haour 2003). Enfin, sont adjointes les datations réalisées par la thèse de Rodrigue Guillon sur la métallurgie du sud-ouest du Niger (Guillon 2013).

Tableau 11 : Datations C14 selon la période et son contexte

période	artefact	environnement	faune	habitat	métallurgie	sépulture	(vide)	Total
Islam		4		21	14	20	24	**83**
N-post		3	1	18	54	47	10	**133**
N-final		11	2	12	10	54	17	**106**
N-récent		21	3	16	2	53	14	**109**
N-moyen	5	27	7	17		32	10	**98**
N-ancien		10	1	11		8	3	**33**
Total	**5**	**76**	**14**	**95**	**80**	**214**	**78**	**562**

Néolithique ancien = avant 8000 BP

Néolithique moyen = à partir de 8000 BP

Néolithique récent = à partir de 5000 BP

Néolithique final = à partir de 4000 BP

Post-Néolithique = à partir de 3000 BP

Islamique = à partir de 1400 BP

Une trentaine de datation ne sont pas encore géoréférencées, car disponibles seulement en âge calendaire, ce qui explique les 'vides' dans les tableaux ci-dessous. A terme, il sera possible d'intégrer les datations du Sahara central.

Les rupestres [139]

Un recensement bibliographique de 139 sites rupestres en Aïr-Ighazer est proposé à travers une carte qui, outre la mention des sites, utilise une échelle logarithmique pour représenter la densité des dessins rupestres.

Les dinosaures [464]

La base de données paléobiologiques https://paleobiodb.org/ est une base de données publique de données paléontologiques accessible à tous, gérée par un groupe international non gouvernemental de paléontologues. Elle nous permet d'accéder aux occurrences de fossiles en fonction du temps, de l'espace et de la taxonomie et permet de télécharger les données pour effectuer vos propres analyses (NSF 2020).

Sur les 464 occurrences pour le Niger, 180 concernent exclusivement notre zone de prospection.

Les cartes géo-référencées

Les 12 cartes IGN de la zone d'étude ont été numérisées avec l'outil de géo-référencement de QGIS. Nous avons ajouté aux images de base un canal Alpha gérant la transparence puis éliminer tous les fonds blancs de manière à ne garder que les dessins et écritures de la carte. L'image est ainsi enregistrée en un format gérant la transparence. Comme point de référence, nous avons pris les croisements des longitudes et latitudes et la projection Polygoniale 1 de QGIS. Le résultat est suffisant pour faire une concordance des lieux mais pas suffisant pour apprécier la précision des contours de zone par exemple, néanmoins cela rend de bons services pour connaître avec plus de précision la région prospectée.

Les fichiers téléchargeables contiennent l'image de référence, plus un fichier (*.tif.points)* contenant les points ayant servis au géo-référencement et le fichier géo-référencé (*_georef.tif)*, ce dernier pouvant être intégré directement dans n'importe quel SIG.

Certaines cartes du PAU ont aussi été numérisées, ainsi que quelques autres cartes ponctuelles sur l'écologie ou la géologie.

Enfin, il est régulièrement utilisé un autre outil pour caler un plan ou une image sur un fond satellitaire, avec l'extension « Freehand raster georeferencer » qui après importation de l'image raster permet de caler cette dernière en faisant varier sa taille en longueur et largeur, en la faisant également pivoter sur elle-même. D'utilisation très simple cet outil est très efficace pour arriver à un résultat rapide surtout si l'image de base est issue d'une photographie aérienne. Elle permet également de caler une image où l'absence de points de repères sûrs ne permet pas l'utilisation du géoréférencement. Mais le calage ne sera jamais parfait car chaque carte ou plan a ses caractéristiques propres de projection ou reprojection.

Toutes les cartes sont disponibles à cette adresse : http://www.ingall-niger.org/cartotheque.

Pour compléter, quatre cartes dynamiques sur le web sont également disponibles, encore à l'état de test :

- Carte dynamique des monuments funéraires (Maj : août 2021)
- Carte dynamique du PAU (Maj : août 2018)
- Carte datations C14 (septembre 2021)
- Carte des toponymes (novembre 2021)

Tableau 12 : Liste des cartes géoréférencées

Nom	Source	Échelle
Agadez - NE-32-SO	IGN	1 / 500 000è
Ingall - NE-32-I	IGN	1 / 200 000è
Agadez - NE-32-II	IGN	1 / 200 000è
Teguidda-n-Tessoumt - NE-32-VII	IGN	1 / 200 000è
Teguidda-n-Tagait - NE-32-VIII	IGN	1 / 200 000è
Elmeki - NE-32-IX	IGN	1 / 200 000è
Taguedoufat - NE-32-III	IGN	1 / 200 000è
In Allaren	IGN	1 / 200 000è
Afasto	IGN	1 / 200 000è
Timia	IGN	1 / 200 000è
Takolokouzet	IGN	1 / 200 000è
Géomorphologie et structure	PAU	1 / 500 000è
La végétation	PAU	1 / 500 000è
Les infrastructures modernes	PAU	1 / 500 000è
La ressource en eau	PAU	1 / 500 000è
Unités écologiques	KRISKA 1999	1 / 500 000è
Carte géologique	BRGM 1960	1 / 500 000è

Chronologie

Les plus anciennes preuves de monuments en pierre proviennent du Sahara oriental (les déserts de part et d'autre du Nil) et remontent à l'Holocène précoce (vers 7000 BCE). Ils représentent des monuments rituels qui, à l'origine, n'avaient rien à voir avec les sépultures humaines. Plus tard, vers 5500 BCE, des structures de pierre de taille et de formes différentes ont été utilisées pour recouvrir des sépultures d'animaux, une pratique qui s'est développée parallèlement au pastoralisme. Ce n'est qu'à partir du cinquième millénaire BCE. que les tumulus de pierre ont été utilisés pour marquer les tombes humaines. Depuis le Sahara oriental, ils se sont répandus assez rapidement vers l'ouest, suivant la mobilité pastorale (Mattingly *et al.* 2019). Cependant, à partir de l'Holocène moyen, le Sahara est parsemé de structures funéraires en pierre, qui ne se regroupent qu'à l'époque protohistorique autour des établissements pour créer des cimetières.

Nous reprenons ici simplement les 2 ensembles chronologiques proposés par François Paris et Danilo Grébénart dans le cadre du programme archéologique d'urgence 1977-1981 (Grébénart et Poncet 1985 ; Paris 1996).

TCE : Tumulus couloir et enclos, TEC : Tumulus en croissant, TSS : Tumulus conique simple, PCG : Plateforme gravillonnée, TAC : Tumulus à cratère, BAD : Bazina à dôme, MAA : Monument à alignement, TTP : Tumulus tronconique à plateforme, TCS : Tumulus ne calotte de sphère, MDP : Margelle de puits, CPG : Petit cercle de pierre

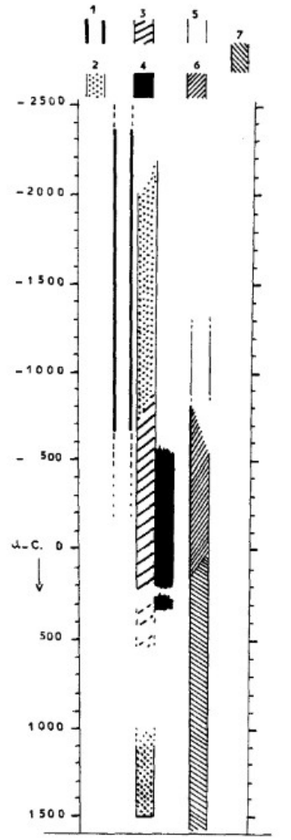


Figure 276. – Tableau chronologique des séquences culturelles et techniques près d'Agadez : représentation graphique. 1 : Néolithique saharien ; 2 : fonte du cuivre natif (*Cuivre I* et période médiévale à Azelik) ; 3 : traitement des minerais de cuivre (*Cuivre II*) ; 4 : fabrication des alliages cuivreux (bronze et laiton) ; 5 : Néolithique sahélien ; 6 : Age ancien du fer ; 7 : Age récent du fer.

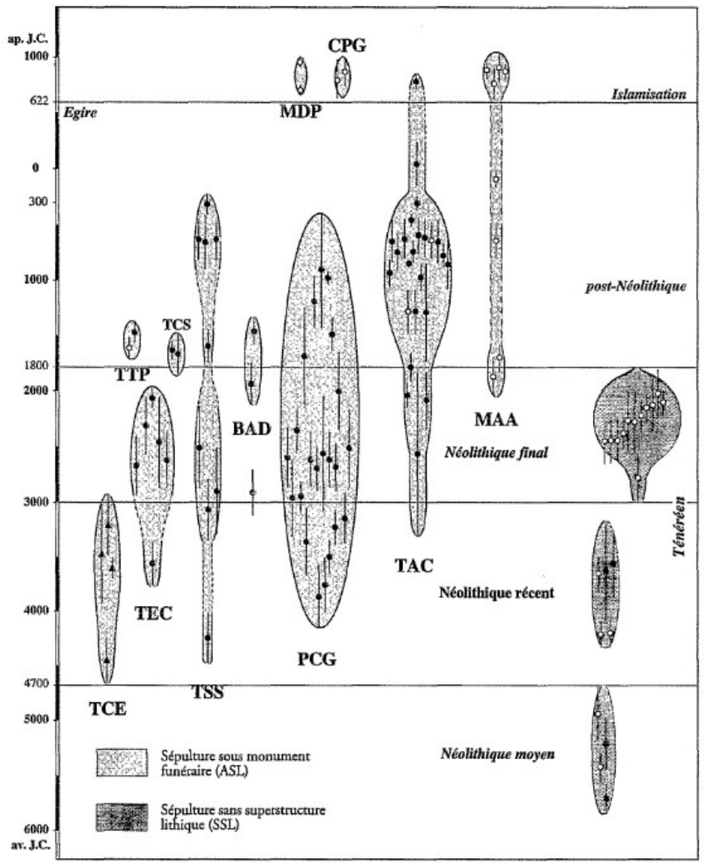
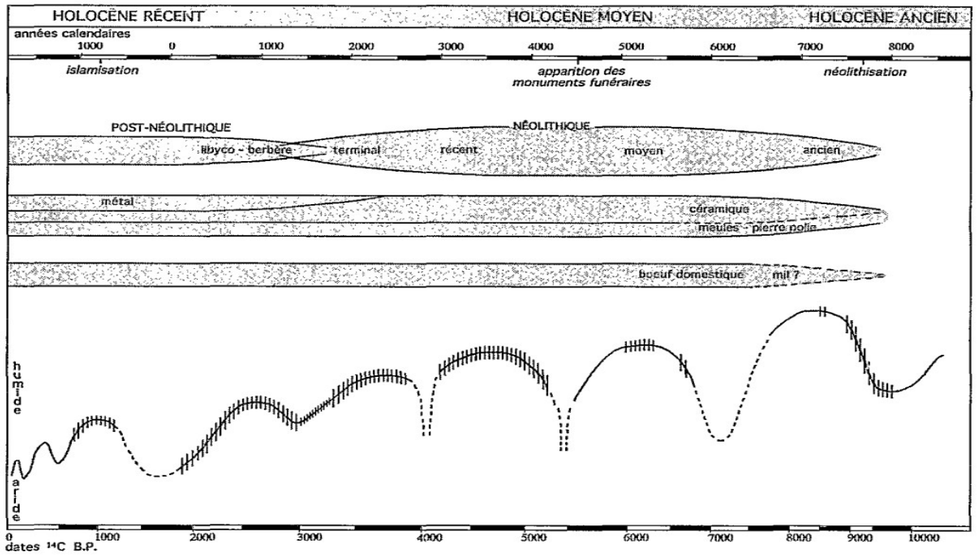


Figure n° 79 : Chronologie des modes de sépultures

Paléoclimat

Nous reprenons ici simplement pour mémoire les travaux de François Paris sur l'Aïr et l'Azawagh qui, entre autre, montre depuis 2500 BCE la lente dégradation du climat vers la climat saharien d'aujourd'hui (Paris 1996).



La courbe représente les variations climatiques, les hachures les périodes d'occupation humaine datées par le radiocarbone.

Figure n° 2 : Chronologie schématique de l'Holocène pour l'Aïr et l'Azawagh

Les indices

L'indice de dispersion

Nous utilisons la méthode du plus proche voisin, qui est simple à comprendre et facile d'utilisation dans QGIS, en passant par une projection métrique. Cette méthode calcule la densité moyenne de points par unité de surface à l'intérieur de l'espace considéré, puis pour chaque point la distance qui le sépare de son voisin le plus proche. On calcule ensuite la moyenne des distances observées au plus proche voisin que l'on compare à la distance théorique moyenne au plus proche voisin d'une distribution aléatoire. L'indice de dispersion est le rapport entre ces deux distances.

La valeur de cet indice permet de se faire une idée de la forme de la distribution, sachant qu'il varie entre 0 (concentration totale) et 2,149 (dispersion maximale selon une grille hexagonale). Cet indice nous renseigne sur le mode d'occupation de l'espace qu'avaient les populations quand au positionnement des éléments funéraires.

Par exemple l'indice de dispersion de nos « villages zéro » est de 1,6 avec un z-score de 6,57, Ce qui en fait une distribution bien dispersée tendant vers une couverture assez homogène de l'espace avec des villages équidistants.

Tableau 13 : Indice de dispersion par types de monuments

	Tumulus	Croissants	Alignements	Cercles	Quadrangulaires	Plateformes	Assodé	Nécropoles
indice	0,146	0,177	0,242	0,235	0,22	0,213	0,409	0,41
nombre	102572	4077	4091	4688	2667	7104	636	868
Z-score *	-523,2	-100.5	-92.0	-100.2	-76.9	-126,7	-28,5	-33,2

* Les z-score <-2 ou >+2 signifient que l'on peut rejeter l'hypothèse nulle d'une distribution aléatoire.

Tous les éléments archéologiques ont une tendance à l'agglomération (Tableau 13). Elle est plus prononcée pour les Tumulus et les Croissants, qui par ailleurs sont les plus anciens selon la chronologie de Paris (Paris 1996), avec pourtant un nombre de monuments très différents entre ces deux types de monuments et une localisation tout aussi différentes. Les autres types de monuments ont des indices très similaires. Pour les éléments les plus récents de type 'Assodé' et les Nécropoles, l'indice est encore plus élevé montrant une occupation de l'espace plus homogène que les éléments néolithiques.

Pour les Tumulus l'agglomération est très forte dans les grands espaces que sont l'Ighazer la Tadarast, la Tamesna et le Ténéré en relation très certainement avec la disponibilité en espace de vie dans ces zones (Tableau 14). Elle est moindre dans les régions montagneuses, comme si les populations se repliaient sur elles-même dans les vastes plaines, ou parce que les zones de refuge pour ces monuments sont moins nombreux que dans les montagnes. On peut alors supposer que l'exploitation des ressources de ces espaces ouverts ne se fait pas non plus tout au long de l'année mais de manière plus ponctuelles.

On peut observer la même dynamique sur les monuments Croissant en Ighazer, alors que pour cette culture funéraire l'Aïr semble plus un espace de prospection.

Par contre, pour les monuments en cercle et les plateformes l'indice est très homogène, comme si le type d'espace n'intervenait pas dans la répartition des monuments. Idem pour les quadrangulaires à la différence où la zone Piémont à un indice très faible en relation avec le hot-spot de ce type de monument.

Les valeurs les plus élevées sont essentiellement dues à un faible nombre d'unité dans ces zones.

Tableau 14 : Indice de dispersion des monuments par zone

Type de monument	Ighazer	Tadarast	Piémont	Aïr	Tamesna	Ténéré
Tumulus	0,077	0,079	0,105	0,209	0,097	0,111
Monuments à alignement	0,204	0,179	0,176	0,375	0,543	0,544
Croissants	0,098	1,081	0,160	0,409	0,190	1,841
Cercles	0,241	0,251	0,227	0,247	0,316	0,269
Plateformes	0,223	0,445	0,159	0,263	0,410	0,193
Monuments quadrangulaires	0,225	0,215	0,154	0,240	1,705	0,647

L'indice de conservation

L'objectif est de déterminer s'il existe des zones où la conservation de monuments pour la plupart millénaires, présente une nécessité d'attention particulière, voire de mesures de sauvegarde, permettant par exemple d'étudier ces zones en priorité dans le cadre de programme de recherche.

Cet indice concerne 20 000 monuments issus des types 'à alignement', 'quadrangulaires', 'cercle', plateformes et 'en croissant'. Le type 'tumulus' n'est pas encore intégré compte tenu de l'importance de la table non encore traitée sur ces paramètres, le sera-t-elle un jour ?

A chaque monument est affecté un indice de dégradation issu de l'observation satellitaire du monument. Le critère est donc plus subjectif qu'objectif car il y a des différences d'observation entre les premiers inventoriés et les derniers, mais aussi du fait de la qualité de l'image utilisée Google ou Bing : 1 correspond à un état de conservation 'bon', 2 correspond à un état de conservation 'moyen', 3 correspond à un état de dégradation 'important'.

Après quelques essais de carroyage fait sur la zone, un carreau de 2 km de coté est utilisé, permettant une assez bonne représentation visuelle tout en ayant un nombre satisfaisant de monuments par carreau pour y appliquer une moyenne de l'indice. Ainsi, plus la moyenne d'un carreau est haute plus l'état de dégradation des monuments de cette zone est important.

Deux zones ressortent très clairement de la carte des indices de conservation :

- au sud-est de la zone d'étude, exposée au vent du Ténéré les monuments sont très sujets à l'ensablement, ce qui n'est pas une dégradation irréversible, mais participe à la limitation d'un inventaire exhaustif. Cette zone se poursuit le long des falaises de Tiguidit jusqu'à la hauteur de la route d'Aderbissinat.

- au nord-ouest de la zone d'étude, les éléments archéologiques autour de la vallée de la Timersoï sont aussi sujets à l'ensablement qui remanie sans cesse la Tamesna. Cette zone semble également prolongée vers la zone Piémont nord.

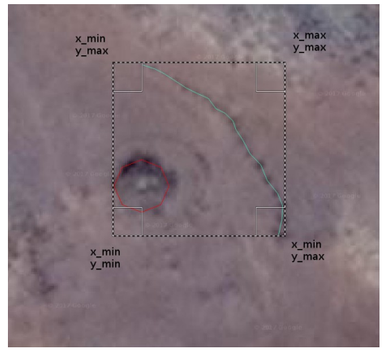
Si ce n'est dans sa partie septentrionale, les monuments lithiques de l'Ighazer semblent encore bien conservés, bien que le matériaux utilisé soit assez souvent les argiles elles mêmes sous forme de tertre plus que de tumulus. On notera néanmoins la zone Piémont sud comme étant sujette à pas mal de pression, sans doute due à la grande activité générée par la ville d'Agadez toute proche. Les éléments archéologiques installés sur des socles rocheux sont sans surprise les éléments qui paraissent le mieux préservés surtout s'ils sont installés sur les rebord rocheux peu parcourus par l'homme et ses animaux..

Tableau 15: Indice de conservation des monuments par zone

Type de monument	Ighazer	Tadarast	Piémont	Aïr	Tamesna	Ténéré
Tumulus	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Monuments à alignement	2,09	2,3	1,77	1,66	2,45	1,8
Croissant	1,94	2	1,67	1,26	2,8	-
Cercles	1,57	1,81	1,67	1,46	2,57	1,99
Plateformes	1,7	1,68	1,26	1,17	2,17	2,04
Quadrangulaires	1,5	1,36	1,46	1,21	-	1

L'emprise des monuments

L'emprise du monument est calculée par la surface du polygone quadrilatère englobant le monument. Pour les monuments à alignement qui disposent de 2 entités séparées dans 2 tables, on compare avant le calcul, les X_min X_max et Y_min Y_max pour former les points de coordonnées du polygone comme sur l'image ci-contre.



Le calcul automatique de cette emprise peut se faire avec l'extension de traitement « Emprise » dans QGIS, qui pour chaque entités crée un polygone d'emprise sur lequel nous calculerons la surface avec un simple $area. Néanmoins, il faudra passer avant par une projection métrique, comme WGS84 EPSG:3857, pour avoir un résultat en m².

Pour les monuments quadrangulaires est appliqué le même principe malgré que ce soit des rectangles, mais qui ne sont pas inscrit dans un système géodésique à axe verticale comme les latitude/longitude, ce que permet l'extension « Emprise ».

Tableau 16: Médiane de l'emprise des monuments en m² par zone

Type de monument	Ighazer	Tadarast	Piémont	Aïr	Tamesna	Ténéré
Tumulus	34	28	27	23	18	17
Monuments à alignement	340	348	322	261	109	144
Croissants	549	91,5	260	184	315	-
Cercles	61	27	23	31	27	31
Plateformes	109	49	63	64	51	52
Monuments quadrangulaires	30	29	16	19	0	25

Les monuments en croissant ont l'emprise au sol la plus importante, notamment en Tamesna et Ighazer où certains ont une longueur de plusieurs centaines de mètres et même un à 1 000 mètres. Ces emprises sont plus modestes mais encore importante en Piémont et relativement faibles dans les zones périphériques de leur répartition géographique que sont l'Aïr et le Piémont.

Les monuments à alignement ont une emprise au sol importante du fait de l'alignement de tourettes. Celle-ci est homogène, sauf en Tamesna et Ténéré où elle est faible qui sont plutôt des zones périphériques et ces zones sont aussi un espace de fort ensablement éolien.

Tous les autres monument ont tendance à avoir une emprise plus forte en Ighazer, voir Tadarast pour les quadrangulaire. L'Ighazer semble donc dire aux différentes cultures funéraires que « dans mon antre il faut faire de grands monuments si vous voulez les retrouver » !

Les quadrangulaires ont l'emprise la plus réduite, elle reste homogène dans les différentes zones, même si légèrement plus élevée en Ighazer et Tadarast qu'en Piémont et Aïr.

Il semble donc que ce soit dans les zones d'occupation périphérique d'une culture funéraire que les monuments soient les plus grands, associés peut être à une occupation temporelle plus réduite.

Le terrain support des monuments

Si le matériel lithique utilisé pour la construction des sépultures est très certainement puisé localement, les surfaces rocheuses ne sont pas les seules à servir de lieu d'implantation de ces monuments. D'autres déterminants décident de cette implantation, comme la durabilité du monument, sa protection vis à vis des intempéries, des animaux sauvages, etc.

Actuellement, 3 types de surface sont définies, en attendant de tenter une approche aussi sur la morphologie des lieux, rebord rocheux, plateau sableux, etc. Le support rocheux est le plus apprécié pour l'implantation des monuments lithiques, néanmoins des disparités sont relevées.

Les cercles qui sont très concentrés dans l'Aïr investissent peu les supports sableux, car dans les montagnes ce sont les lieux de crues des oueds.

Les monuments en croissant se retrouve très présents sur les supports argileux et sableux, essentiellement du fait de leur répartition géographique très représentée en Tamesna et Ighazer nord. Les monuments à alignement sont très majoritairement sur support rocheux et une bonne proportion sur support sableux. Les quadrangulaires, qui sont aussi les monuments les plus récents, ont la répartition la plus homogène, comme si l'environnement n'impactait que peu le choix des implantations.

Tableau 17: Répartition des monuments par terrain

Type de monument	argileux	sableux	rocheux
Tumulus	20,50 %	3,13 %	76,40 %
Monuments à alignement	9,40 %	19,90 %	70,70 %
Croissants	22,20 %	16,40 %	61,40 %
Cercles	8,30 %	20,80 %	70,90 %
Plateformes	1,90 %	8,30 %	89,90 %
Quadrangulaires	36,10 %	20,10 %	43,80 %

L'indice altitudinal

Le tableau 3 ci-dessus a défini les types de zones selon l'altitude. Nous pouvons alors, à partir de l'altitude moyenne des monuments de chaque type (Tableau 3), définir si un type de monument appartient plus spécifiquement à un type de zone.

Très clairement les Plateformes, les Cercles et les éléments type Assodé sont de type 'montagnard'. Les Monuments à alignements et les Tumulus sont plutôt de type 'intermédiaire', comme les nécropoles, même si ces dernières ont une tendance à être 'montagnard'. Enfin, les croissants représentent une culture funéraire dite de la 'plaine' et les Quadrangulaires sont un type 'intermédiaire' tendant vers la 'plaine'.

Tableau 18: Moyenne et médiane de l'altitude par type de monuments

Altitude	Alignement	Tumulus	Croissants	Cercles	Plateformes	Quadrangulaires	Assodé	Nécropoles
Moyenne	501	575	460	722	728	539	788	696
Médiane	485	513	456	720	702	498	781	616

Bien entendu ce type d'apparentement permettra par la suite d'étayer des scénarios sur l'économie des cultures funéraires.

Discussion

Les falaise de Tiguidit marquent bien la limite méridionale des cultures funéraires à superstructures lithiques dans cette partie du sahel. Cela détermine bien une influence saharienne de ces cultures qui plus est qui courent au moins sur 5 millénaires.

Cela est confirmé par la faible utilisation de la Tadarast par les cultures funéraires, alors que la zone Ténéré est quand à elle très pourvue en monuments lithiques et signale donc certainement une utilisation très ancienne de cette zone, à une période où les conditions climatiques étaient plus favorables que maintenant, ce qui correspond bien avec les connaissances chronologiques connues sur les tumulus, cercles et plateformes qui occupent préférentiellement cette zone à des périodes anciennes.

Dans les montages de l'Aïr, les monuments funéraires se dessinent très nettement autour des grands oueds, lieu principal de la ressource en eau et en végétation. Les plateaux rocheux qui ne disposent d'aucunes de ces ressources sont le plus souvent dépourvus de monuments funéraires à l'exception de leurs rebords.

Dans les espaces plus ouverts, les monuments funéraires se cantonnent sur les protubérances rocheuses au cœur de ces espaces ouverts, avec une tendance à l'agglomération du fait du nombre réduit de sites acceptables pour de tels édifices.

Entre les zones de montagnes et de plaines, les zones intermédiaires comme la zone Piémont ou la zone Ténéré voient les monuments funéraires s'installer essentiellement sur les rebords rocheux, et autres avancées gréseuses, comme les promontoires d'Assaouas (Piémont) ou d'Essek n'Aggour (Ténéré).

Nous avons donc défini trois types de zones, qui pourront nourrir les notes thématiques, en relation avec la présence absence des monuments mais aussi selon le mode de dispersion de ces derniers :

- la zone de vie qui correspond à un indice de dispersion plutôt homogène et qui est la zone économique principale de la culture considérée,
- le zone d'influence, où l'on a les même caractéristiques de dispersion mais avec une présence moindre et un usage des ressource peut être plus saisonnier,
- la zone de prospection, qui est une zone où l'indice de dispersion est très faible montrant que la culture funéraire ne se disperse pas, en lien avec l'inconnu de cette zone mais aussi souvent avec les faibles ressources de ces milieux.

Comparativement à ces premiers éléments nous pouvons considérer que les nécropoles et les éléments archéologiques de type Assodé sont une base de comparaison plus contemporaine. Ces derniers ont un indice plus élevé (Tableau 13), signe qu'ils occupent l'ensemble de la zone Aïr de manière plus homogène que les cultures funéraires antérieures. On peut donc considérer que les cultures précédentes avait un besoin de se regrouper plus prononcé, que ce soit pour des questions de sécurité alimentaires, de ressources en eau ou d'évitement d'autres populations, que les populations contemporaines qui ont colonisé tout l'espace. D'une certaine manière, elles pouvaient partager une même culture funéraire, mais avait un mode de vie plus clanique.

Le type de sol support des monuments funéraires varie d'un type de monument à un autre. Si l'on part du principe que plus le climat est humide plus les supports argileux et sableux sont évités par les cultures funéraires car ce sont des terrains non fiables pour la préservation des sépultures, il peut être établi une chronologie grossière des types de monuments. Les plus anciens seraient les Plateformes, puis les Tumulus, les Monuments à alignement et les Cercles. Enfin, les plus récents seraient les Croissants et les Quadrangulaires. Malheureusement, le positionnement des Croissants ne convient pas à la chronologie de Paris, le facteur qui intervient ici est sans doute le type de zone géomorphologique, et il serait plus opportun de regarder ces chronologies à l'intérieur d'une zone homogène, plaine ou montagne, ce que l'on réalisera à la suite des notes thématiques.

Tous ces premiers éléments proposés ici devront aussi être mieux mis en relation avec l'écologie des zones et leur climatologie passée et présente pour avoir un certain nombre de repères de comparaison.

L'occupation de l'espace

Les éléments plus haut nous permette de proposer quelques caractéristiques d'occupation de l'espace et de l'économie principale des différentes cultures funéraires.

les Tumulus

Très peu de zone échappent à la présence de tumulus, essentiellement le sud-est et le sud-ouest de notre zone d'étude, mais aussi les zones plus sableuses de la Tamesna. On peut d'ailleurs se poser la question de savoir si ce sable n'a pas justement dissimulé des tumulus dans ces zones. Les points de plus haute densité sont surtout le promontoire d'Assaouas très en lien avec la falaise de Tiguidit, mais on remarque aussi un autre promontoire cette fois-ci qui avance sur le Ténéré, vers Essek n'Aggour.

Cette culture funéraire qui couvre les 4 premiers millénaire avant notre ère semble adaptée à tous les milieux de vie, montagne comme plaine et milieux intermédiaires. Mais la longue période qu'elle recouvre peut masquer des temporalités différentes d'occupation de l'espace. Il faudra consolider fortement les éléments de cette catégorie au vu de son importance numéraire et tenter de voir s'il y a des possibilités de catégorisation des monuments.

Il semble néanmoins y avoir un gradient croissant d'est en ouest de l'emprise au sol de ces monuments. La concentration des monuments est d'autant plus forte que les espaces sont ouverts en Tamesna, Ténéré, Ighazer et Tadarast. Dans ce milieux, il est évident que cette culture funéraire se repli sur les protubérances rocheuses pour enterrer ses défunts, ce qui permet d'imaginer que ces protubérances forment plus des nécropoles, peut-être attachées à un clan, un village, ou toute autre entité sociale.

les Alignements

La culture funéraire des monuments à alignement se concentre quasi exclusivement dans la verticalité nord-sud de la zone Piémont et dans ce prolongement, en Tadarast. Elle ne pénètre presque pas l'Ighazer et s'insinue un peu le long des vallées de l'Aïr, de manière de plus en plus prononcé du sud au nord. La répartition géographique dans cette zone est assez homogène, même si le promontoire d'Assaouas est le hot-spot de cette culture funéraire de type intermédiaire.

Les indices de dispersion les plus élevés signalent que Aïr, Tamesna et Ténéré sont des zones de prospection, indice couplé à une emprise au sol qui est moindre. Très certainement aussi pour l'Ighazer mais les monuments sont concentrés sur les hauteurs ce qui rabaisse l'indice de dispersion.

Il semble donc que cette culture funéraire, qui se concentre sur la zone Piémont, n'utilise que très peu les espaces contiguës comme l'Ighazer ou l'Aïr. Mais quelle était alors leur économie ? Difficile de répondre mais on a du mal à croire en une vie autarcique. On peut supposer que cette culture n'avait pas qu'une fonction purement économique mais devait posséder une fonction sociale particulière pour pouvoir rester quasi uniquement sur cette zone. Que ce soit une posture, peut être la noblesse ? Ou un savoir-faire, peut être la métallurgie ?

Chronologiquement cette culture s'insère entre la fin du 2è millénaire avant notre ère et la fin du premier de notre ère, c'est à dire qu'elle semble se mettre en place avec le climat saharien actuel vers 2000 BCE.

les Croissants

Les monuments en croissant forment un entonnoir entre Aïr et Ighazer du nord au sud, jusqu'à la vallée de Sekiret, vallée qu'ils ne dépassent que rarement. On les retrouve également plus à l'ouest notamment autour de la vallée de la Timersoï. Leur caractéristique altitudinale est celle de la plaine, bien qu'une partie de ces monuments pénètrent en Aïr le long des grandes vallées est-ouest, zone dans laquelle l'indice de dispersion augmente et indique donc plus une zone de prospection que d'exploitation directe des ressources.

Les grands espaces de la Tamesna et de l'Ighazer favorisent à la fois une concentration de ce type de monuments mais aussi une emprise au sol largement plus grande qu'en zone Piémont ou Aïr.

L'économie de cette culture funéraire semble donc être celle de la zone pastorale et au vu des datations proposées par Paris, à la charnière des deuxième et troisième millénaires avant l'ère commune, c'est à dire avant la mise en place du climat actuel du Sahara, période où l'on peut penser que cette zone était bien mieux pourvue de pâturage que maintenant et que l'Ighazer était encore bien humide et ne convenait guère à l'économie d'élevage de ces populations, certainement des grands animaux bovins et/ou camelin.

les Quadrangulaires

La culture funéraire des monuments quadrangulaires est très concentrée sur la partie sud de notre zone d'étude, le long des falaises de Tiguidit sur le promontoire d'Assaouas et au sud du massif de l'Aïr, définissant un axe latitudinal InGall-Agadez-Toureyet. Ils représentent un type intermédiaire tendant vers la plaine. Plus on avance vers le nord et plus ce type de monuments disparaît.

La dispersion de ces monuments sur les zones Aïr, Ighazer, Tadarast et Piémont est très similaire. On peut donc supposer que quelque soit la zone, cette culture possède une économie à cheval sur ces zones, entre petit et grand élevage, entre agriculture de vallée dans l'Aïr et agriculture céréalière plus au sud, une population qui fait peut être l'interface entre la montage et la plaine, comme In Gall et Agadez joue ce rôle actuellement entre Sahel et Sahara.

Chronologiquement, les monuments quadrangulaires seraient pré-islamiques voire islamiques et pourraient constituer les prémices du développement futur des villes médiévales d'In Gall et d'Agadez, au vu de leur concentration dans ces zones.

les Cercles et les Plateformes

Concentrées dans le nord et l'est de l'Aïr, ces monuments peuvent être caractérisés de 'montagnard'. Leur population vivait donc principalement dans les vallées septentrionales et orientales de l'Aïr, mais aussi en relation importante avec la zone Ténéré. L'économie de ces cultures funéraires était donc basée sur l'exploitation de la végétation de ces vallées pour leur petit bétail et sans doute d'un peu d'agriculture, et ceux durant les 4 premiers millénaires avant notre ère. Leur emprise au sol est très similaire dans toutes les zones sauf en Ighazer où les deux types de monuments ont peu de représentants mais qui ont une emprise au sol deux fois supérieure. On peut supposer que cette zone était utilisée par ces cultures funéraires de manière très temporaire.

Les indices de dispersion les plus importants sont sur les zones Tadarast et Tamesna et l'on peut considérer que ces zones sont des zones de prospection plutôt que d'exploitation direct dans leur économie.

Tableau 19: Synthèse de l'occupation et de l'exploitation de l'espace

	Alignement	Tumulus	Croissants	Cercles	Plateformes	Quadrangulaires
Type	intermédiaire	intermédiaire	plaine	montagnard	montagnard	Intermédiaire tendance plaine
Période	2000 BE à 1000 AD	4 000 BE à 0	4000 à 2000 BE	4 000 BE à 0	4000 BE à 0	Médiévale
Zone de vie	Piémont	Piémont	Piémont septentrional	Aïr oriental	Aïr septentrional	Piémont Tadarast
Zone d'influence	Ighazer Tadarast	toutes	Piémont Tamesna	Ténéré Piémont	Ténéré Piémont	Aïr Ighazer
Zone de prospection	Tamesna Ténéré Aïr	-	Aïr	Tamesna Tadarast Ighazer	Tamesna Tadarast Ighazer	-
Économie	intermédiaire	?	Élevage extensif, bovins, camelins	Vallées, élevage intensif, ovins, caprins	Vallées, élevage intensif, ovins, caprins	intermédiaire

Le promontoire d'Assaouas

Les tumulus et les monuments à alignement ont des distributions similaires, même si pour ces derniers ils pénètrent moins l'Ighazer et l'Aïr. Le fait remarquable est bien qu'ils ont le même hotspot sur la série gréseuse d'Assaouas, jouant le rôle de véritable « promontoire culturel » avançant sur l'Ighazer. Les datations disponibles permettent d'envisager une contemporanéité des monuments à alignement et des tumulus sans alignement, au moins sur la période finale de construction des tumulus. Est-ce un indice pour une différenciation sociale à travers la sépulture ?

La conservation

Les premiers éléments montrent que deux zones sont particulièrement sujettes à l'ensablement. Si ce dernier ne détruit pas les monuments funéraires, il les préservent de nos regards pour de longues périodes, ce qui est un moyen de les conserver, mais limite nos investigations d'aérologie, d'autant que la zone sur la bordure orientale des falaises de Tiguidit est une zone qui possède des éléments importants des débuts de la métallurgie notamment, mais aussi de la culture dite ténéréenne.

De la même manière à l'opposé, la vallée de la Timersoï est une voie de diffusion d'une culture, importante au néolithique, celle des croissant, et mériterait une attention particulière. Ces deux zones pourraient donc être des sites à investiguer préférentiellement pour mieux les connaître.

Point d'étape

Cette version de l'Atlas marque un point d'étape important de cet inventaire initié fin 2015. Même s'il est encore loin d'être finalisé - le sera t-il un jour ? - il présente déjà une vue complète de la richesse des éléments archéologiques de la plaine de l'Ighazer et de ses abords. Et notamment en terme de dénombrement avec près de 130 000 monuments à superstructures lithiques, ce qui doit en faire l'une des zones les plus prolifiques du Sahara.

Pour l'essentiel, ces monuments se distribuent sur 6 millénaires, de la fin du 5è millénaire avant notre ère au 1er millénaire après, même si une petite partie de l'inventaire concerne des monuments de la période médiévale à notre histoire contemporaine dont les monuments quadrangulaires et les éléments d'habitat de type Assodé.

La fourniture des données de cet inventaire fournis sous licence libre, permet en outre à tout chercheur de s'en emparer pour imaginer des travaux ciblés sur une thématique particulière de monument ou de site, replacé dans un contexte global étendu et non plus limité à l'étude de quelques sites ou monuments.

Mais il n'est qu'un point d'étape, c'est à dire qu'il a encore beaucoup à apporter notamment en terme de précision des éléments archéologiques inventoriés. Même s'il n'est pas possible avec des images satellites utilisées ici de faire une classification précise des structures lithiques, il y a de la place pour définir des grands ensembles de monuments, la forme géométrique étant assurément la première des briques à une telle typologie, mais aussi des artifices comme les alignements, les anneaux, etc., tout comme le remplissage ou non de la structure par un matériau, etc. La photo interprétation pourra précisé par des validations de terrain certaines caractéristiques majeures, ce qui permettra d'extrapoler à l'ensemble des données, chose quasi inatteignable aujourd'hui au vu des moyens humains et financiers qui seraient nécessaires à une telle entreprise de terrain.

Par ailleurs, il n'est pas impossible que les couches géographiques actuellement définies ne fusionnent pas dans une base de données unique permettant plus d'interaction entre tous les éléments archéologiques inventoriés, car la typologie des formes n'entraîne pas une typologie humaine.

D'autres technologies sont aussi à notre portée comme l'utilisation des drones pour reconstituer des zones entières à partir de la photogrammétrie, permettant ainsi de construire des modèles 3D sur lesquels le chercheur peut travailler avec plus de précision dans la définition des caractéristiques extérieures d'un monument, qu'avec les images satellites gratuites, et ce pour un coût somme tout abordable.

Enfin, on attendra aussi beaucoup des différentes intelligences artificielles utilisant les images satellites à très hautes résolution qui pourront sûrement à l'avenir compléter ce type de prospection. Dans l'attente de la poursuite de ces travaux, toute contribution est la bienvenue.

Bibliographie

Beltrami V. 1982 – *Una corona per Agadès : Sahara, Air, Sahel*, Roma, De feo editors, 266 p.

Bernus E., **Bernus S.**, **Cressier P.**, **Gouletquer P.**, **Poncet Y. 1984** – *Programme archéologique d'urgence 1977-1981 : 1- Introduction : méthodologie-environnements*, Études Nigériennes n° 48, IRSH, 196 p.

Bernus S., **Cressier P. 1992** – *Programme archéologique d'urgence 1977-1981 : 4- Azelik-Takedda et l'implantation médiévale*, Études Nigériennes n° 51, IRSH, 390 p.

Bernus E., **Cressier P.**, **Paris F.**, **Durand A.**, **Saliège J.-F. 1999** – *Vallée de l'Azawagh*, Études Nigériennes n° 57, SEPIA, 422 p.

Dida B. 2002 – L'archéologie du peuplement de Tademekka d'après les traditions orales des Kel Essuk de l'Adragh des Ifoghas, in Ithyphalliques, traditions orales monuments lithiques et art rupestre du Sahara : Hommage à Henri Lhote, AARS, p. 56-64.

Gauthier Y., **Gauthier C. 2007** – Monuments funéraires sahariens et aires culturelles, *Les Cahiers de l'AARS*, 11, p. 65-78.

Grébénart D., **Poncet Y. 1985** – *Programme archéologique d'urgence 1977-1981 : 2- Le néolithique final et les débuts de la métallurgie*, Études Nigériennes n° 49, IRSH, 418 p.

Guillon R. 2013 – *Relation société-milieu en domaine sahélien au sud-ouest du Niger au cours des quatre derniers millénaires : approche géoarchéologique*, phdthesis, Université de Bourgogne.

Haour A. 2003 – One Hundred Years of Archaeology in Niger, *Journal of World Prehistory*, 17, p. 181-234.

Mattingly D., **Gatto M.C.**, **Ray N.**, **Sterry M. 2019** – *Burials, migration and identity in the ancient Sahara and beyond*, Trans-Saharan archaeology: Volume 2, Cambridge University press.

NSF 2020 – The paleobiology database, https://paleobiodb.org/#/ consulté le 25 février 2023.

Olson D. *et al.* 2001 – Terrestrial ecoregions of the world, *Bioscience*, 51 (11), p. 933-938.

Pacquet A. 1968 – *Analcime et argiles diagénétiques dans les formations sédimentaires de la région d'Agadès (République du Niger)*, , Strasbourg, Strasbourg, Université de Strasbourg, inédit, 221 p.

Paris F. 1984 – *Programme archéologique d'urgence 1977-1981 : 3- Les sépultures du néolithique à l'islam*, Études Nigériennes n° 50, IRSH, 233 p.

Paris F. 1996 – *Les sépultures du Sahara nigérien du néolithique à l'islamisation*, Études et Thèses, ORSTOM, 376 + 621 p.

Poncet Y. 1983 – *Programme archéologique d'urgence 1977-1981 : 0- atlas*, Études Nigériennes n° 47, IRSH, 89 p.

Popov G.B., **Duranton J.**, **Girault J. 1991** – *Étude écologique des biotopes du Criquet pèlerin*, CIRAD, , 745 p.

Rodd F.R. 1926 – *People of the veil*, Macmillan and Co, 475 p.

Roset J.-P. 1987 – Néolithisation, Néolithique et post-Néolithique au Niger nord-oriental, *Bulletin de l'association française pour l'étude du Quaternaire*, 24-4, p. 203-214.

Savary J.-P. 1966 – *Monuments en pierres sèches du Fadnoun*, Arts et métiers graphiques, 75 p.

Sereno P.C. *et al.* 2008 – Lakeside Cemeteries in the Sahara: 5000 Years of Holocene Population and Environmental Change, *PLOS ONE*, 3 (8), https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0002995.

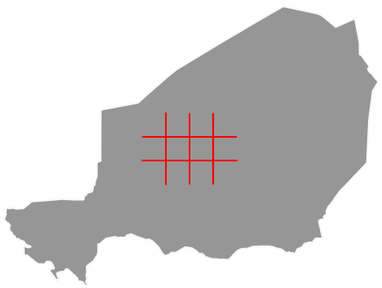
Sparavigna A.C. 2014 – A Prehistoric Solar Observatory in the Middle of Sahara Desert, *Philica*, p. 8.

La zone de prospection

les cartes IGN 1/200 000è

Légende

- zone géomorphologique
- carte IGN



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, décembre 2020.

IN ALLAREN

AFASTO

TIMIA

TAKOLOKOUZET

TEGGIDA n'TESSEMT

TEGIDDA n'TAGAIT

EL MECKI

BARGHOT

IN GALL

AGADEZ

TAGUEDOUFAT

GUEDMAOUENE

Fond de carte : Google Maps

La zone de prospection

l'altitude

Légende :

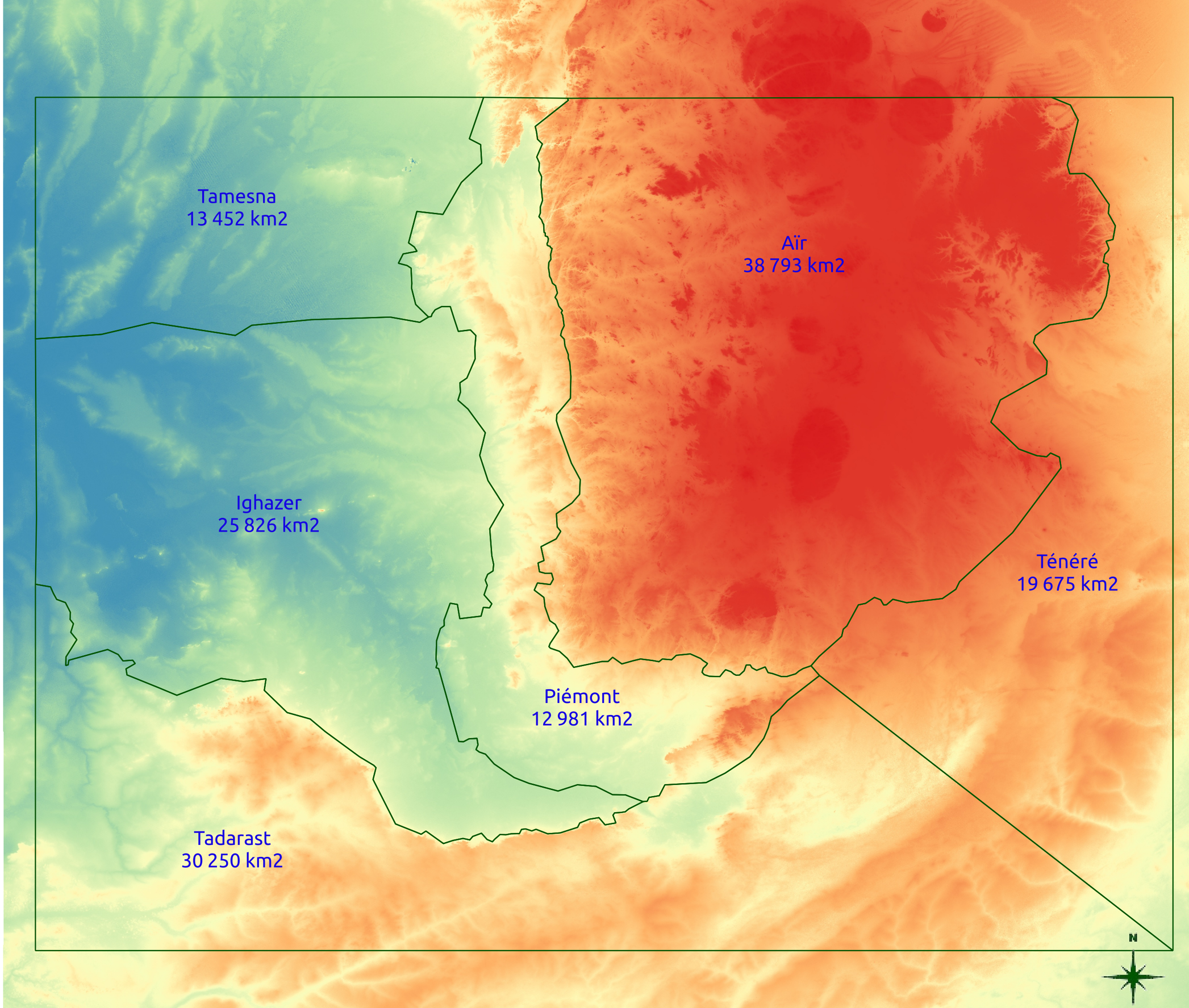
zone géomorphologique

altitude (m)

- 316
- 362
- 375
- 288
- 401
- 414
- 430
- 444
- 459
- 469
- 483
- 496
- 509
- 525
- 547
- 585
- 644
- 734
- 875
- 1925

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2020.



La zone de prospection

les villages zéro

Légende

- zone géomorphologique
- village (altitude) [66]

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, décembre 2020.

Tchin Taghoda (691)
Tawarey (479)
Etaghas-n-Ingal (705)
Tarenat (959)
Ibadanan (417)
Arlit (424)
Aguelal (602)
Agamgam (716)
Gougaram (501)
Assodé (742)
Adodé (930)
Teggar-Tegget (360)
Tiestene (577)
Takolokouzet (640)
Dannet (412)
Ikawaten (384)
Amguita (564)
Timia (1097)
Imouraren (462)
Timelouas (816)
In Abangarit (352)
Tasedet (366)
Abelajouad (402)
In Dakat (765)
Gabos (452)
El Mecki (713)
Bagzan n'Ammas (1551)
In Tegueist (366)
Sekiret (421)
Tawarakat (499)
Azuza (437)
Egedawel (594)
Abardock (827)
Amzeguer (761)
Tegidda n'Tesemt (376)
Barghot (718)
Mabrouk (365)
Tegidda n'Tagelt (415)
Dabaga (629)
Oufaguédout (583)
Fagoshia (392)
Tchirozérine (510)
Edmer (386)
Taghaouaji (714)
Tegidda n'Adrar (399)
Toureyet (566)
Agadez (505)
Bazin (420)
Mazelet (530)
Ojada (393)
In Gall (488)
Tabehik (511)
Tigerwit (415)
Tabzagor (484)
Agaya (424)
Amachédoui (486)
Essassane (481)
Mio (443)
Tiguidit (533)
Maranda (481)
In Aghamane (428)
Soussoutane (527)
Amateltel (515)
Tchin Bengarene (440)
In Wagar (482)
Taguedufat (495)

N

Fond de carte : Google Maps

ighazer ingall

La zone de prospection autour de la plaine de l'Ighazer

unités écologiques

Légende

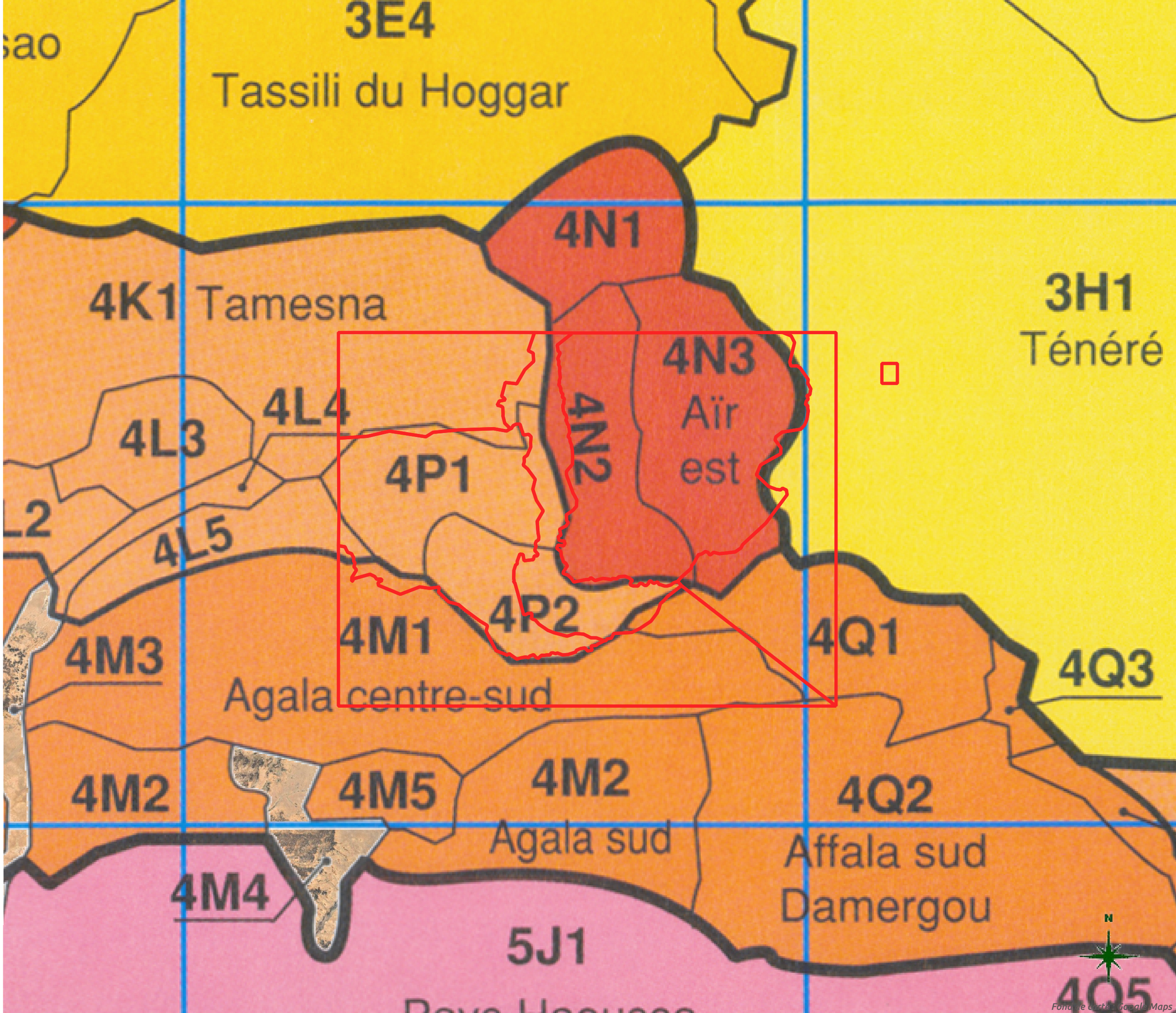
zone géomorphologique

zone UTEH

unité territoriale écologiquement homogène (UTEH) de
Popov, Duranton, Girault 1991
"Etude écologique des biotopes du Criquet pèlerin" CIRAD

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2020.



La zone de prospection

les éco-zones du wwf

Légende

- zone géomorphologique
- frontière
- ville
- lac Tchad
- savane inondée du lac Tchad
- désert du Sahara
- halophytes sahariens
- savane sahélienne à acacias
- steppe et forêt du sud du Sahara
- forêt xérique montagnarde du Sahara occidental

0 *100* *200 km*

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, avril 2023.

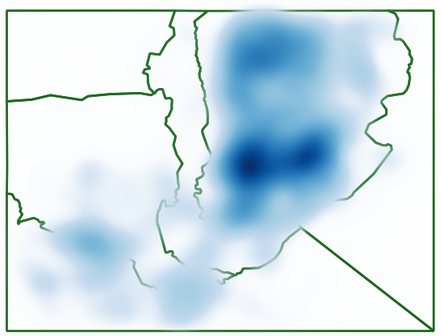
Tamanrasset
Arlit
Bilma
Agadez
Gao
Tahoua
Zinder
Niamey

La zone de prospection

la ressource en eau

Légende

- zone géomorphologique
- point d'eau [602]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, avril 2023.

N

Fond de carte : Google Maps

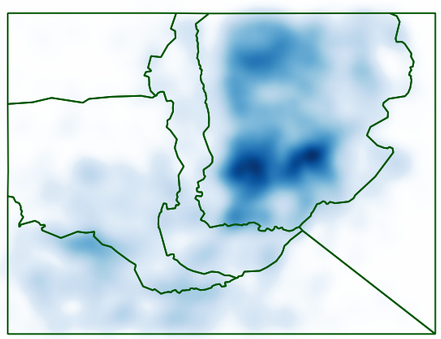
La zone de prospection

la toponymie

Type de toponymie

nombre total [2552]

- plaine [418]
- relief [521]
- vallée [472]
- vallon [1063]
- village [39]
- ville [6]



0 25 50 km

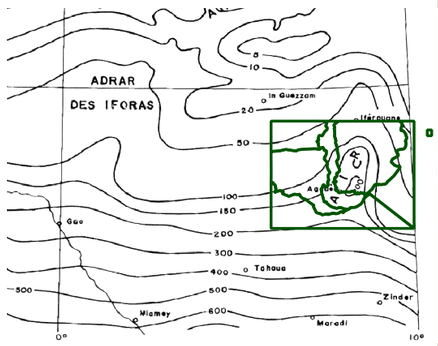
Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, décembre 2020.

Fond de carte : Google Maps

ighazer ingall

La zone de prospection

la pluviométrie



0 50 100 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, décembre 2020.

In Guezzam
Iférouane
Agadez
Tahoua
0
10
20
50
100
150
200
300
400
500
600
N

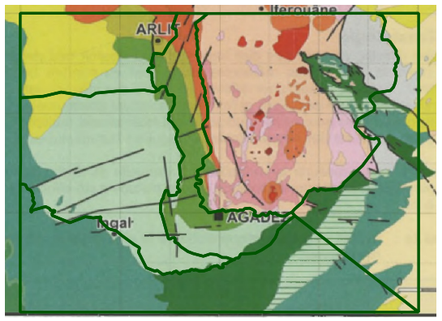
Fond de carte : Google Maps

La zone de prospection

pluviométrie et géologie

Légende

- Crétacé marin
- Tégama
- Argiles de l'Irhazer
- Série des Grès d'Agadès
- Série d'Izegouandane
- Carbonifère
- Ceinture tassilienne
- Socle



0 50 100 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, décembre 2020.

La zone de prospection

les terrains de support

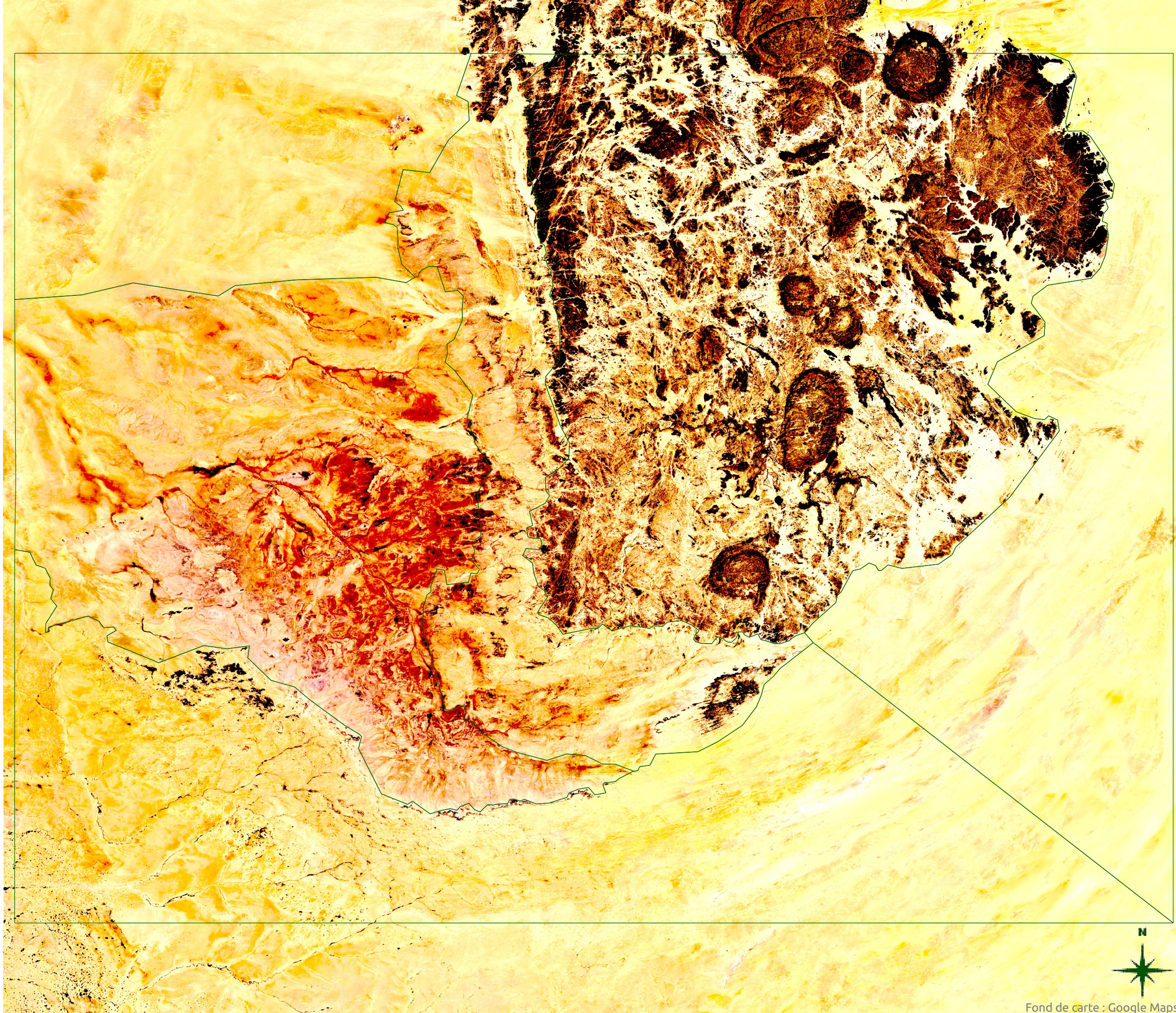
Légende

zone géomorphologique

Réglages du raster Google
- luminosité : -146
- contraste : 100
- gamma : 3
- saturation : 76

0 *25* *50 km*

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, avril 2023.



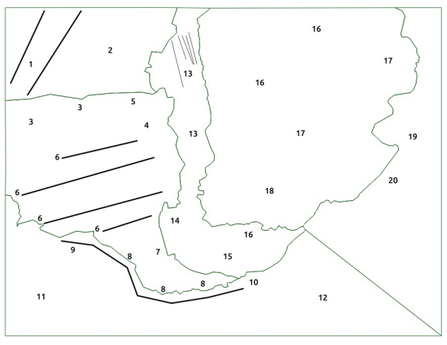
Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

les monuments lithiques

Légende

zone géomorphologique



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

N

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

(hors tumulus)

Légende

zone géomorphologique

type de monument

- quadrangulaire
- à alignement
- croissant
- cercle
- plateforme

0 *25* *50 km*

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

N

Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

(hors tumulus)

Légende

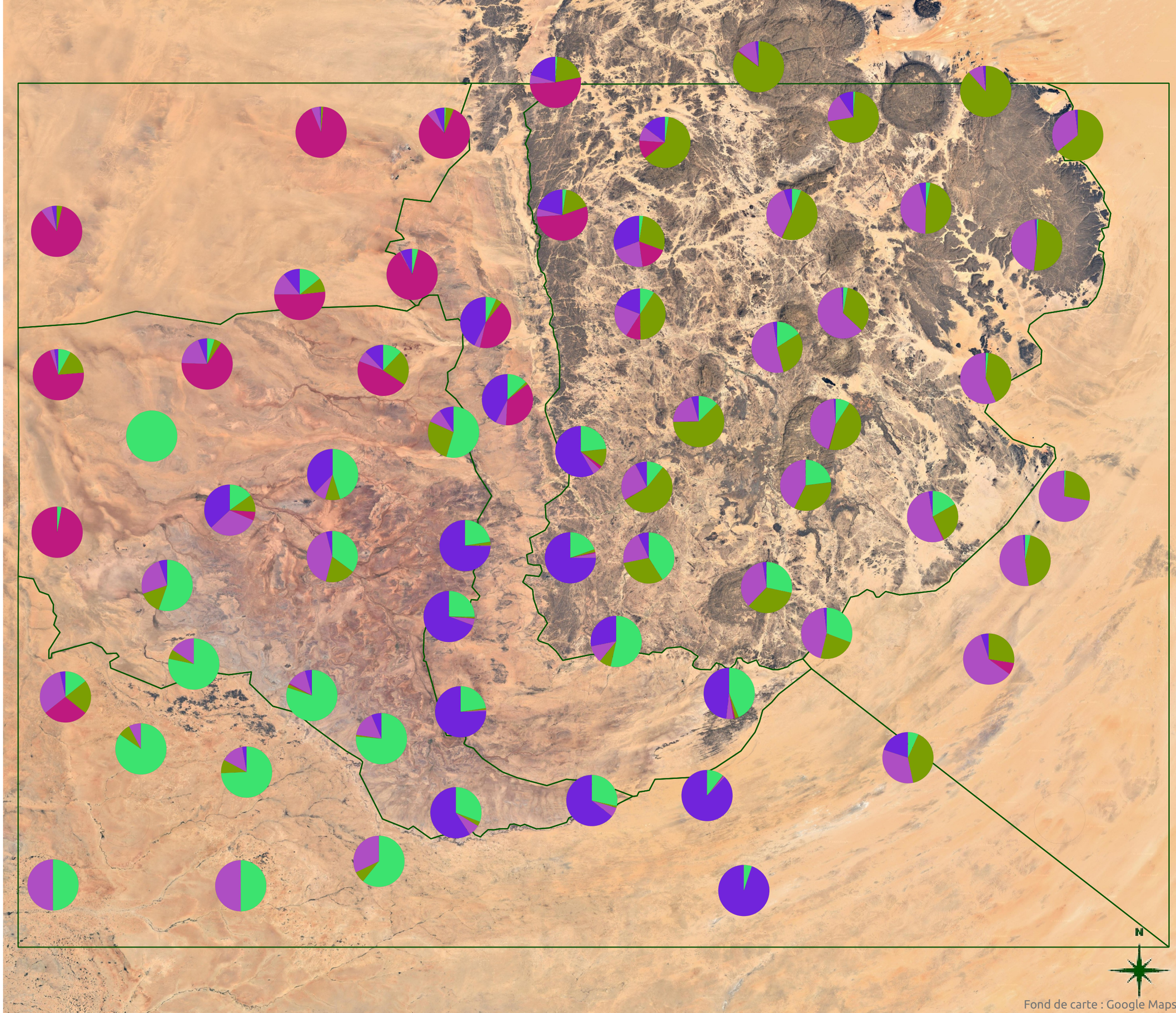
zone géomorphologique

type de monument

- à alignement
- cercle
- croissant
- plateforme
- quadrangulaire

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.



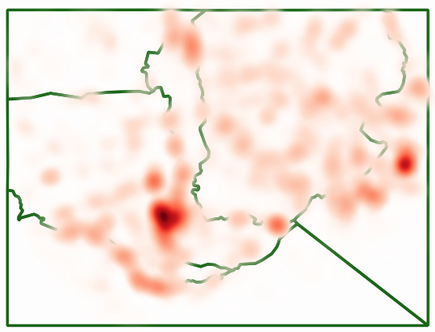
Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

les tumulus

Légende

- zone géomorphologique
- tumulus [105 044]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

N

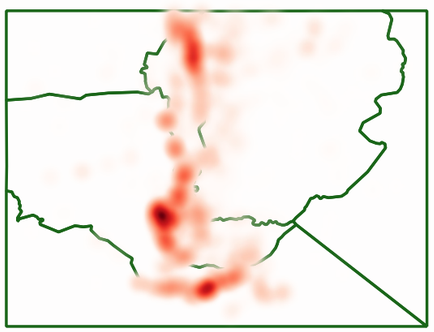
Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

les monuments à alignement

Légende

- zone géomorphologique
- alignements [4092]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

N

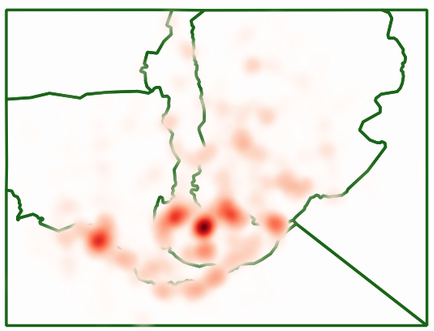
Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

les monuments quadrangulaires

Légende

- zone géomorphologique
- quadrangulaires [2653]



0 *25* *50 km*

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

N

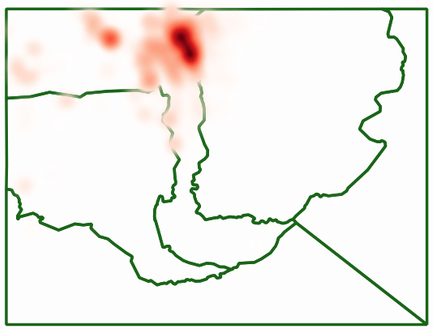
Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

les croissants

Légende

- zone géomorphologique
- croissants [4104]



0 *25* *50 km*

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

N

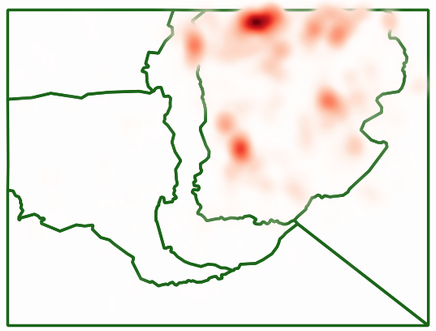
Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

les plateformes

Légende

- zone géomorphologique
- plateformes [7104]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

N

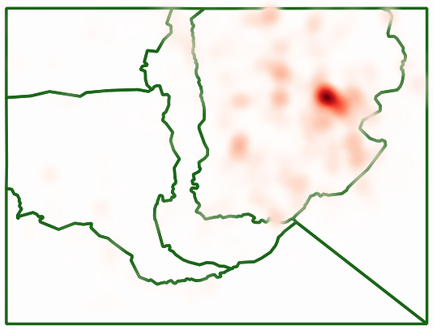
Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

les cercles

Légende

- zone géomorphologique
- cercles [4688]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

N

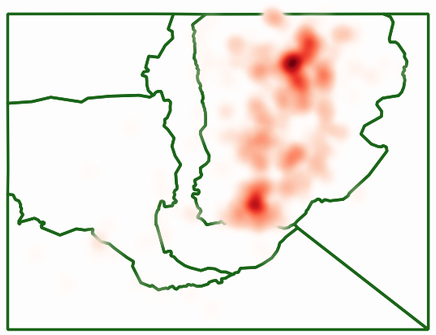
Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

les éléments type Assodé

Légende

- zone géomorphologique
- site 'assode' [625]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

N

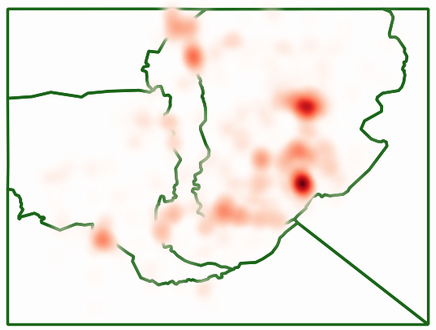
Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

les nécropoles

Légende

- zone géomorphologique
- nécropoles [974]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

N

Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

les sites du PAU

Légende

- zone géomorphologique
- zone PAU

type de site [464]

- Autres [21]
- Funéraire [127]
- Habitat [150]
- Islamique [54]
- Metallurgie [86]
- Rupestre [25]

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

N

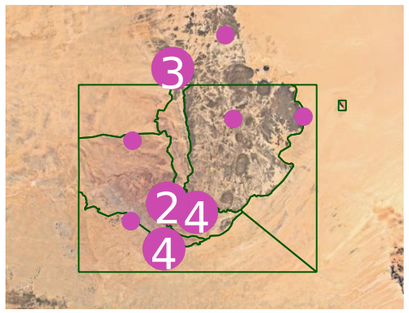
Fond de carte : Google Maps

Les datations absolus dans la plaine de l'Ighazer

Légende

période [317]

- néolithique ancien [24]
- néolithique moyen [14]
- néolithique récent [81]
- néolithique final [62]
- post néolithique [112]
- Islamique [24]



0 100 200 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

Les sites rupestres en Ighazer-Aïr

densité et inventeur

Légende

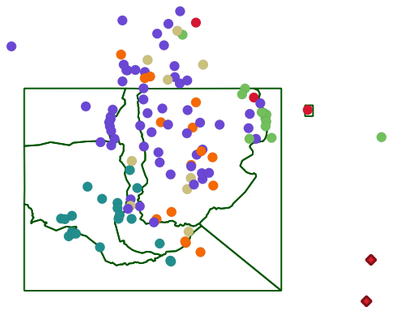
atlas de l'Ighazer

densité des sites [139]

- unités [81]
- dizaines [39]
- centaines [15]
- milliers [4]

inventeur des sites [139]

- Berliet Ténéré [3]
- PAU [20]
- Lhote [60]
- Roset [12]
- Rodd [15]
- Dupuy [9]
- Quechon [2]



0 *50* *100 km*

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, mai 2022.

Iwelen

Mammanet

Takolokouzet

Arlit

Arlit

Dabos

Tegidda n'Tagait

Isokenvali

Agadez

Eknaouène

Termit

N

Fond de carte : Google Maps

Les éléments archéologiques dans la plaine de l'Ighazer

les dinosaures

Légende

zone géomorphologique

occurence (nbr)

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2021.

Fond de carte : Google Maps