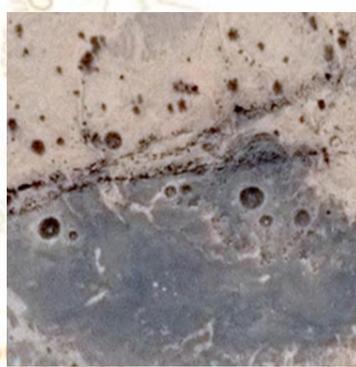
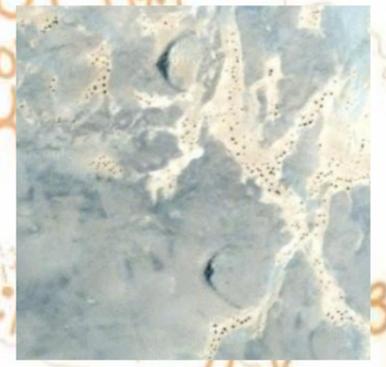




Atlas archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer (Niger)



Introduction

Cette contribution est le fruit d'une prospection de près de 3 années et sûrement quelques centaines d'heures, si pas plus, d'arpentage d'images satellitaires.

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 3.0 marque une étape importante de cet inventaire puisque, outre la vision de plus en plus complète de la zone d'étude, certaines hypothèses sont émises le plus souvent 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, permettant des tentatives de reconstruction de l'histoire, couvrant une période allant du néolithique au moyen âge et même sur des éléments archéologiques contemporains de la plaine de l'Ighazer.

L'Atlas est complété par des « notes thématiques », actuellement basées sur la typologie des éléments archéologiques inventoriés, ainsi que les données brutes disponibles pour tout chercheurs amateurs ou professionnels.

Tableau 1 : Notes thématiques

Notes thématiques	Date
Les monuments quadrangulaires	avril 2017
Les nécropoles	novembre 2017
Les édifices médiévaux	juin 2017
Les inventaire du PAU	juillet 2017
Les monuments à alignement	décembre 2018
Les tumulus	juillet 2018
Les monuments en croissant	juillet 2018
Les monuments circulaires	juillet 2018
Les sites médiévaux en danger	juin 2018
Les mosquées de l'Ayar	novembre 2018

Licence des données



L'ensemble des données est disponible sous la [licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

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 mêmes conditions, c'est à dire avec [la même licence](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) 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](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) qui restreindraient légalement autrui à utiliser l'œuvre dans les conditions décrites par la licence.

Les données

Les données sont disponibles aux formats **.shp** et **.csv**, suivant ce lien de téléchargement : <http://www.ingall-niger.org/bd-ighazer>. Elles sont accompagnées d'un **.pdf** qui les décrits statistiquement, complétées d'un ensemble de cartographies thématiques.

L'ensemble des fichiers téléchargeables dans un fichier compressé .zip, composent la couche géographique, hormis le **.csv** qui est un format de données textes utilisables dans tout tableur avec un codage UTF-8.

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 courantes de QGIS 3.x, avec les plugins suivants :

Tableau 2 : 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 ainsi d'affecter un monument à une zone, mais aussi de confronter des fichiers différents
Create Web Map	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 analyse du plus proche voisin, définition de grille vecteur, etc.

Pour les analyses statistiques proprement dites, le logiciel **Orange** de l'université de Ljubjana est utilisé.

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, Here et d'autres fournisseurs peuvent être utilement utilisés pour préciser un 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.

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, il est évident que les premières zones prospectées ne le sont pas tout à fait de la même manière que les dernières zones inventoriées. C'est sans doute le cas de la zone d'Ingall 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.

La projection cartographique

Nous utilisons préférentiellement la projection WGS84 EPSG:4326, même si ponctuellement nous passons par une WGS84 EPSG:3857 qui est une projection métrique permettant de calculer certaines données en mètres.

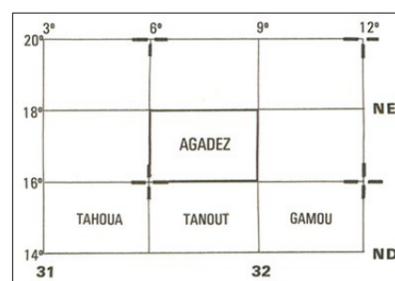
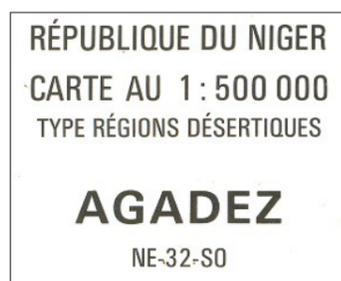
La zone d'étude

La zone prospectée

Le choix de la zone prospectée a été fait en lien avec la carte IGN au 1/500 000 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 été augmentée d'un demi degré vers le nord afin de couvrir au mieux la zone première d'étude, l'Ighazer, tout en ayant des repères d'analyse avec les montagnes de l'Aïr.

Nous disposons également des 6 cartes au 1/200 000 qui couvrent la zone d'étude et que nous avons numérisées afin de faciliter le repérage des lieux.

Autre point de départ en faveur de cette délimitation sont les cartes de l'Atlas du Programme Archéologique d'Urgence d'Ingall-Teggida n'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.



FEUILLES COMPOSANTES AU 1 : 200 000		
Teguidda-n-Tessoumt NE-32-VII 1959	Teguidda-n-Tagaït NE-32-VIII 1959	Elméki NE-32-IX 1973
Ingal NE-32-I 1959	Agadez NE-32-II 1959	Taguedoufat NE-32-III 1967

Les zones géo-morphologiques

A l'intérieur de la zone d'étude, nous avons délimité des sous-zones qui sont caractérisées par leur géologie et leur morphologie :

- l'**Ighazer** : c'est la plaine d'inondation argileuse du continental intercalaire,
- la **Tadarast** : c'est la zone de sable au dessous des falaises de Tiguidit qui la sépare de l'Ighazer, sur la série gréseuse du Tegama,
- le **Piémont** : qui est la limite entre les montagnes de l'Aïr et la plaine argileuse, le plus souvent sur des séries de grès,
- l'**Aïr** qui est la montagne sur socle cristallin,
- la **Tamesna** qui est le début du désert au nord de la zone d'étude, où le continental intercalaire est couvert de sable éolien.

L'ensemble de ces zones composent une entité politique, le Sultanat de l'Aïr dont la capitale est Agadez. Afin de ne pas confondre l'entité politique de l'entité géographique, nous utiliserons plutôt le terme « Ayar » pour parler de l'entité politique et « Aïr » pour l'entité géographique.

Les villages

Nous avons fait appel à notre connaissance du terrain et vérifié la toponymie avec la superposition des raster des cartes IGN au 1/200 000 que nous avons à notre disposition. Ces villages ne sont pas tous homogènes dans leur taille, d'Agadez à Tasedet c'est le grand écart en nombre d'habitant, mais le plus important est de couvrir les zones de façon assez homogène.

Seule la zone de Taguedoufat est un peu dépourvue de villages, ou plutôt de puits, qui y sont difficiles à repérer. De même pour la Tamesna au Nord.

Les villages vont nous servir pour nommer et identifier les monuments, voir à préciser certaines répartition géographiques.

L'altitude

Elle est issue du raster SRTM 38_09 que l'on trouve à cette adresse ;

<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>.

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 complètement éviter.

Nous utilisons donc notre 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 monuments :

- les **tumulus** simple ou de forme plus complexe,
- les **monuments circulaires**, dont la forme est le plus souvent plate ou tout du moins avec peu de relief. Les sous-types suivants sont déterminés :
 - les cercles, c'est à dire sans matériaux à l'intérieur,
 - les plateformes avec un matériel lithique sur toute la 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 toujours à l'est,
- les **monuments quadrangulaires**,
- les **croissants et tumulus à excroissance**, déterminent une surface triangulaire, des pointes au centre, les sous-types suivants sont déterminés :
 - filiforme (F)
 - plein (P)
 - à œil (O)

Nous avons aussi recensé un ensemble de **nécropoles**, sûrement non exhaustif car difficile à observer, dans lequel sont adjointes les sépultures en margelles. 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 été produit sur les **mosquées** de l'Ayar.

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

Dénombrement

Plus de 77 000 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 estimation de 80 000 monuments pour cette même zone semble tout à fait réaliste et peut être plus de 100 000 si l'on inventoriait l'ensemble de l'Aïr et de son piémont.

Tableau 3 : Nombre de monuments par type

Type de monument	Nbr de monument
Tumulus	64 247
Monuments circulaires	4 766
Monuments à alignement	3 173
Monuments quadrangulaires	2 688
Monuments en croissant	1 337
Nécropoles	628
Sites d'habitat contemporains d'Assodé	421
Indéterminé	167
Total	77 427

Selon les zones géo-morphologiques, 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 la plus forte densité.

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 4 : Densité des monuments au km² par zone

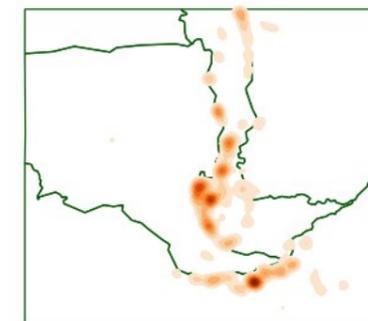
Type de monument	Ighazer	Tadarast	Piémont	Aïr	Tamesna	Total
Tumulus	0,4933	0,3901	1,7097	0,9620	0,1318	0,6914
Monuments à alignement	0,0049	0,0293	0,1493	0,0252	0,0028	0,0339
Monuments en croissant	0,0080	0,0004	0,0633	0,0074	0,0452	0,0144
Monuments circulaires	0,0094	0,0085	0,0286	0,1859	0,0042	0,0511
Monuments quadrangulaires	0,0107	0,0196	0,0673	0,0418	0	0,0266
Nécropoles	0,0018	0,0010	0,0105	0,0199	0	0,0066
Sites d'habitat d'Assodé	0,0001	0,0001	0,0005	0,0189	0	0,0044
Densité	0,5282	0,4491	2,0322	1,2612	0,1840	0,8284

Les cartes¹

Les 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.



Les éléments archéologiques inventoriés [77 427]

La carte des éléments archéologiques, sans fond de carte satellitaire, nous permet de reconnaître les principaux éléments géo-morphologiques, 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 du sud 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 différents.

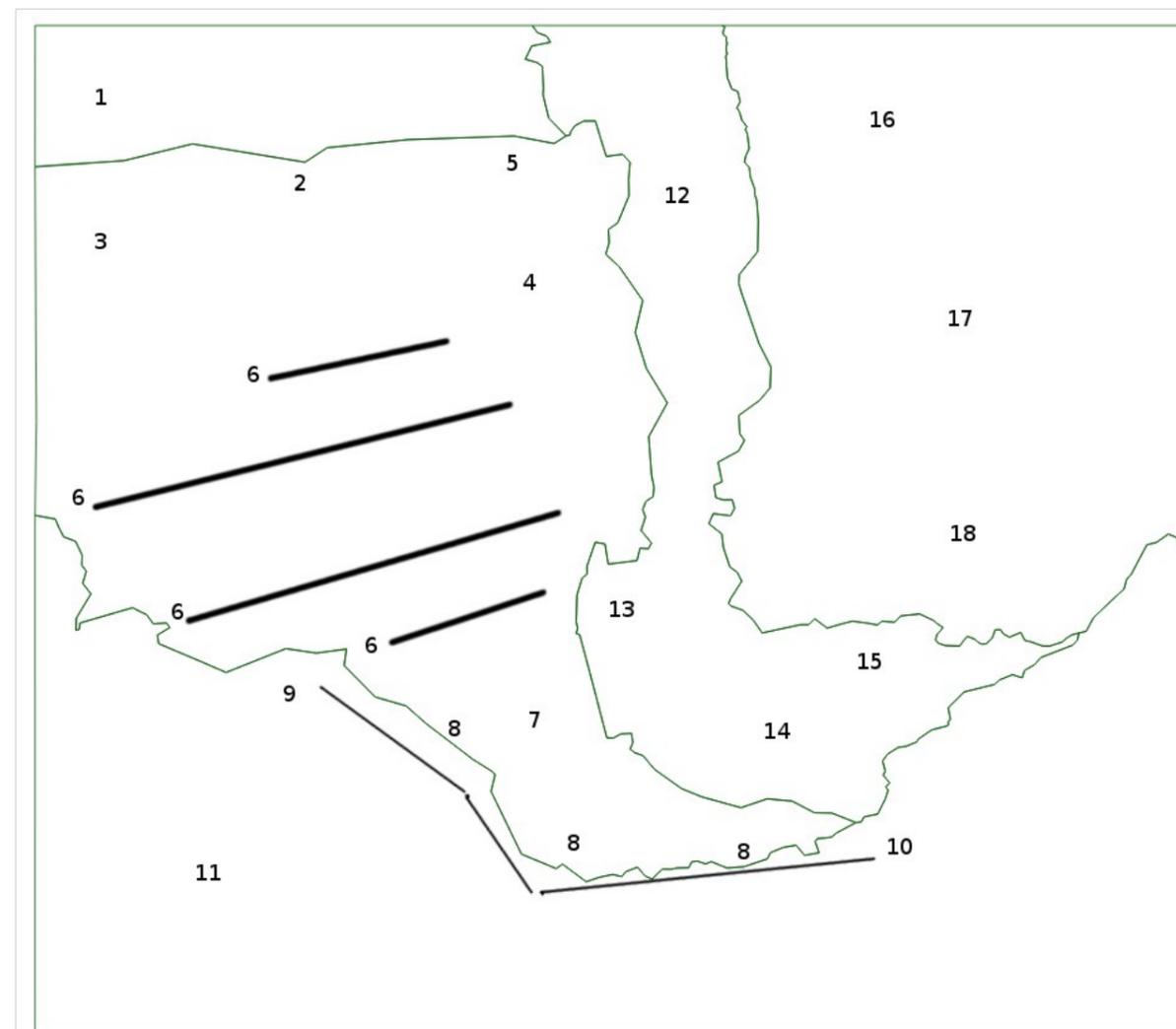


Figure 1: Principales caractéristiques reconnues de la zone d'étude

¹ Zoomer sur les cartes augmentera leur netteté et leur précision.

En Tamesna, les monuments sont principalement répartis de part et d'autre de la vallée de la Timersoï (1) au nord-ouest de la zone d'étude, mais malgré tout sur des spots relativement peu nombreux.

En Ighazer, dans la partie septentrionale, les tumulus sont également dispersés le long des vallées d'écoulement des plus grands oueds. Essentiellement Anou Zeggeren (2) 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, ils 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 dépourvu de monuments, cette zone en pente légère ne recevant pas de monuments.

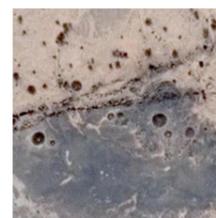
Dans la Tadarast, la plupart des monuments s'étirent le long des falaises de Tiguidit, de l'ensemble montagneux d'In Kakan (9) à l'ouest jusqu'à son extrémité orientale (10) où les monuments deviennent de plus en plus dispersés dans une zone sous l'influence des vents de sables venus du Ténéré. Dans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

Dans la zone Piémont nord, les monuments se distribuent sur les rebords de plateaux rocheux (12) 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 » (13) 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. La partie Piémont sud (14) est plus clairsemée et là aussi le glacis du pied des montagnes sud de l'Aïr (15) est dépourvu de monuments.

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

Sur la zone d'étude un seul monument, très probablement « à goulet » a été inventorié. Il constitue sans doute l'un des monuments de ce type le plus méridional du Sahara.

Les tumulus [64 247]



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.

Les monuments à alignement [3 173]



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 entre montagne et plaine.

Les monuments circulaires [4 766]



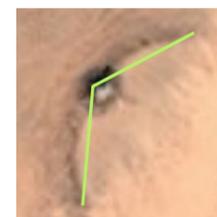
Ils sont essentiellement concentrés dans l'Aïr. Cette classe est néanmoins très dispersées et les analyses futures permettront de préciser une typologie de monument.

Les monuments quadrangulaires [2 688]



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

Les monuments en croissant [1 337]



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

Les nécropoles [628]



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 contemporains à Assodé [421]



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.

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.

Les datations [67]

La carte des datations propose une vue des datations carbone 14 réalisées sur la zone d'étude, en distinguant le matériel de datation. 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, ainsi que des os humains issus des fouilles de François Paris.

Deux cartes dynamiques en ligne sur le web sont également disponible :

- carte de tous les éléments : <http://ressources.ingall-niger.org/documents/cartes/web/tous/index.html>
- carte des sites du PAU : <http://ressources.ingall-niger.org/documents/cartes/web/pau/index.html>.

Chronologie

Nous reprenons ici simplement les 2 ensembles chronologiques proposés par François Paris et Danilo Grébénart :

[Le néolithique final et les débuts de la métallurgie](#), étude nigériennes 49 - Danilo Grébénart - 1985

[Les sépultures du Sahara nigérien du néolithique à l'islamisation](#) - François Paris - 1996

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.

Tableau 5 : Indice de dispersion par types de monuments

	Tumulus	Croissants	Alignements	Circulaires	Quadrangulaires	Assodé	Nécropoles
indice	0.147	0.180	0.224	0.154	0.231	0,440	0,462
nombre	64 238	1 336	3 154	4 747	2 681	414	616
Z-score *	-413,3	-55.5	-82.0	-111.5	-76.1	-21,7	-25,5

* Les z-score petits signifient que l'on peut rejeter l'hypothèse nulle d'une distribution aléatoire.

Tous les éléments archéologiques ont une tendance à l'agglomération. Elle est très prononcée chez les tumulus et les circulaires, qui par ailleurs sont les plus nombreux et les plus anciens. De mêmes que les croissants, pourtant en faible nombre, très localisés dans le nord ouest de la zone d'étude. Les monuments à alignement et les quadrangulaires ont des indices très similaires. Enfin les monuments les plus récents, Assodé et les nécropoles ont des dispersions très similaires qui tend à occuper tout l'espace.

L'indice de conservation

L'objectif est de déterminer s'il existe des zones où la conservation de monuments millénaires pour la plupart, 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.

Cette carte concerne 11 700 monuments issus des types 'à alignement', 'quadrangulaires', 'circulaires' et 'en croissant'. Le type 'tumulus' n'est pas encore intégré compte tenu de l'importance de la table non encore traitée.

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 côté est utilisé, permettant une assez bonne représentation visuelle tout en ayant un nombre satisfaisant de monuments par carreau pour y appliquer une moyenne des indices. 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 Ténére les monuments sont très sujets à l'ensablement, ce qui n'est pas une dégradation irréversible, mais participe à la limitation d'un inven-

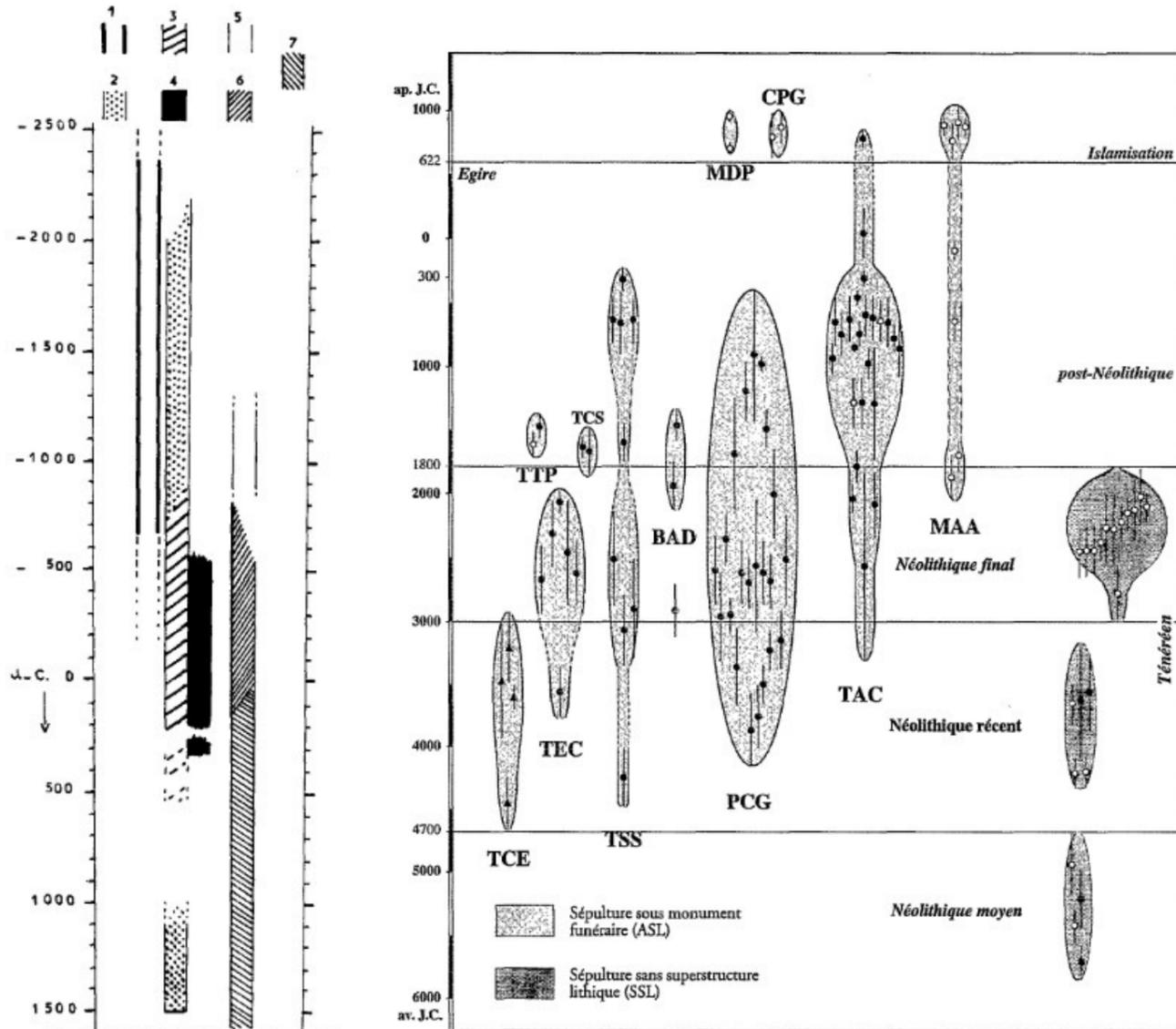


Figure 276. — Tableau chronologique des séquences culturelles et techniques près d'Agadez : représentation graphique. 1 : Néolithique saharien ; 2 : fonte du cuivre natif (*Cuivre I*) et période médiévale à Azelik) ; 3 : traitement des minerais de cuivre (*Cuivre II*) ; 4 : fabrication des alliages cuivreux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

Figure n° 79 : Chronologie des modes de sépultures

▲ = Tafassasset ● = Aïr
○ = Ighazer et Azawagh ◆ = Hassi et Habiod

taire 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. 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 surprises les éléments qui paraissent le mieux préservés.

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 « Polygon from layer extend » 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.

Tableau 6 : Emprise des monuments en m² par zone

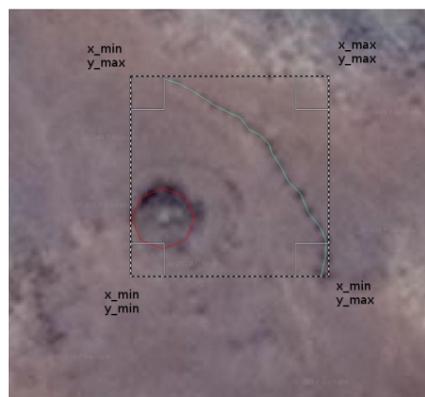
Type de monument	Ighazer	Tadarast	Piémont	Air	Tamesna	Total
Tumulus	47,0	39,5	48,2	28,9	16,2	40,0
Monuments à alignement	430,0	413,9	443,3	388,1	134,22	424,3
Monuments en croissant	918,3	144,2	552,2	113,63	3 071,9	989,6
Monuments circulaires	97,6	35,6	50,7	53,4	47,3	56,8
Monuments quadrangulaires	19,3	17,9	14,4	14,9	-	16,0

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 géographiques que sont l'Aïr et la Tadarast.

Les monuments à alignement ont une emprise au sol importante du fait de l'alignement de tourettes. Celle-ci est homogène, sauf en Tamesna où elle est faible mais cette zone est aussi un espace de fort ensablement éolien.

Les tumulus et les circulaires ont des emprises plus modestes. Pour les tumulus elle semble décroître en Aïr et surtout Tamesna. Pour les circulaires l'emprise est assez homogène sauf en Ighazer où ce type de monuments a une emprise élevée.

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.



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 monuments circulaires qui sont très concentrés dans l'Aïr investissent peu les supports sableux, car dans les montagnes ce sont les lieux de crues des oueds. Comparativement, il y en a plus sur support argileux, mais des différenciations de type peuvent expliquer ce fait.

Tableau 7 : Répartition des monuments par terrain

Type de monument	argileux	sableux	rocheux
Tumulus	NC	NC	NC
Monuments à alignement	9,4 %	19,9 %	70,7 %
Monuments en croissant	22,2 %	16,4 %	61,4 %
Monuments circulaires	7,8 %	5,9 %	86,3 %
Monuments quadrangulaires	36,1 %	20,1 %	43,8 %

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.

Discussion

L'occupation de l'espace

D'une manière globale on peut constater deux modes principaux d'occupation de l'espace, les montagnes et les zones périphériques de l'Ighazer.

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.

En Ighazer, les monuments funéraires se cantonnent essentiellement sur les rebords rocheux en périphérie de la grande plaine, falaises de Tiguidit, avancée gréseuse d'Assaouas, et rebords rocheux plus au nord, comme s'ils attendaient le moment opportun pour investir la plaine.

Ces 2 modes d'occupation de l'espace ressemblent fortement à ceux qui ont courent actuellement, en Aïr et Ighazer, à la différence ou la zone de rencontre qui fait le lien entre tous est maintenant la ville d'Agadez et non plus l'avancée du promontoire d'Assaouas. Les falaises de Tiguidit semblent également un espace bien utilisé par les monuments funéraires, ce qui semble aujourd'hui moins le cas, peu de population vivent dans les alentours.

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 hot-spot sur la série gréseuse d'Assaouas, jouant le rôle de véritable « promontoire culturel » avançant sur l'Ighazer. La différence entre ces deux types de monuments est la présence d'un alignement de tourettes à l'est du tumulus principal qui peut être de différentes formes. 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. L'alignement de tourettes résulterait alors plus d'un particularisme de tumulus peu diffusé en dehors de la zone Piémont, possiblement en relation avec la régression de cette culture devant l'arrivée ou l'avènement de nouvelles pratiques funéraires.

La zone Piémont pourrait constituer ainsi, une zone relictuelle de ce type de monuments avant l'avènement de l'Islam dans ce couloir entre Ighazer et Aïr faisant également la jonction entre les cultures sahariennes et soudaniennes. On n'oublie pas que les monuments à alignement sont aussi présents dans d'autres zones sahariennes, où il serait intéressant d'avoir des éléments de comparaison.

Pour les monuments quadrangulaires qui se dessinent autour d'un axe Ingall-Agadez. Cette répartition géographique nous indique bien que ces monuments sont en toute vraisemblance contemporains de ces villes.

Les monuments circulaires révèlent une grande diversité de formes, du petit cercle de pierre à la grande plateforme. Ils n'en demeurent pas moins circonscrits à la zone montagneuse préférentiellement le long des oueds. On peut donc suggérer que cette culture funéraire est donc très acclimaté au mode de vie possible en Aïr, plus qu'en Ighazer, et dénote probablement d'une sédentarité plus importante que d'autres cultures funéraires.

Ainsi, la précision des répartitions géographiques peut nous permettre de positionner une hypothèse de période chronologique qui pourra s'affiner avec les répartitions des types et sous-types de monument en lien avec le milieu qui l'accueille et les modes de vie de ces populations.

L'ensablement

Les premiers éléments montrent que deux zones sont particulièrement sujettes à l'ensablement. Si ce dernier ne détruit pas les monuments funéraires, il les préserve à l'abri de nos regards pour de longues périodes, ce qui est un moyen de les conserver mais limite nos investigations de répartition géographique, 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. De la même manière à l'opposé la vallée de la Timersoï est une voie de diffusion d'une culture, importante au néoli-

thique et mériterait une attention particulière. Ces deux zones pourraient donc être des sites à investiguer rapidement pour mieux les connaître.

Point d'étape

Cette version de l'Atlas marque un point d'étape important de cet inventaire initié il y a trois ans. 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 80 000 monuments funéraires 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 5^e millénaire avant notre ère au 1^{er} 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 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. Une telle approche de photo interprétation pourra être précisée par des validations de terrain qui permettront 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.

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.

D'autres technologies sont aussi à notre portée dont l'utilisation des drones pour reconstituer des zones entières à partir de la photogrammétrie, permettant de construire des modèles 3D sur lesquels le chercheur peut travailler a posteriori 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.

Dans l'attente de la poursuite de ces travaux, toutes contributions est la bienvenue.



La zone de prospection et les villages dans la plaine de l'Ighazer

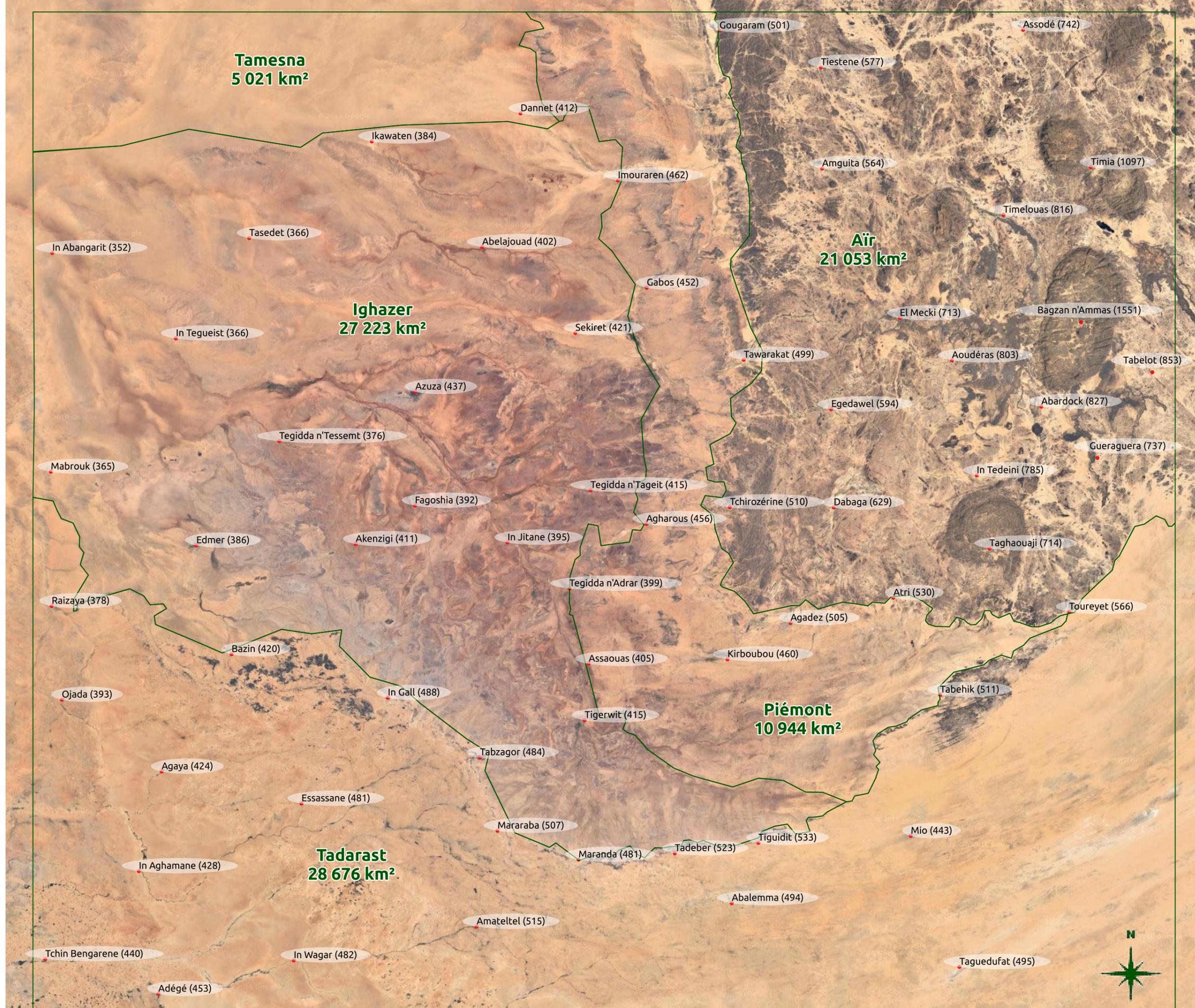
Légende

□ zone géomorphologique

• village (altitude)

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2018.





L'altitude dans la plaine de l'ighazer

Légende

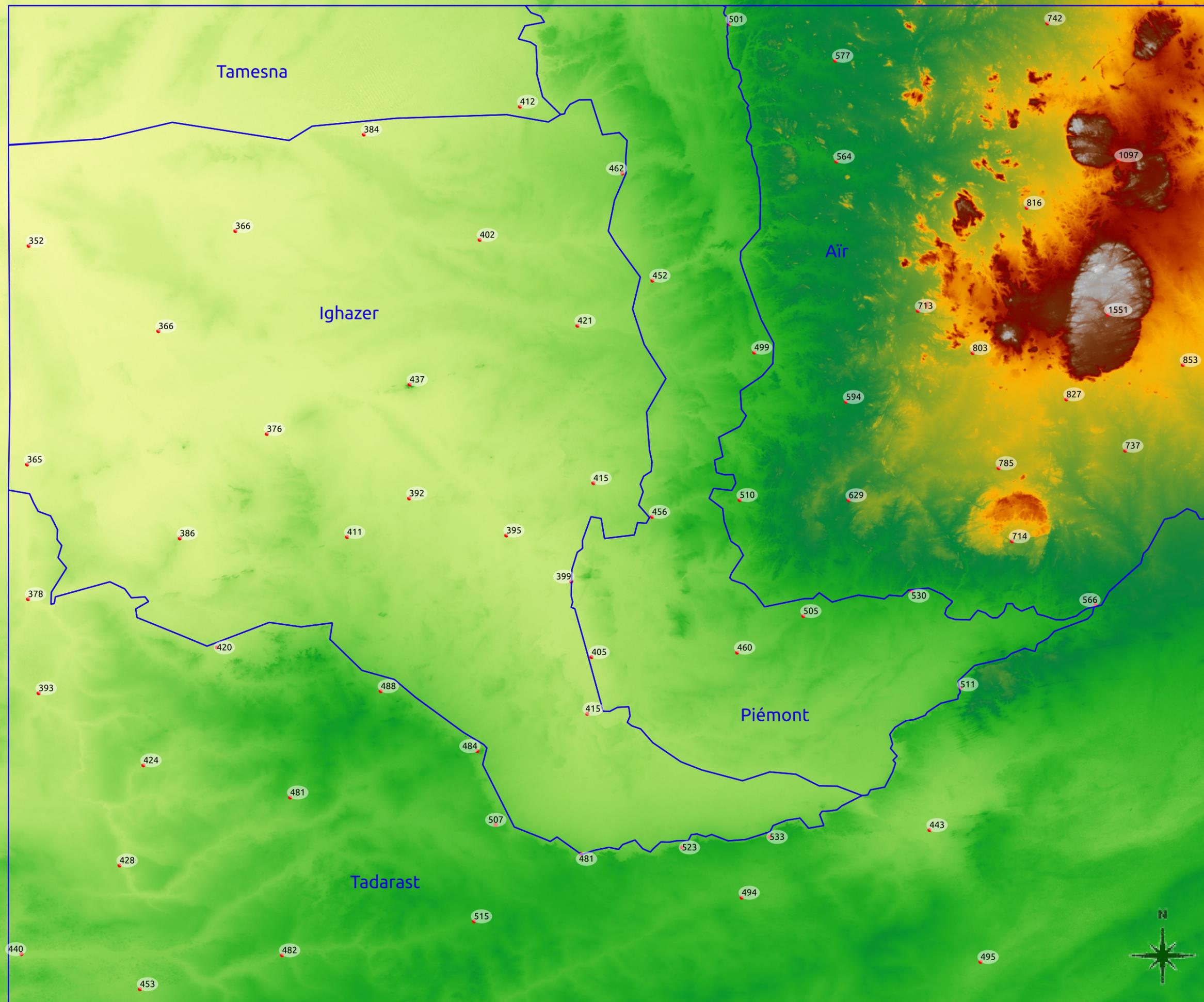
- zone géomorphologique
- altitude des villages

échelle d'altitude en m

100	1037
125	1063
150.7	1088
176	1113
201.3	1139
226.7	1164
252	1189
277.3	1215
302.7	1240
328	1265
353.3	1291
378.7	1316
404	1341
429.3	1367
454.7	1392
480	1417
505.3	1443
530.7	1468
556	1493
581.3	1519
606.7	1544
632	1569
657.3	1595
682.7	1620
708	1645
733.3	1671
758.7	1696
784	1721
809.3	1747
834.7	1772
860	1797
885	1823
910	1848
936	1873
961	1899
986	1924
1012	1949
	1975
	2000

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'ighazer, oct. 2017.



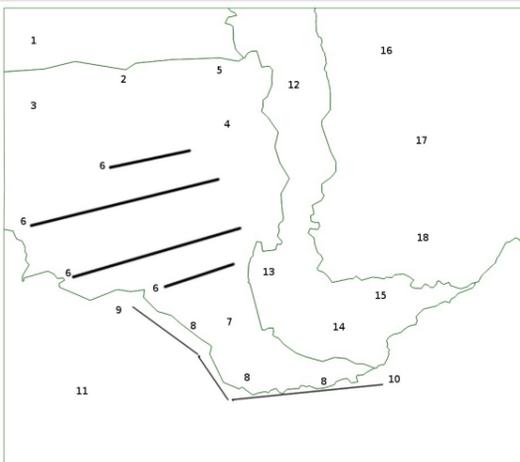


Les éléments archéologiques inventoriés dans la plaine de l'Ighazer

Légende

 zone géomorphologique

 éléments archéologiques [77 427]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, décembre 2018.

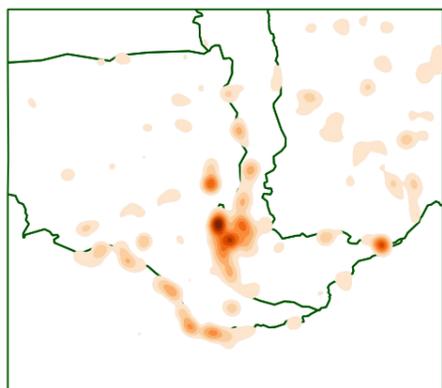




Les tumulus dans la plaine de l'Ighazer

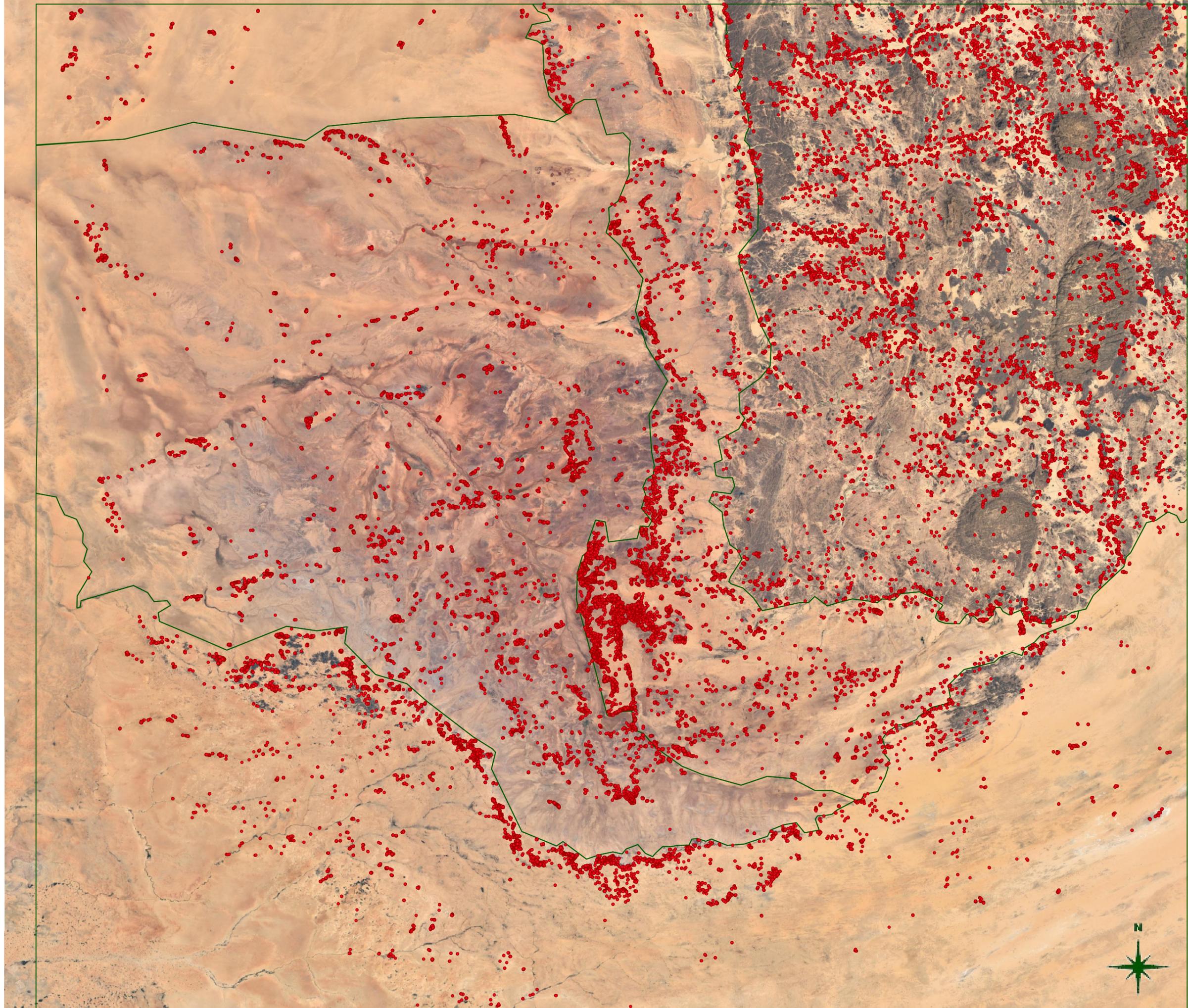
Légende

- zone géomorphologique
- monuments [64247]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, août 2018.

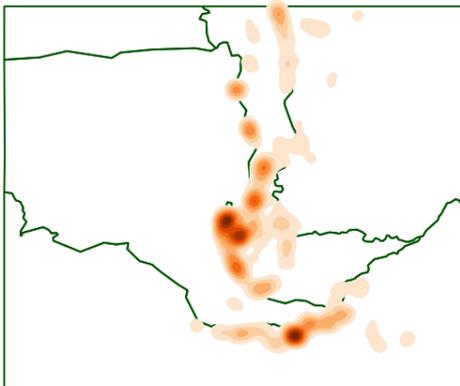




Les monuments à alignement dans la plaine de l'Ighazer

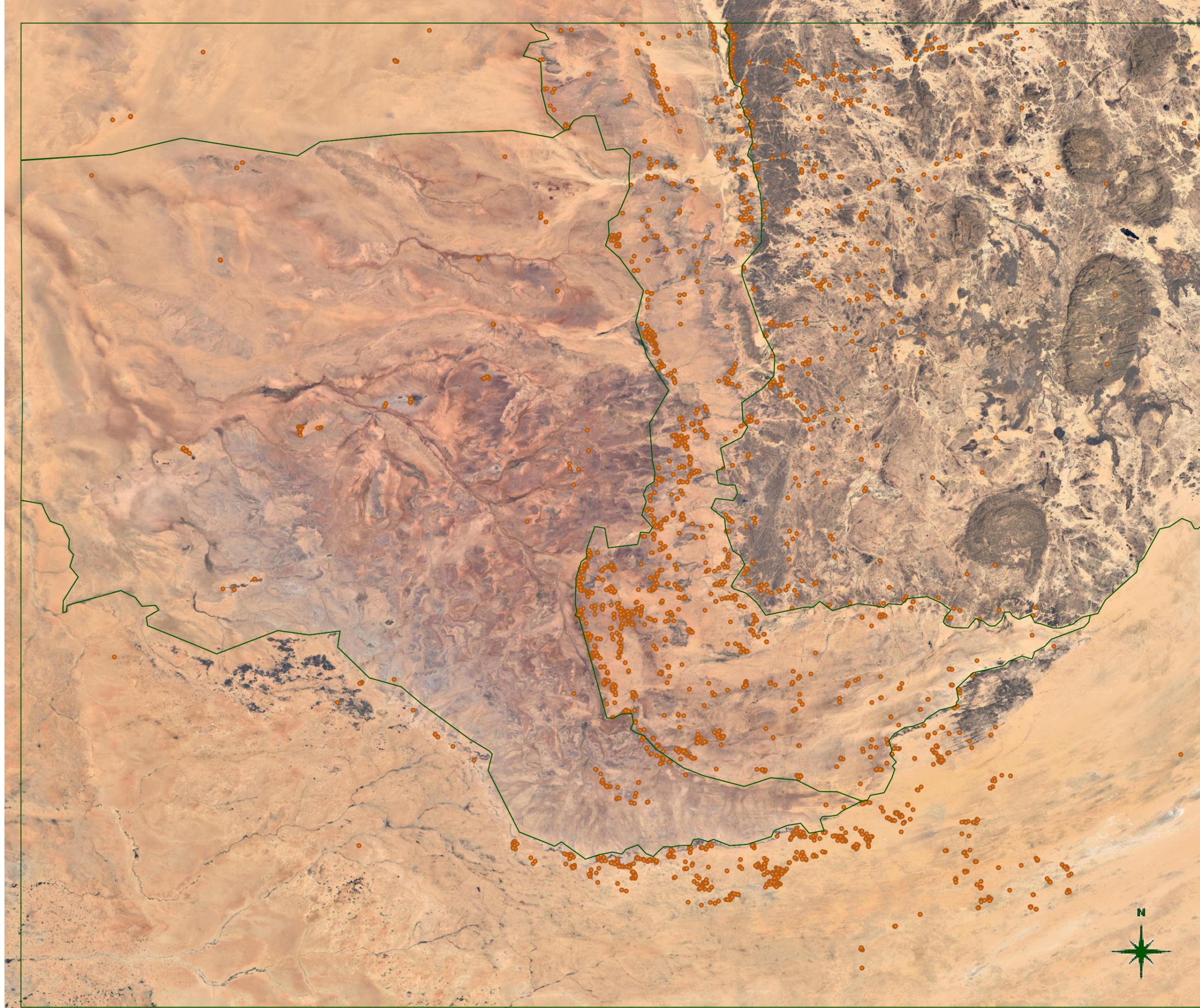
Légende

- zone géomorphologique
- monument à alignement [3173]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, novembre 2018.

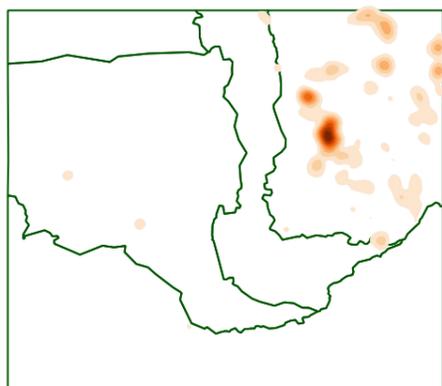




Les monuments circulaires dans la plaine de l'Ighazer

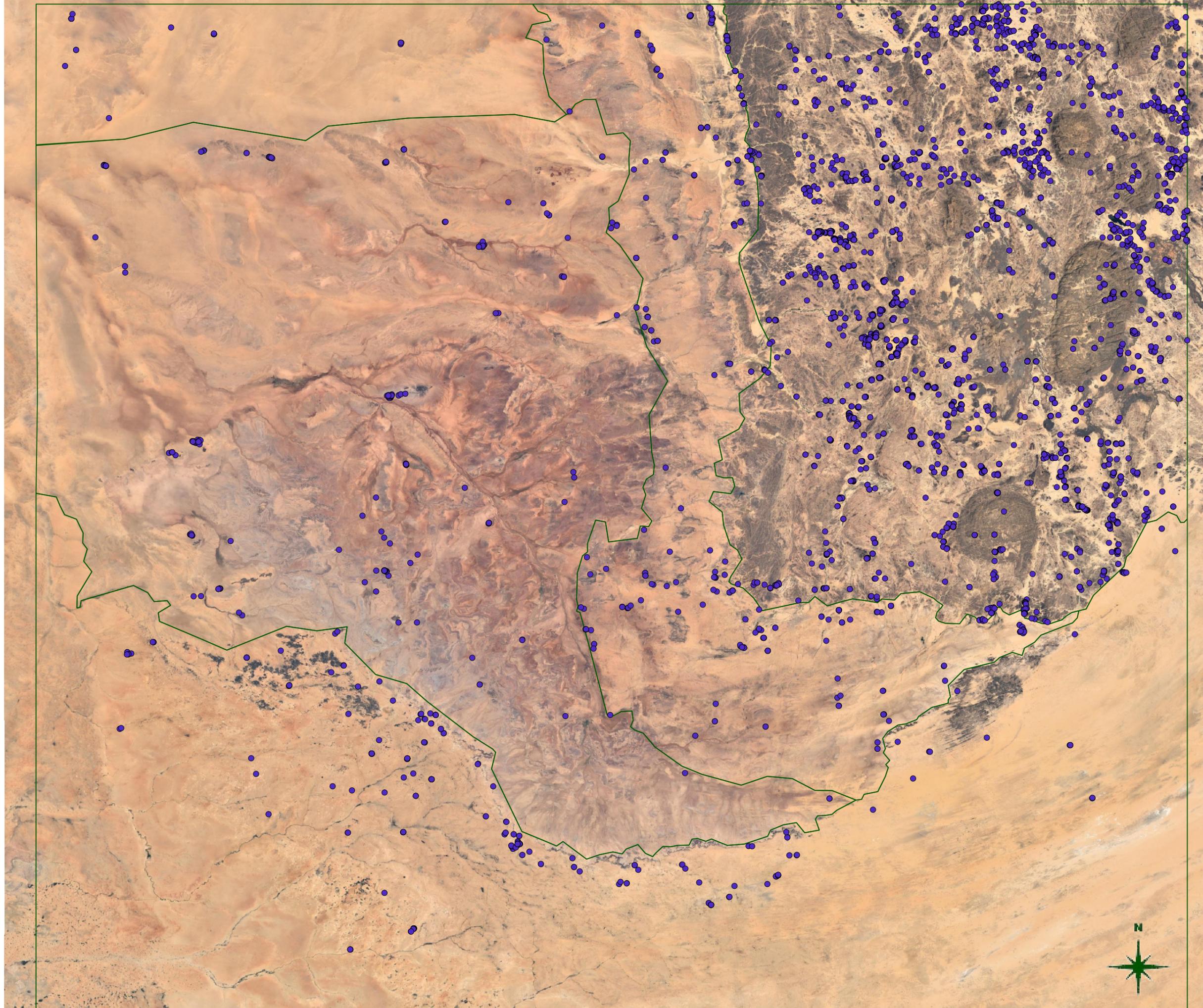
Légende

- zone géomorphologique
- monuments [4766]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, août 2018.





Les monuments quadrangulaires dans la plaine de l'Ighazer

Légende

- zone géomorphologique
- monument quadrangulaire [2688]

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2018.

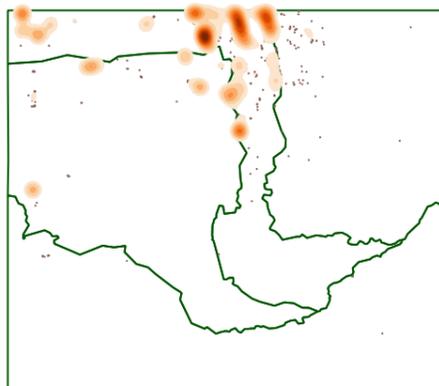




Les monuments en croissant dans la plaine de l'Ighazer

Légende

- zone géomorphologique
- monument en croissant [1337]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2018.

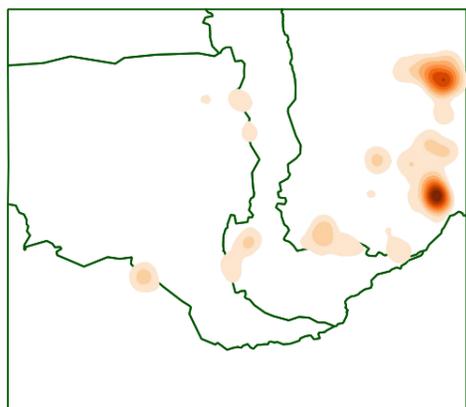




Les nécropoles dans la plaine de l'Ighazer

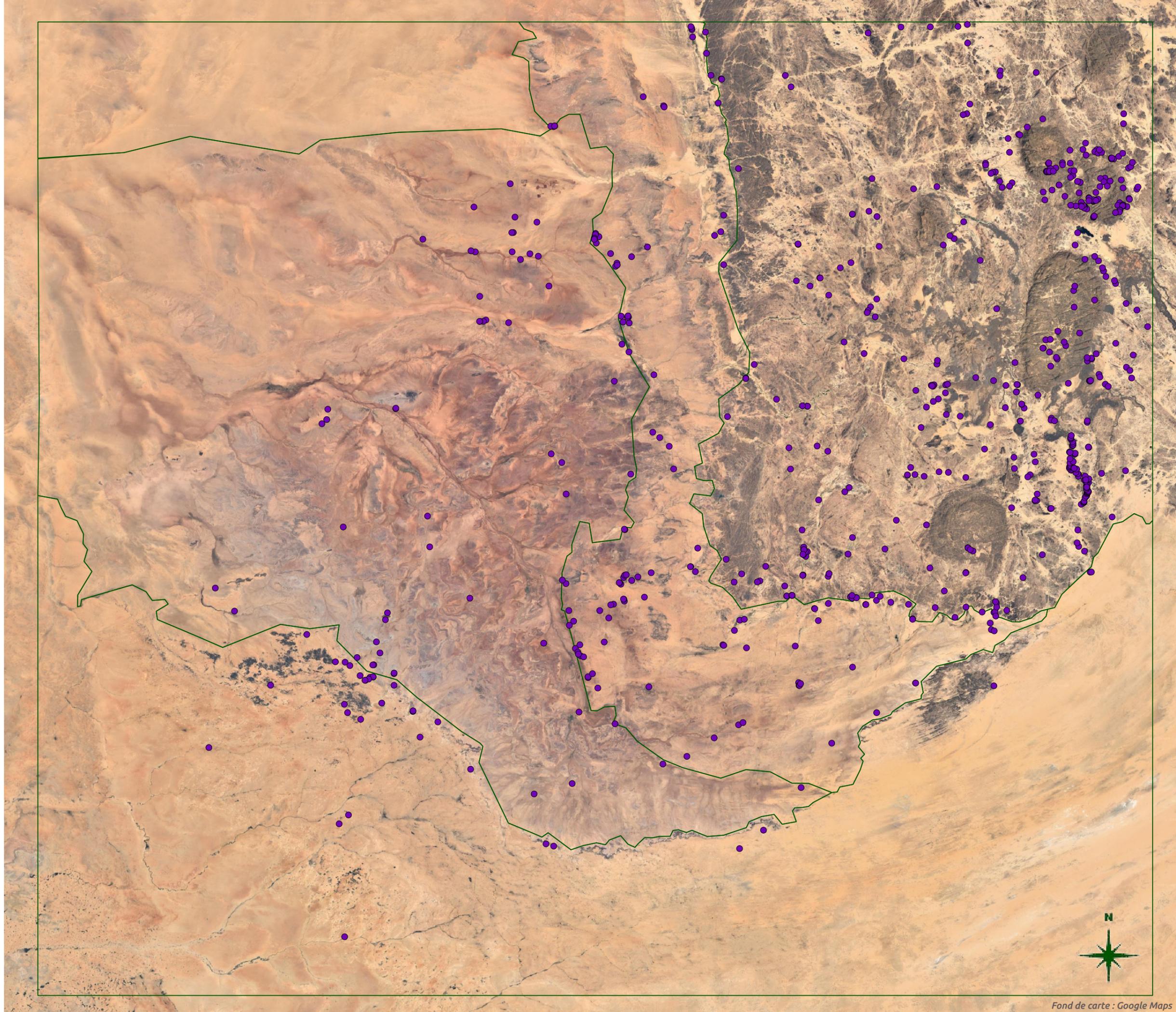
Légende

- zone géomorphologique
- cimetière [628]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2018.

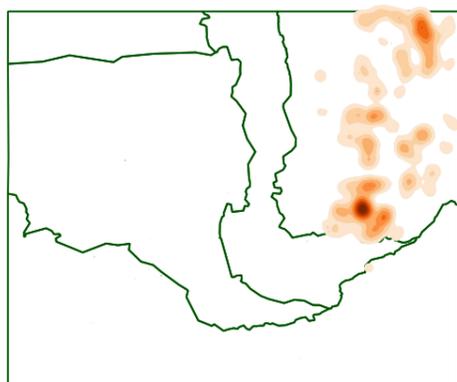




Les sites d'habitat contemporains à Assodé

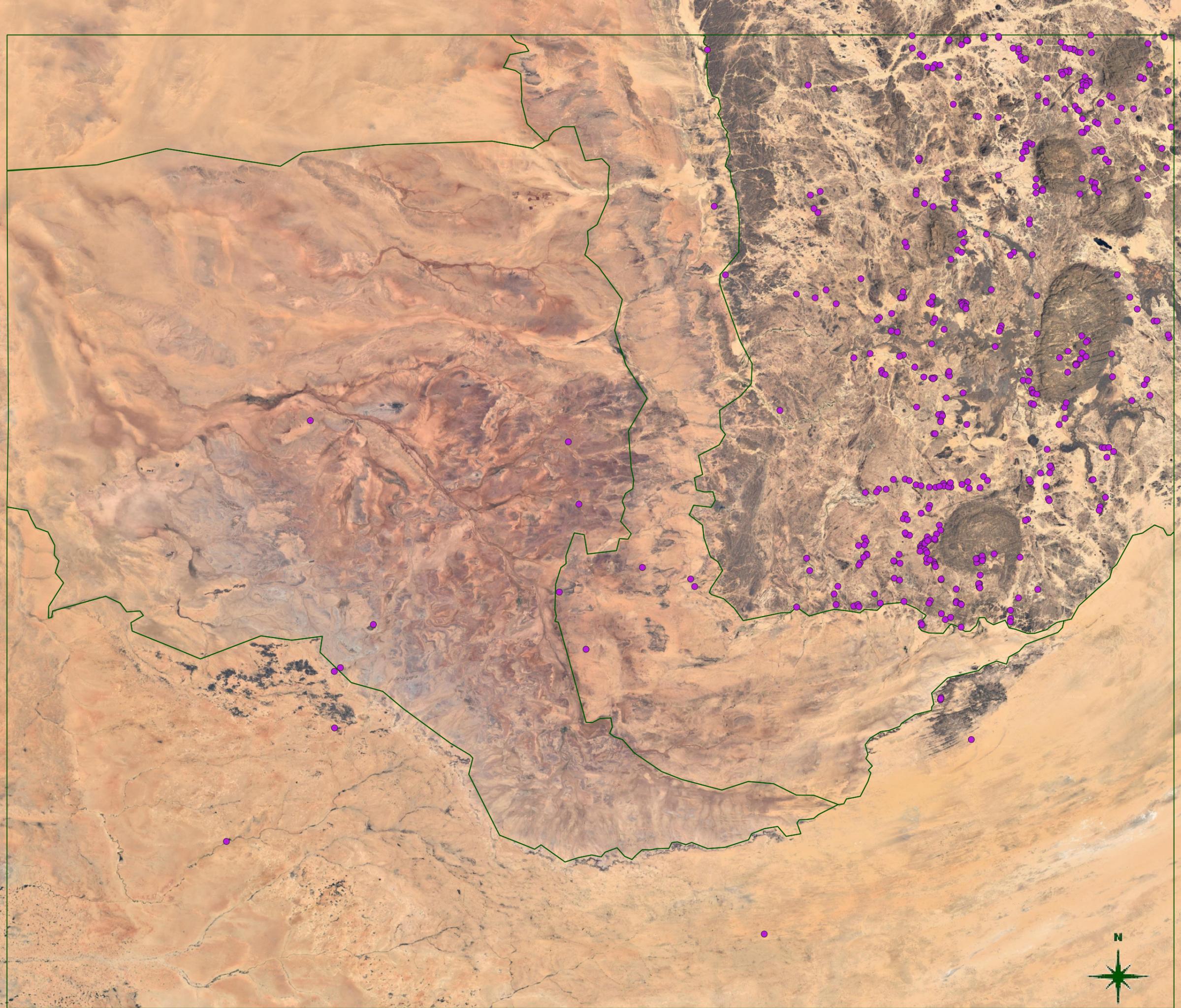
Légende

- zone géomorphologique
- site d'habitat [421]



0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2018.





Les sites du PAU dans la plaine de l'Ighazer

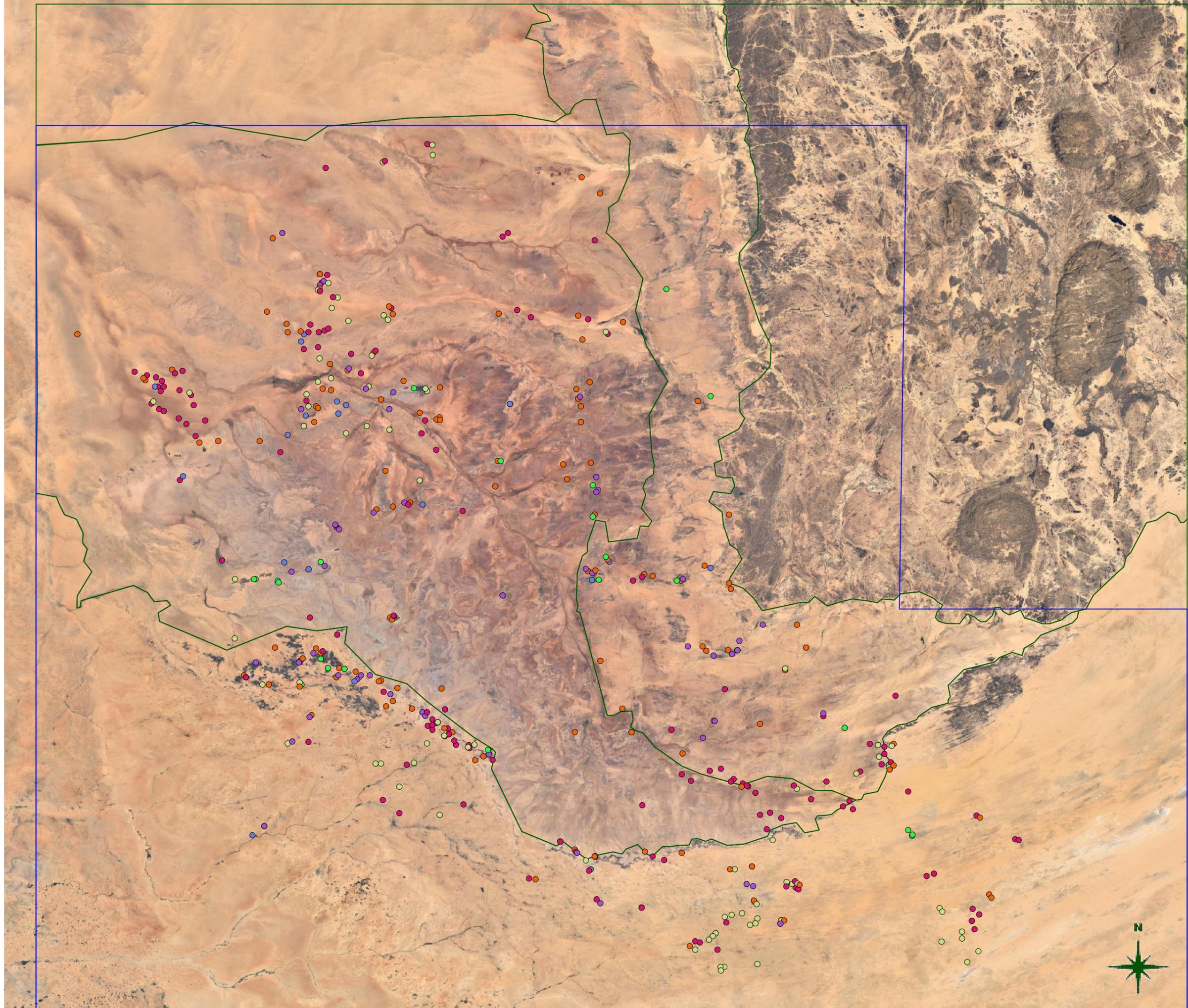
Légende

□ zone géomorphologique
sites du PAU [459]

- Funéraire [126]
- Habitat [149]
- Islamique [54]
- Métallurgie [86]
- Rupestre [25]
- Autres [19]

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, décembre 2018.





Les datations carbone 14 dans la plaine de l'Ighazer

Légende

matériel de datation

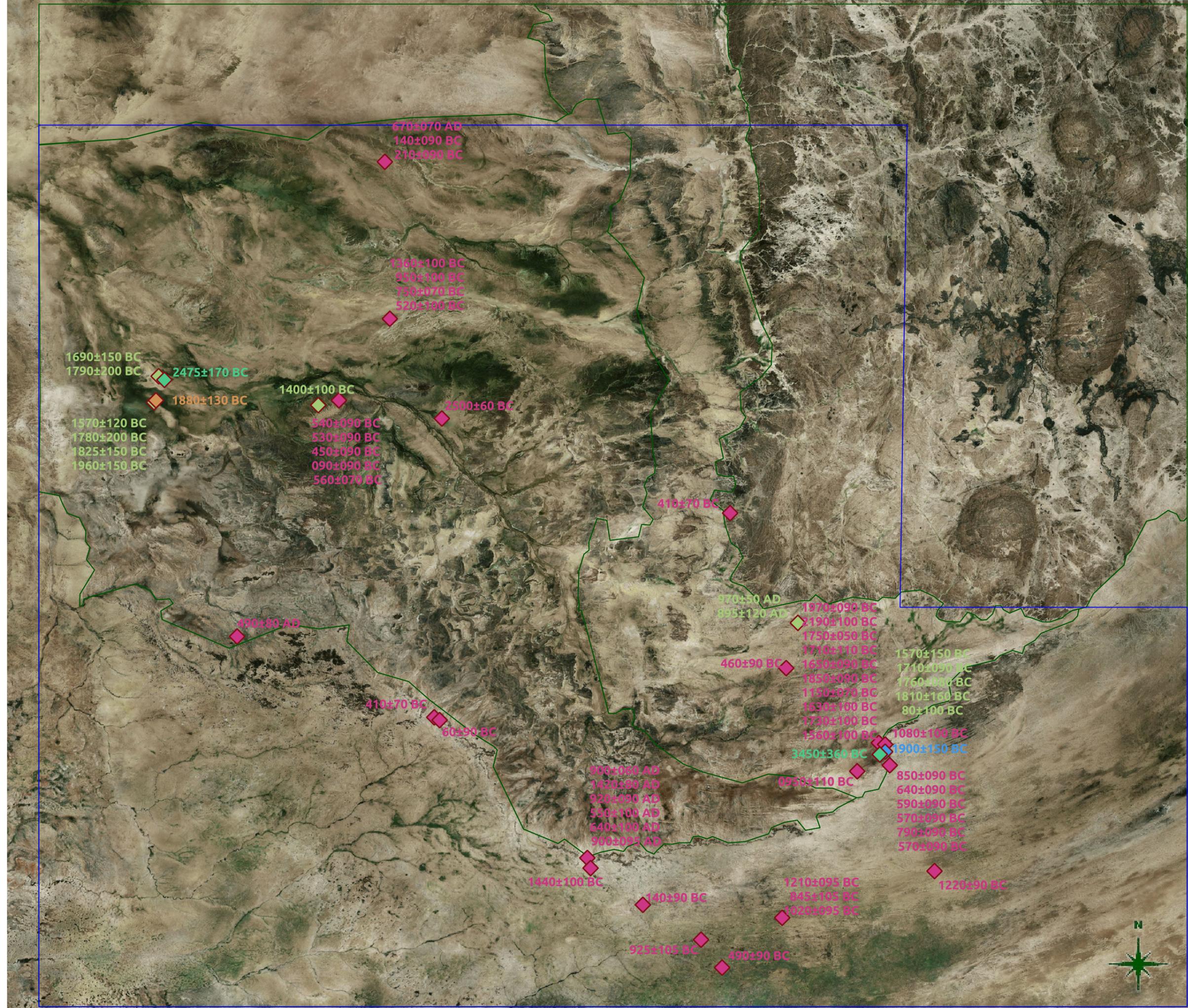
- ◆ charbon [49]
- ◆ coquille [2]
- ◆ os humain [14]
- ◆ paleosol [1]
- ◆ poterie [1]

□ zone géomorphologique

□ zone PAU

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, décembre 2018.





Inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer

indice de conservation

Légende

□ zone géomorphologique
moyenne de l'indice

- 1.00 - 1.40
- 1.40 - 1.80
- 1.80 - 2.20
- 2.20 - 2.60
- 2.60 - 3.00

0 25 50 km

Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, août 2018.

