



ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

La zone d'étude, méthode et outils



INTRODUCTION

L'atlas archéologique de l'Ighazer est le fruit d'une prospection de près de 10 années et sûrement quelques milliers d'heures d'arpentage d'images satellitaires. Comme le souligne Songa 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). C'est dans cette perspective qu'est construit cet atlas.

L'Atlas est complété par des « notes thématiques », basées sur une typologie non définitive des éléments archéologiques inventoriés issus de l'observation satellitaire. En parallèle, sont ébauchées des monographies de sites qui concernent l'Ighazer et l'Aïr.

La présente note décrit la zone d'étude sous ses aspects écologiques et en premier lieu les choix qui ont déterminé cette zone de prospection. Viennent ensuite les caractéristiques générales : géologie, climatologie, écologie et toponymie. Les zones géomorphologiques qui découpent notre zone de prospection sont ensuite présentées, elles nous permettront d'analyser les données au regard de ces dimensions écologiques.

Enfin, la partie méthode et outils décrira dans ses grandes lignes les modalités de prospection que nous avons utilisés, qui sont d'ailleurs en constante évolution, notre méthode se nourrissant bien entendu de notre expérience. Sont adjoints à nos inventaires un ensemble de données issues de la littérature que nous avons géoréférencé : les sites prospectés par le PAU dans les années 80, les datations carbone 14 de l'ensemble du Niger, les sites rupestres et les sites d'occurrence paléontologiques du Niger.

Licence des données

L'ensemble des données est disponible sous la licence Creative Commons 4.0 International.

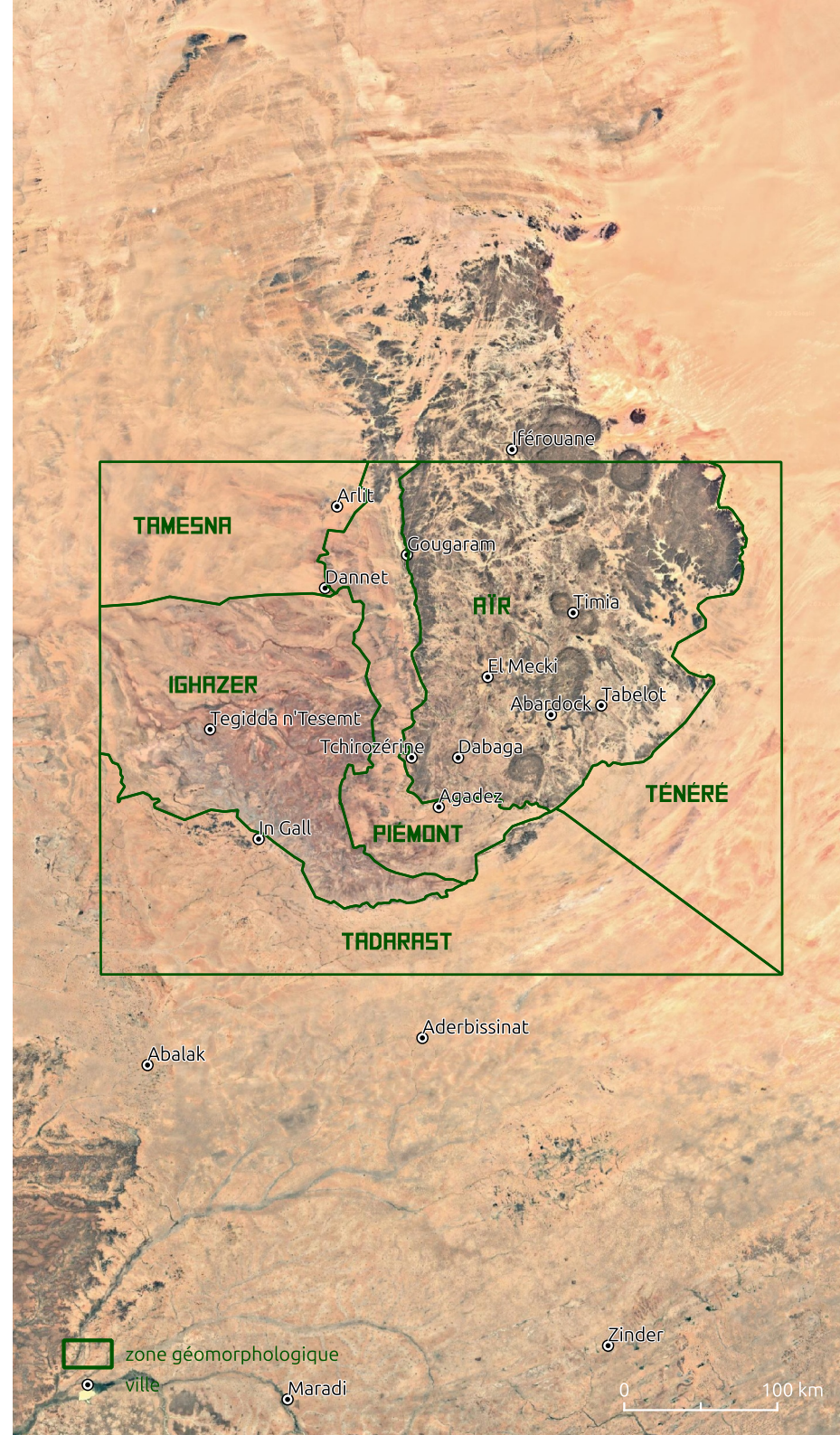
- Paternité : Laurent Jarry
- Pas d'Utilisation Commerciale
- Partage dans les Mêmes Conditions

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

Les données sont disponibles au téléchargement en .csv et .gpkg pour chaque type de monument, accompagnées des formules de calcul disponibles dans le fichier 'champs.txt', l'ensemble de ces fichiers est compressé dans un .zip. Des extractions personnalisées peuvent être demandées.

Lien de téléchargement des données : <http://www.ingall-niger.org/bd-ighazer>.





LA ZONE D'ÉTUDE

La zone prospectée

Le choix de la zone prospectée a été initialement fait en lien avec la carte IGN au 1/500 000^e 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 (carte 1).

Autre point de départ en faveur de cette délimitation, ce 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 (Poncet 1983 ; Bernus et al. 1984 ; Paris 1984 ; Grébénart et Poncet 1985 ; Bernus et Cressier 1992).

Nous disposons également des 12 cartes IGN au 1/200 000^e qui couvrent la zone d'étude et qui ont été numérisées afin de faciliter le repérage des lieux.

L'altitude

Elle est issue des rasters SRTM_30 que l'on trouve sur divers sites en ligne comme <https://dwtkns.com/srtm30m/>. Leur définition est de 30x30 mètres pour un pixel (carte 2).

Les plus hauts massifs de notre zone d'étude dessinent une dorsale aérienne de direction nord-sud, composée de complexes annulaires. On se réfèrera aux travaux de Morel pour une description précise (Morel 1983). Cette dorsale est décalée vers l'est laissant ainsi les 2/3 des eaux de pluies ruisseler vers l'ouest, entaillant les plateaux rocheux avant de s'épandre dans la plaine de l'Ighazer. A l'est de cette dorsale, le relief est plus abrupte et les eaux de pluies moins nombreuses se perdent dans les sables du Ténéré.

Le point le plus bas de notre zone d'étude se situe à l'embouchure de la vallée de l'Azawagh vers In Abangarit dans le coin nord-ouest de la carte IGN de Tegidda n'Tesemt, qui fait la réunion des fleuves ,aujourd'hui temporaires, que sont l'Ighazer et la Timersoï.

On doit bien entendu noter le décrochage de 50 mètres environ fait par les falaises de Tiguidit au sud de notre zone d'étude, séparant ainsi deux milieux écologiques, la plaine argileuse de l'Ighazer et la plaine sableuse de la Tadarast.

On notera également la présence d'un très probable paléolac au sud-est des falaises de Tiguidit (centre de la carte IGN Taguedoufat), en voie de comblement car sous les vents alizés apportant le sable du Ténéré, 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 monument en comparant simplement l'altitude moyenne ou médiane 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 1 : Moyenne et médiane de l'altitude

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

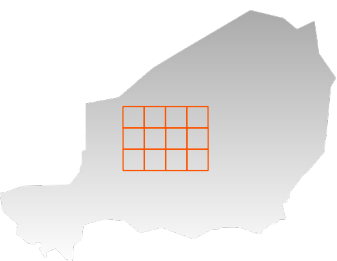


ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

1. les cartes IGN 1/200 000è

Légende

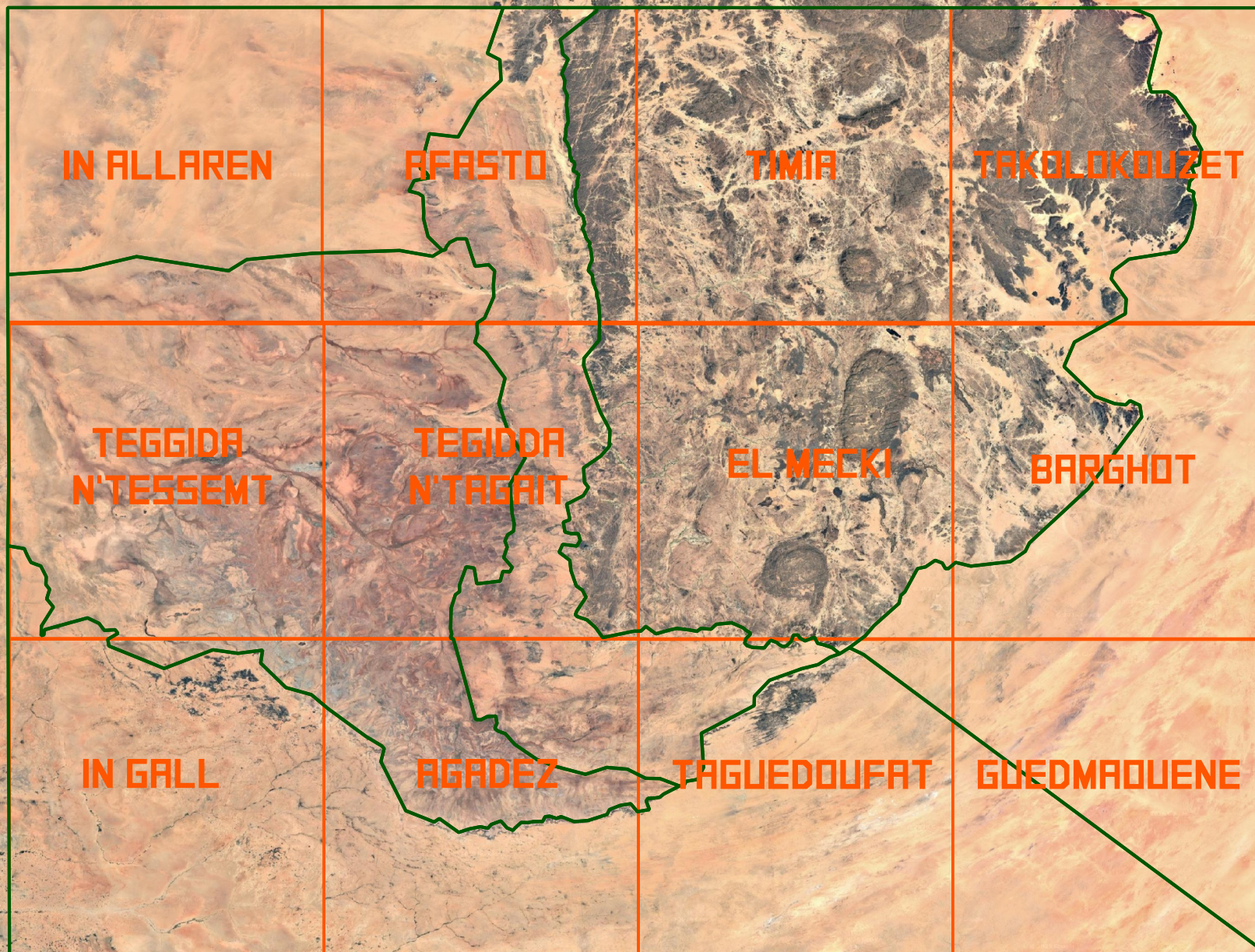
- zone géomorphologique
- carte IGN 1/200 000è



0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, janvier 2026.



ADRAR
MADET





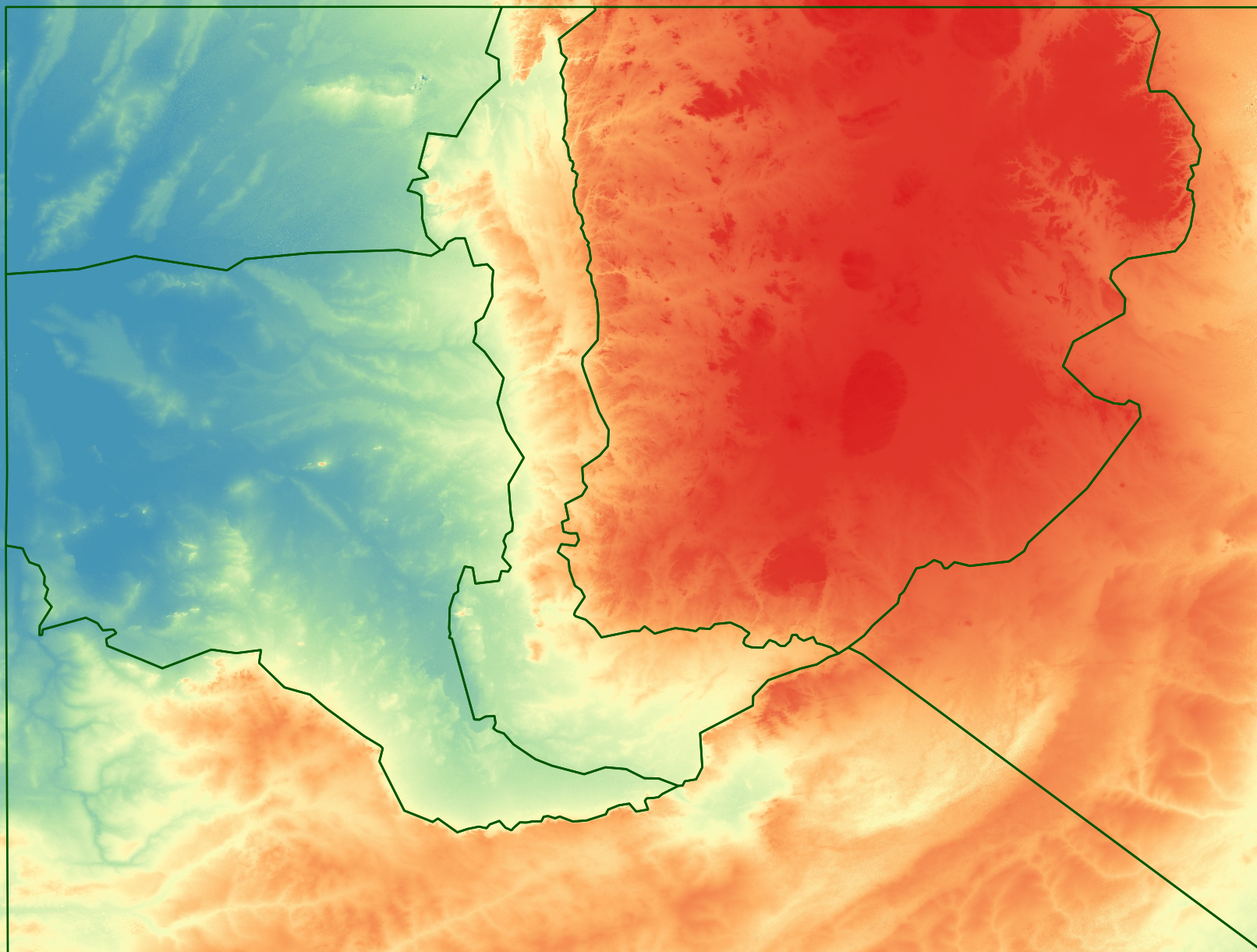
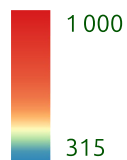
ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

2. l'altitude

Légende

 zone géomorphologique

altitude (mètre)



0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, janvier 2026.



La carte géologique du Niger

On se référera à la légende de la carte géologique du Niger de Greigert et de Pognet en 1965, pour plus de précision (Greigert, Pognet 1965). Nous ne rappelons ici que les grands traits de cette géologie (carte 4).

Cette carte distingue les roches éruptives et intrusives qui sont essentiellement des granites plus ou moins anciens (tons rouges). Elles englobent des roches volcaniques (tons violets) essentiellement des basaltes en Aïr. Ce sont ces roches éruptives qui composent la majeure partie de la montagne bleue, le massif de l'Aïr.

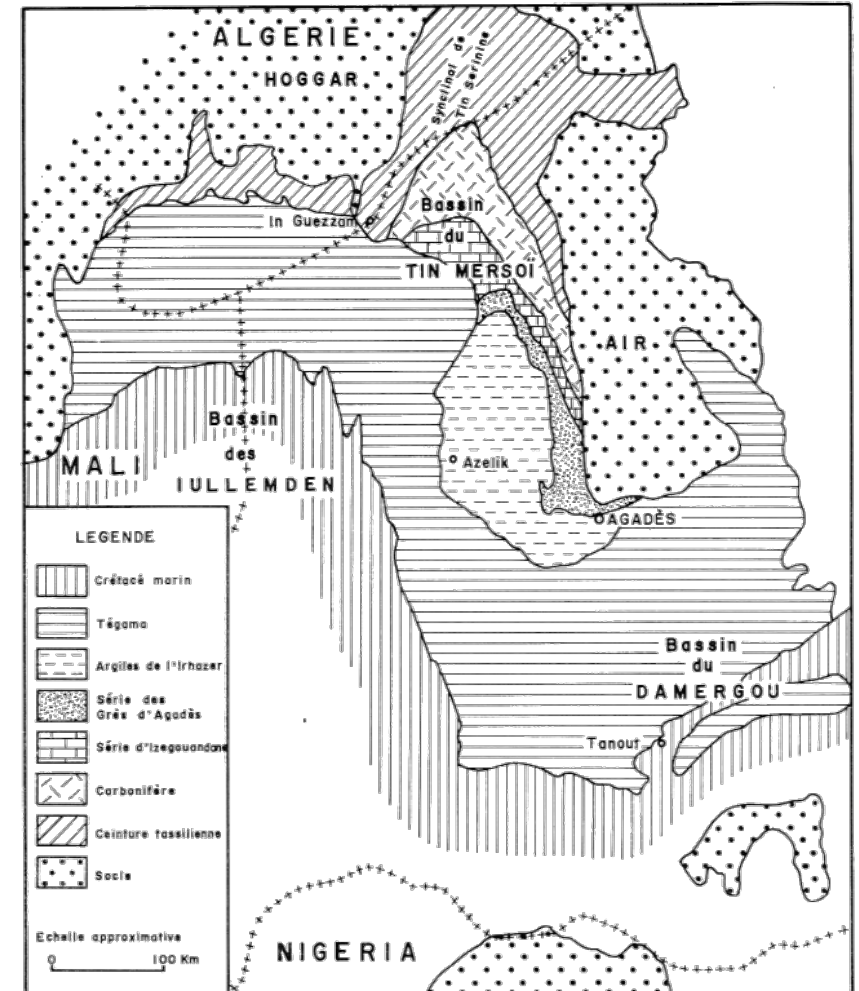
La plaine de l'Ighazer est essentiellement composée d'argiles qui sont séparées de l'Aïr par le groupe des grès d'Agadez et d'Izegouandane (tons bleus). Au sud de la plaine et des falaises de Tiguidit s'étend les grès du Tegama (tons verts) dans lesquels différentes formations recèlent des gisements de dinosaures célèbres comme le site de Gadoufaoua. On peut noter une large incursion de ces grès dans le côté oriental de l'Aïr que l'on nomme le fossé de Tafidet.

Enfin, à l'est du massif de l'Aïr, des formations de couverture (tons jaunes), comme les dunes vives, appartiennent au désert du Ténéré. Ces formations sont amenées par le vent, alors que dans la Tamesna et la plaine de l'Ighazer les grandes vallées fossiles de l'Ighazer et de la Timersoï sont comblées par des sables de comblement issus du réseau hydrographique. On peut également noter des dunes fixées au sud-ouest de notre zone, vestige de l'avancée du désert Ogolien.

En résumé, géologiquement, l'Aïr est un socle primaire granitique se laissant surmonter par un volcanisme ancien et récent, 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 sous les sables de la Tamesna. La zone Piémont renferment différentes séries gréseuses dont les plus importantes sont les séries d'Agadez et d'Izegouandane (Pacquet 1968).

Chronologiquement (carte 3), le massif de l'Aïr représente le socle du début de l'ère primaire, qui n'a pas toujours été émergé. A la fin de l'ère primaire (carbonifère), se déposent les grès qui tapissent le fond du bassin des Ouelleminden et au début du secondaire se déposent les grès d'Agadez et d'Izegouandane. Au début du tertiaire, durant le jurassique, ce sont les argiles de l'Ighazer qui se déposent puis, au début du crétacé se forment les grès du Tegama qui entourent notre massif et notre plaine. Au début du quaternaire, un dernier épisode de volcanisme anime l'Aïr et se mettent alors en place les sables du Ténéré.

Carte 3 : Carte géologique du nord Niger (Pacquet 1968)



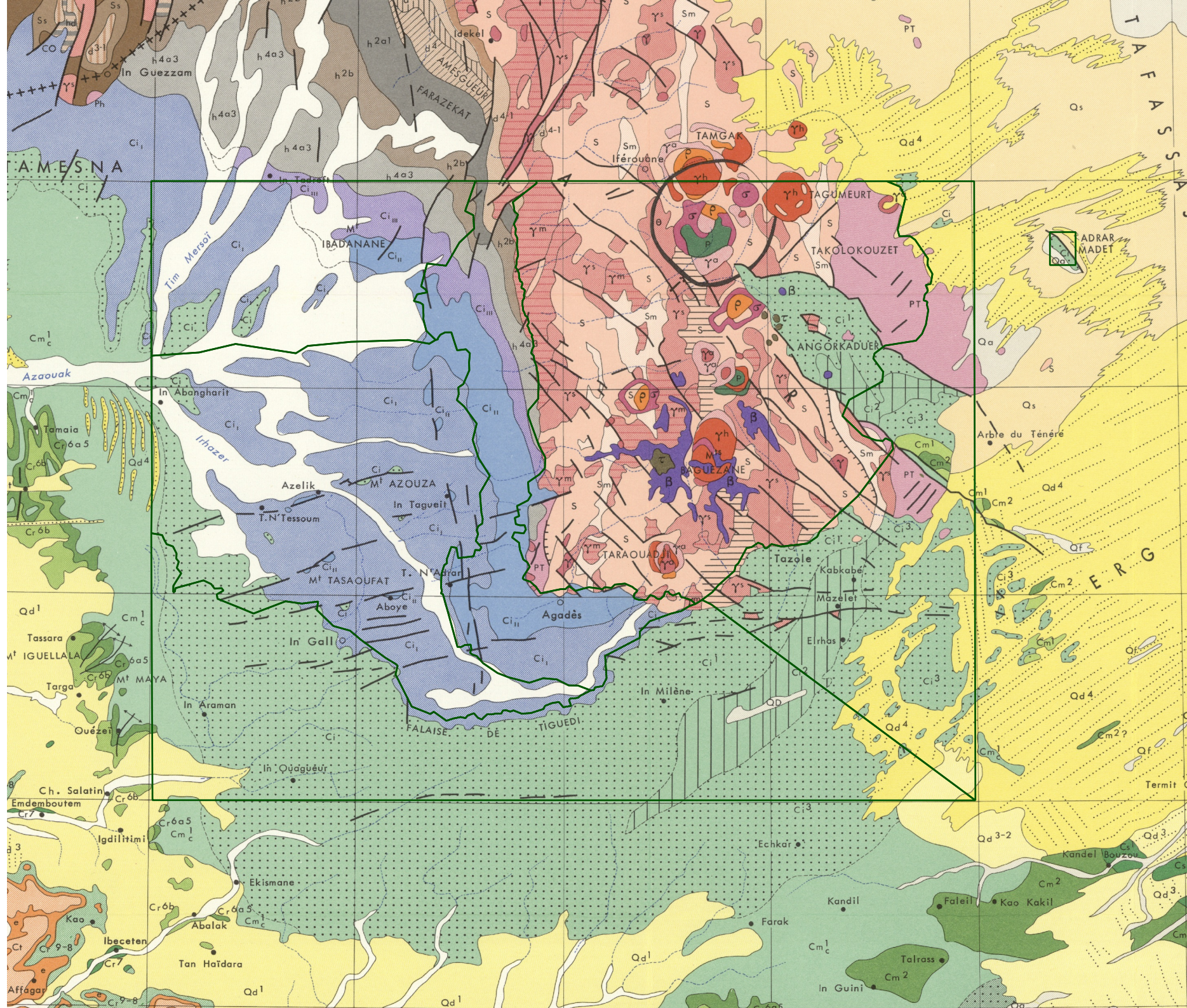
ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

4. la géologie

Légende

zone géomorphologique

Carte géologique du Niger
Greigert - Pougnet 1965



0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire de la plaine de l'Ighazer, août 2025.



CLIMAT ET PALÉOCLIMAT

La pluviométrie

La carte des isohyètes pluviométrique de Dubieff (carte 5), fait la moyenne des pluviométries de 1926 à 1950 (Pacquet 1968). L'Aïr qui, comme l'Adrar des Iforas, par sa latitude devrait être un "tanezrouft" reçoit grâce à son altitude (1 000 à 2 000 m) un important volume de précipitations atmosphériques. La carte montre donc très nettement une inflexion des isohyètes au dessus 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 à l'ouest et le Ténéré à l'est reçoivent les plus faibles pluviométries 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 altitudinales des isohyètes fut néanmoins valable depuis que la mousson est en place, c'est à dire à partir de 4 000 BP, avec des intensités de pluviométrie certes différentes. Ceci est important, car cela fait de l'Aïr une zone toujours favorable pour accueillir des populations.

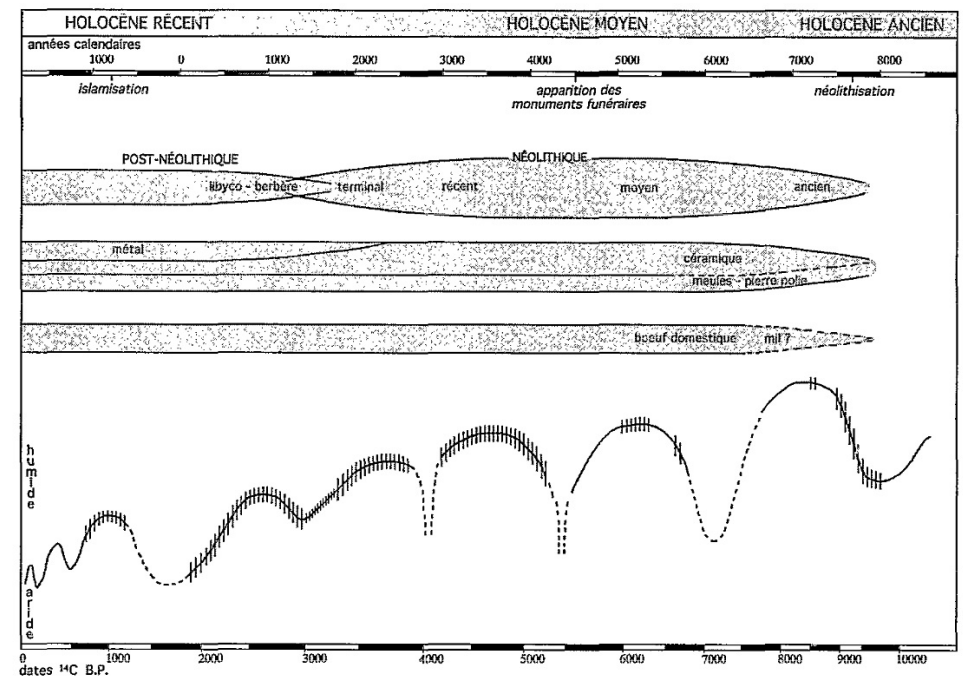
Paléoclimat

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 le climat saharien d'aujourd'hui (Figure 1) (Paris 1996).

Le grand épisode humide de l'Holocène inférieur, connu dans tout le Sahara méridional, a bien été retrouvé ici, caractérisé par des formations gréseuses à végétaux. Il est daté entre 9300 et 7800 BP environ (8000-6500 av. J.-C.), sur des lumachelles et des restes de faune aquatique et des sables carbonates (Takene Bawat, Tamaya Mellet). Après une lacune d'observation qui, par comparaison avec ce que l'on connaît au Mali pourrait traduire un épisode plus aride, viennent des dépôts essentiellement palustres, datés entre 6500 et 5900 BP environ (5500-4500 av. J.-C.). C'est à cet épisode que se rattache la formation de tubulures ferrugineuses provoquées par la précipitation d'hydroxydes de fer en liaison avec le développement des racines des plantes (faciès tapis-brosse). Cette phase aride et ces dépôts palustres accompagnés d'une remobilisation du fer correspondent à un changement climatique majeur au Sahara méridional (M. Servant, 1973) lié à un régime pluviométrique contrasté de type mousson. L'épisode humide précédent connaissait un régime pluviométrique plus équilibré, avec des pluies hivernales, provenant du front polaire et des pluies estivales ou de mousson (J. Maley, 1981).

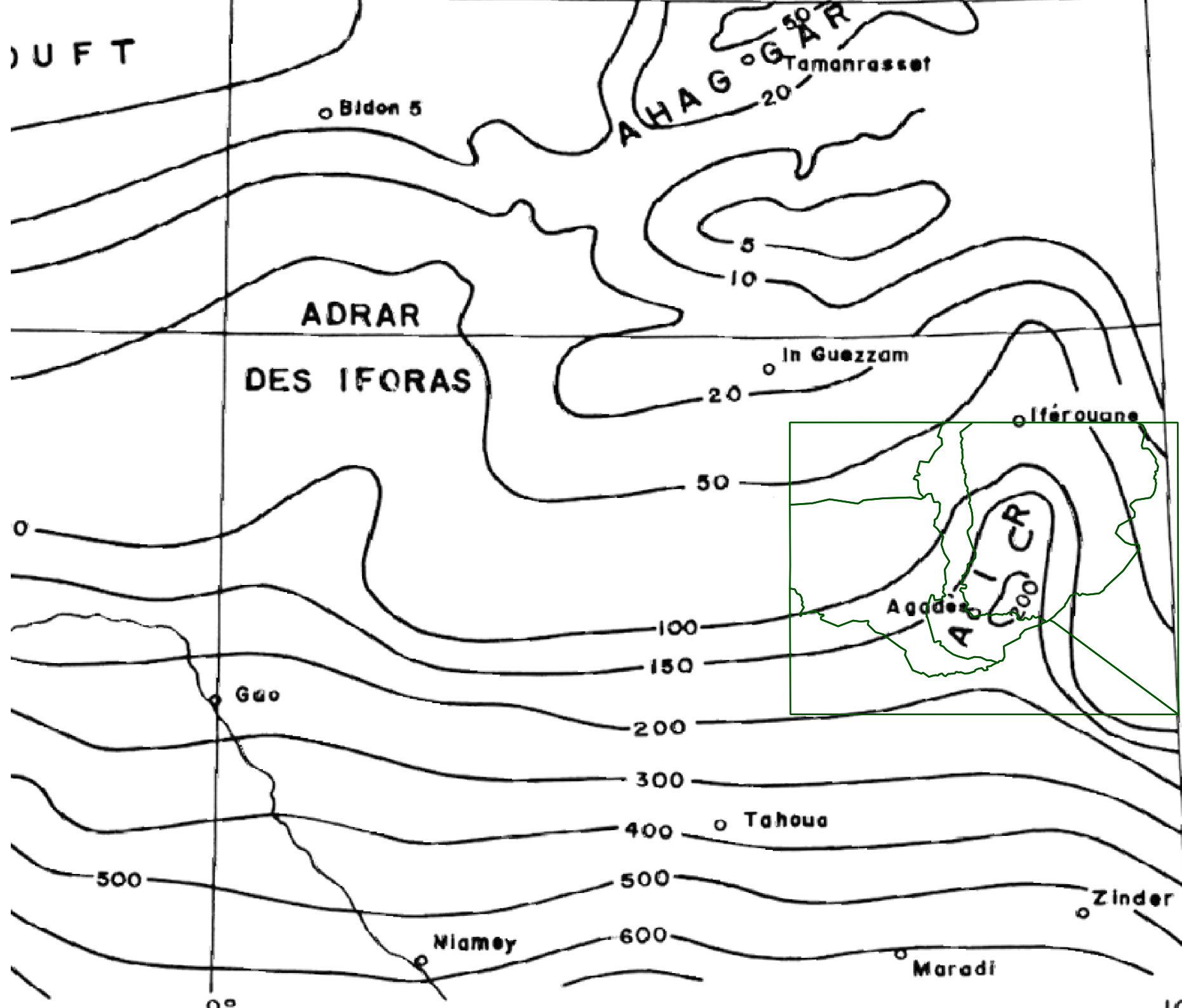
Un autre épisode humide de moindre amplitude, attesté par des sédiments calcaires diatomitiques est daté de 5500 à 4200 BP (4400-2600 av. J.-C.). Les dépôts ultérieurs sont mal connus mais nous avons pu mettre en évidence, dans l'Ighazer wan Agadez, affluent principal de l'Azawagh en provenance de l'Aïr, un ultime épisode humide, avec grande faune aquatique, entre 3900 et 3300 BP (2600-1500 av. J.-C.). Ensuite, les conditions qui règnent actuellement se sont progressivement et définitivement mises en place, avec parfois des périodes un peu plus favorables comme vers 2500 BP (600 av. J.-C.), ou entre le septième et le douzième siècle de notre ère (J. Maley, 1981), mais jamais au point de permettre la vie de ces animaux aquatiques et des mamifères terrestres qui occupent aujourd'hui les zones sahélo-soudaniennes.

Figure 1 : Chronologie de l'Holocène pour l'Aïr et l'Azawagh (Paris 1996)



Légende

zone géomorphologique



Les éco-régions

Les écorégions sont des unités territoriales relativement vastes qui contiennent des assemblages distincts de communautés naturelles et d'espèces, dont les limites correspondent approximativement à l'étendue d'origine des communautés naturelles avant les changements majeurs dans l'utilisation des terres (carte 6).

Les écorégions sont imbriquées dans deux classifications de niveau supérieur : les biomes (14) et les domaines biogéographiques (8). Ensemble, ces niveaux de classification imbriqués fournissent un cadre pour la comparaison entre les unités et l'identification des habitats et des assemblages d'espèces représentatifs. Les délimitations des écorégions sont basées sur des centaines d'études biogéographiques antérieures, et ont été affinées et synthétisées par le Conservation Science Program du World Wildlife Fund (WWF 2010).

Ces travaux nous permettent de positionner notre zone d'étude dans ces éco-régions (carte 3). Une partie importante de l'Ighazer et l'ensemble de l'Aïr ont une végétation de savane sahélienne à acacias, qui forme comme une goutte qui tente de s'insérer dans le désert du Sahara. Les données pluviométriques montrent 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. Au nord de notre zone d'étude, la transition vers le désert du Sahara se fait par une steppe boisée qui couvre la partie nord-ouest de notre zone en Tamesna et en Ighazer.

La limite sud du Sahara est l'endroit où les surfaces sableuses sont stabilisées, c'est-à-dire où elles ne sont plus déplacées par le transport éolien des sédiments, ce qui correspond généralement à la position de l'isohyète de 200 mm/an (Mainguet 1983).

Les zones écologiques

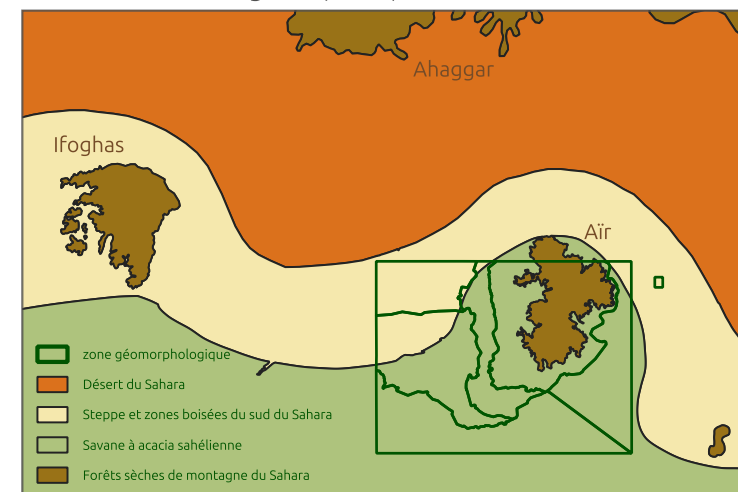
Dans le cadre des travaux de lutte contre le criquet pèlerin, Popov, Duranton et Girault ont établi une carte des unités territoriales écologiquement homogènes (UTEH carte 7) de tout le Sahara (Popov et al. 1991). Il définit, du macro au micro, des zones éco-climatiques (ZEC), des régions naturelles (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 zonages très précis, 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 vers l'Azawagh (carte4).

Les auteurs découpent 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 notre 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 zones 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 la Tadarast et 4Q1 pour le Ténéré.

Carte 6 : Les éco-régions (WWF)





ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

7. les unités écologiques

Légende

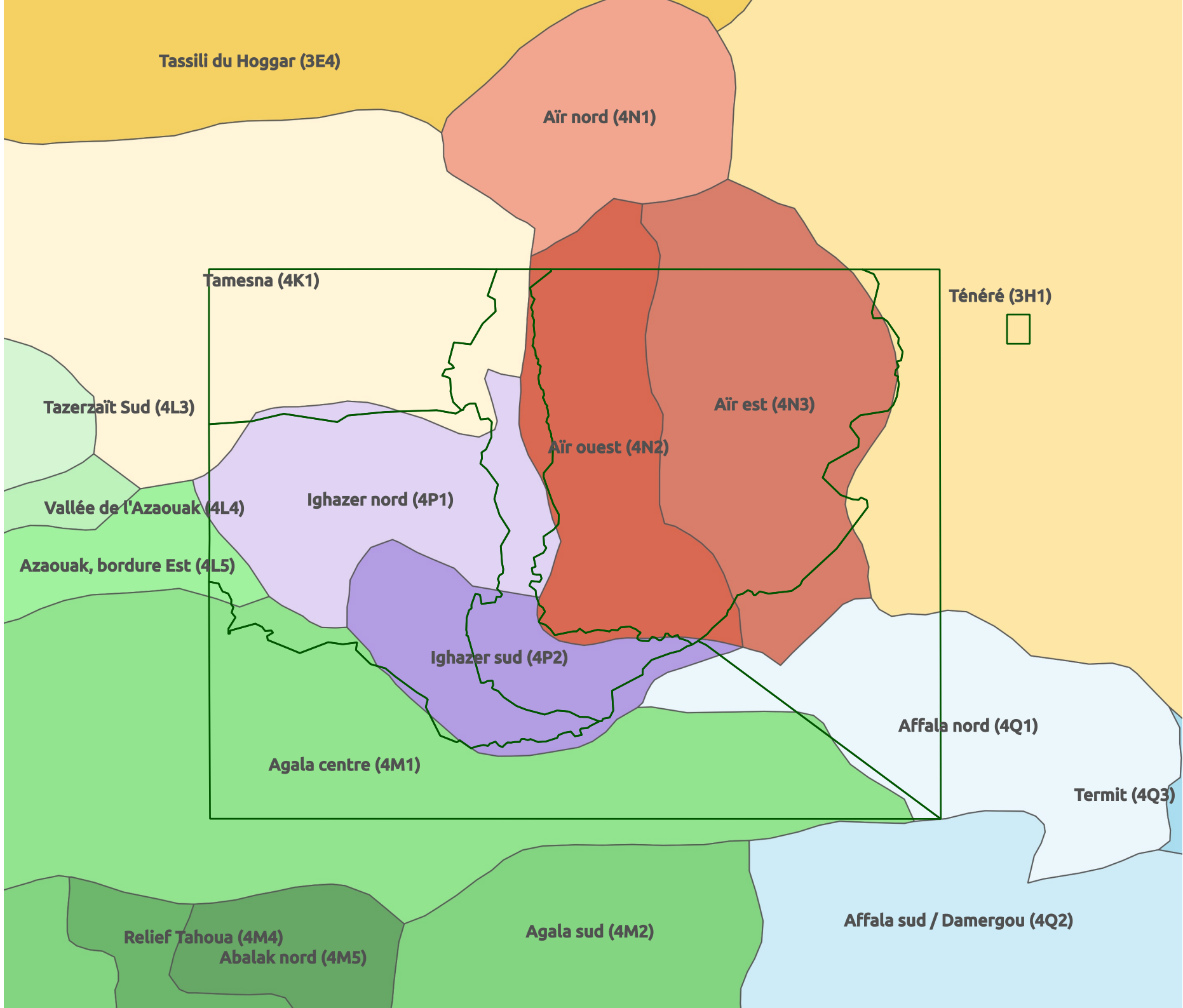
 zone géomorphologique

UTEH - Unités territoriales
écologiquement homogène
(Popov, Duranton, Girault 1991)

0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, janvier 2026.





LA TOPONYMIE

La toponymie IGN

A partir des cartes IGN 1/200 000^e, 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 travail 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).

La carte 8 montre clairement que les montagnes de l'Aïr disposent d'un nombre de noms de lieux largement supérieur aux autres zones géomorphologiques, qui plus est répartis 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.

Les villages zéro

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 (carte 9). 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. Autour de chaque village on utilisera les polygones de Voronoï.

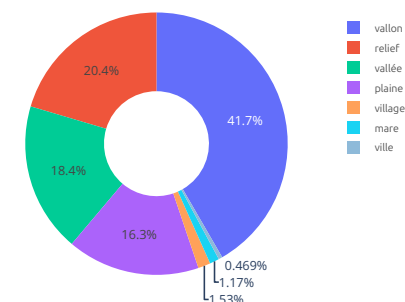
Un polygone de Voronoï est une région associée à un point donné, telle que tous les points de cette région sont plus proches de ce point que de tout autre point voisin. En partant d'un ensemble de points, on obtient un diagramme de Voronoï, qui partitionne l'espace en zones disjointes selon un critère de distance. Les polygones de Voronoï seront utilisés pour modéliser des phénomènes de proximité et de répartition spatiale.

La ressource en eau

Avec les cartes IGN numérisées, sont recensés 600 points d'eau sur toute la zone de prospection (carte 10). 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 la disponibilité en eau de notre zone d'étude.

L'Aïr et la Tadarast renferment la grande majorité des points d'eau identifiés. En Aïr, ils sont essentiellement le long des vallées et au pied des plus hauts massifs. Alors qu'en tadarast, ils se répartissent de manière assez homogène. Dans les autres zones les points d'eau sont bien plus dispersés.

Figure 2 : Répartition selon le type



ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

8. la toponymie

Légende

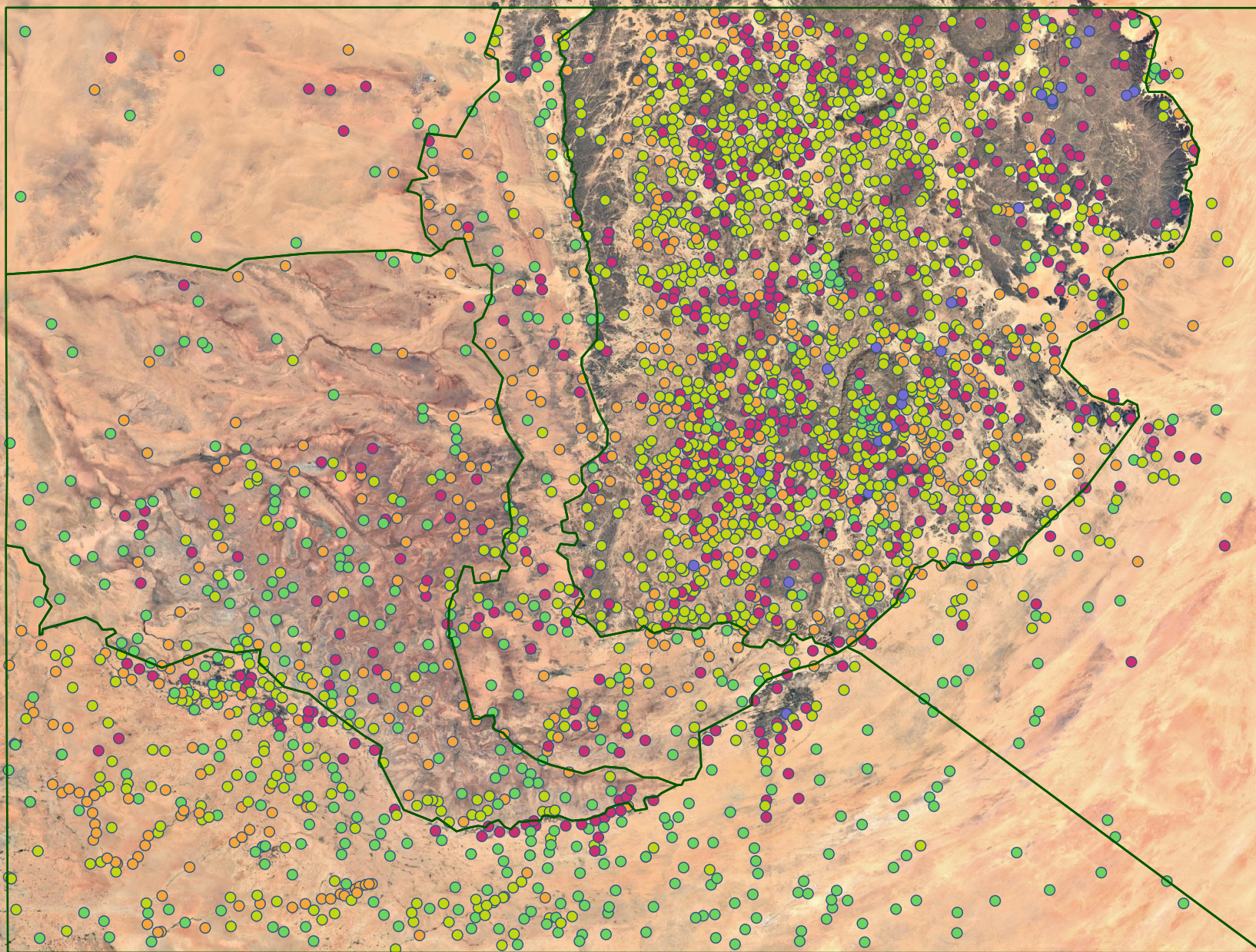
 zone géomorphologique

-  mare [30]
-  plaine [418]
-  vallon [1065]
-  vallée [471]
-  relief [522]

0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, août 2025.



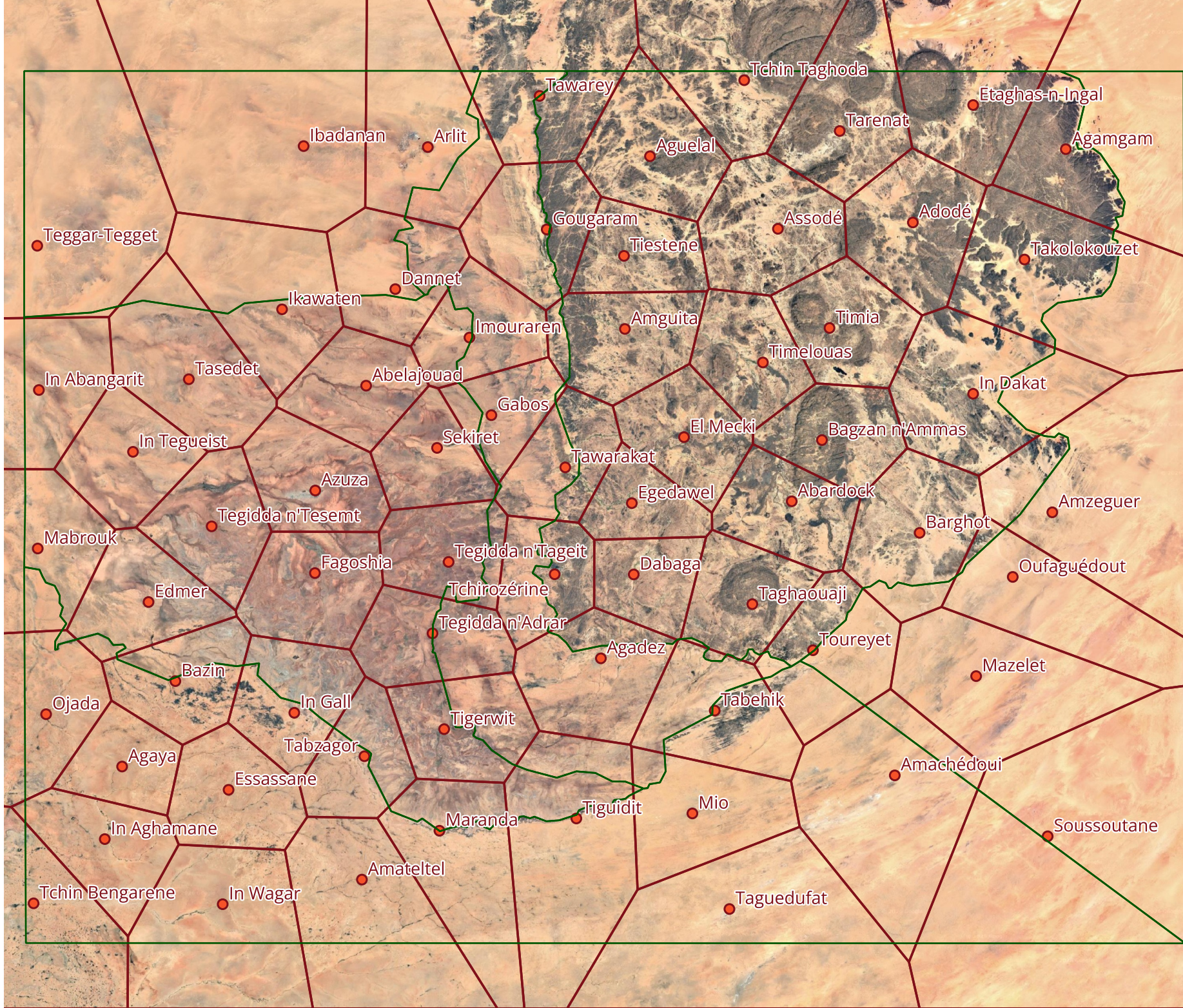


ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

9. les villages zéro

Légende

- zone géomorphologique
- polygone de Voronoï
- village [66]



0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, janvier 2026.



ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

10. la ressource en eau

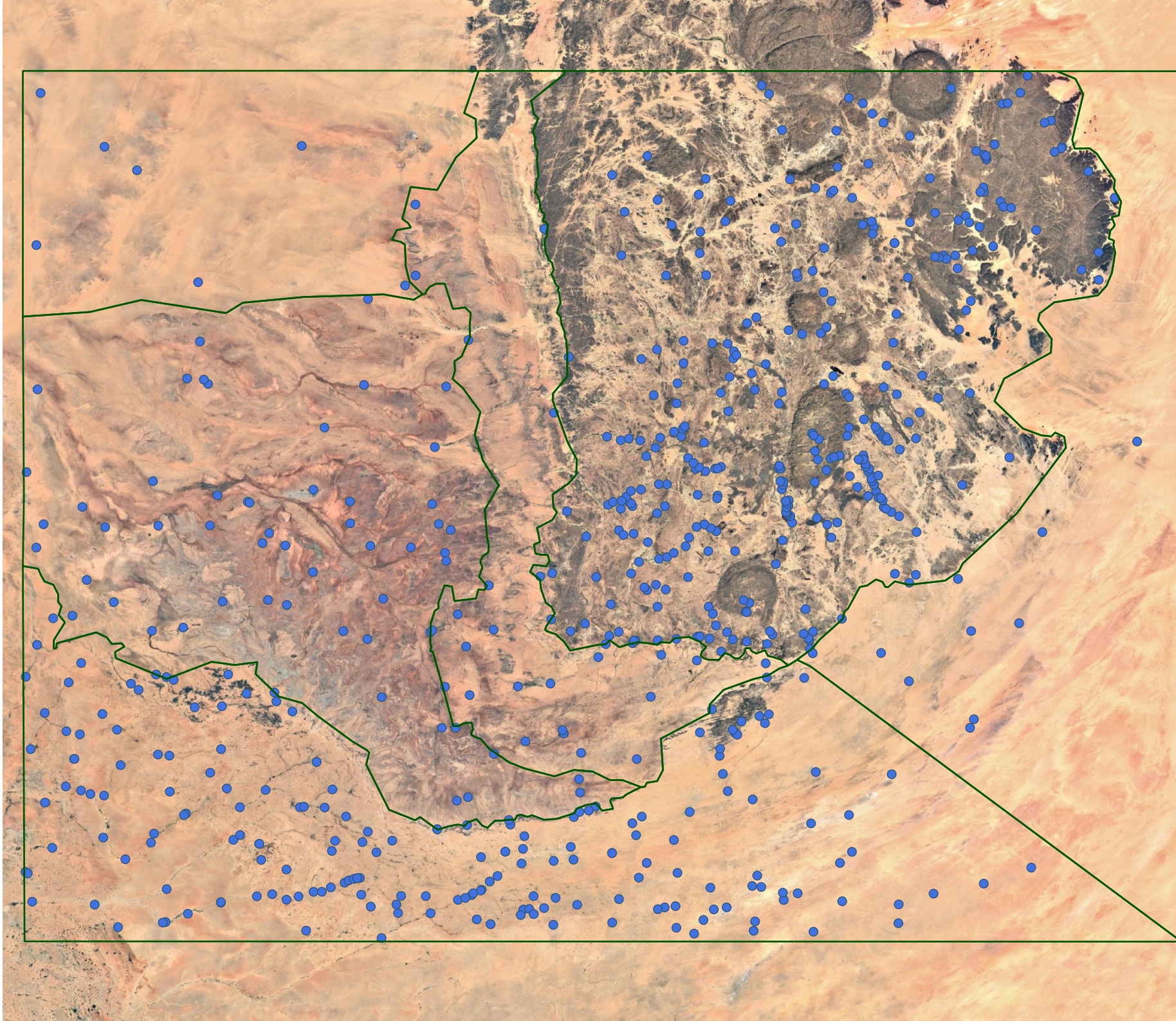
Légende

- zone géomorphologique
- point d'eau [601]

0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, janvier 2026.



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 naturels (carte 11) :

- **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 désormais 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 quaternaires reposent sur la série gréseuse du Tegama qui s'étend vers le sud sur une pente légère parcourue de vallées peu profondes permettant l'installation de l'Adarast (*Commiphora africana*) ayant donné son nom à cette zone, aujourd'hui quasiment disparu à la suite des 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 reste 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 altitudinal 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** 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 ;
- **l'Azawagh**, est la zone pastorale à l'ouest de notre plaine. C'est aussi le nom de la vallée fossile qui débute vers In Abangarit à la confluence des vallées du Timersoï et de l'Ighazer wan Agadez. Les eaux des massifs de l'Aïr et de l'Ahaggar s'écoulaient encore au Quaternaire, après avoir formé un grand lac saharien (ou plutôt delta intérieur), qui occupait le Talak avant de s'engouffrer dans l'Azawagh (Beltrami 1982).
- le **Ténéré** débute après les montagnes de l'Aïr vers l'est. Les alizées font butter les sables ténégréens 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 une 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 écosystèmes 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, ce qui pourra nous permettre d'élaborer des hypothèses de travail quant aux modèles économiques des populations.

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, ainsi que le Kavar.

Synthèse des caractéristiques de chaque zone

Au regard de ces données 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 la plus densément utilisée 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 néolithiques ou la zone Ténéré regorge de tumulus. La Tadarast est assez nettement pourvue en toponyme et ressource en eau.

Au regard des ces quelques grands traits caractéristiques de chaque zone, les différences serviront à émettre des hypothèses sur l'histoire de la plaine de l'Ighazer et de l'Aïr.

Tableau 2 : Caractéristiques des zones géomorphologiques

Caractéristique	Ighazer	Tamesna	Tadarast	Piémont	Aïr	Ténéré
surface (km²)	27 223	14 271	32 657	12 708	41 072	21 318
statut altitudinal	plaine	plaine	plateau	plateau	montagne	intermédiaire
village zéro	14	3	16	6	24	3
écologie	4P	4P	4M	4N	4N	3H
toponymie	269	21	468	186	1537	70
eau	61	7	188	25	311	7
pluviométrie	100	50	200	125	150	50
terrain	argileux	sableux	sableux	rocheux	rocheux	sableux
géologie	argiles	grés + sable	grés	grés	granite	grés + sable



ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

11. les zones
géomorphologiques

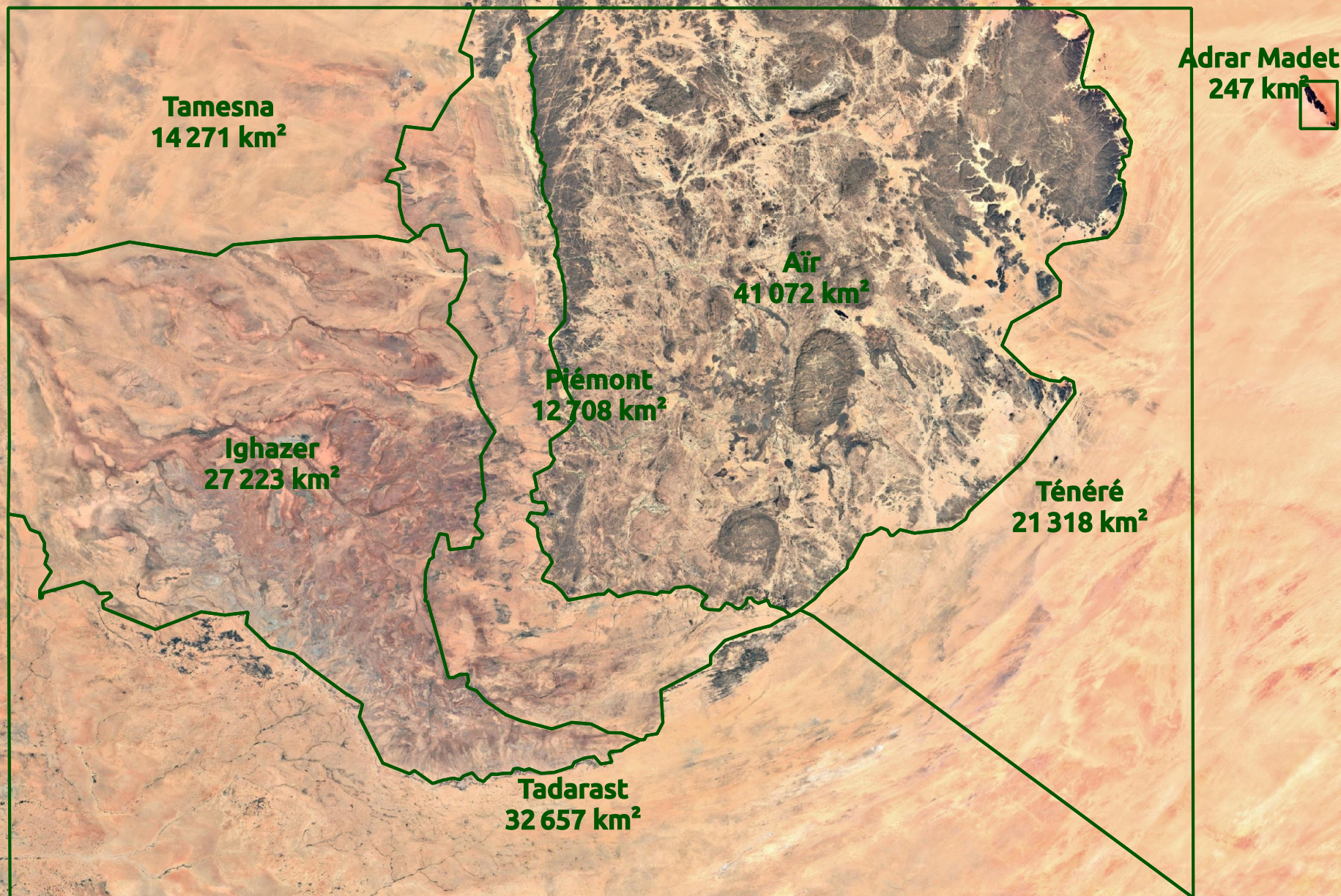
Légende

 zone géomorphologique

0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, janvier 2026.





MÉTHODES ET OUTILS

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, à date la version 3.44.0-Solothurn, avec les principales extensions et bibliothèques ci-dessous. En sus, 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.

Bibliothèques

Version de Qt 5.15.13 Version de Python 3.12.3, GDAL version 3.8.4, Version de Proj 9.4.0 (Compilé) 9.4.1 (Running), Version de la base de données du registre EPSG v11.006 (2024-03-13), Version de GEOS 3.12.1-CAPI-1.18.1 (Compilé) 3.12.2-CAPI-1.18.2 (Running), Version de SQLite 3.45.1, Version du client PostgreSQL 16.9, Version de Spatialite 5.1.0, Version de QWT 6.1.4, Version de QScintilla2 2.14.1, Version de l'OS Ubuntu 24.04.2 LTS.

Extensions Python actives

Shapetools 3.5.1, SentinelHub 2.0.2, qgis2web 3.32.0, quick_map_services 1.1.0, processing_saga_nextgen 1.1.0, FreehandRasterGeoreferencer 0.8.3, DataPlotly 4.3.2, GroupStats 2.2.7, MetaSearch 0.3.6, processing 2.12.99, db_manager 0.1.20, grassprovider 2.12.99.

Les vues satellites

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 ; Gauthier et Gauthier 2005), 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 années plus tard. Dans les annexes de son articles sur les monuments à alignement, Yves Gauthier liste également d'autres écueils de lecture des images satellites (Gauthier et Gauthier 2008).

L'extension QuickMapServices permet d'utiliser les images satellites gratuites de différents fournisseurs avec un zoom satisfaisant (1/500è) 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 et actuellement, Google est quasiment le seul fournisseur à être utilisé pour cet inventaire car les dernières images fournies sont de qualité suffisantes.

Néanmoins, sur des prospections anciennes, il a été utilisé les images Bing pour dessiner ou pointer les éléments archéologiques. On pourra donc observer des décalages, rarement plus de quelques mètres, entre les données fournies dans cet atlas et le fournisseur d'images satellites utilisé au moment de l'inventaire et ou de la consultation sur d'autres fonds de carte.

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'Air 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, 10 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.

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).

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 plug-ins de QGIS.

La prospection

Dernièrement, à l'occasion de l'atlas archéologique de la réserve naturelle du Mont Eghalagh, nous avons poussé le zoom de prospection. L'ensemble de la zone était alors couverte par une prospection au 1/2000^e et afin de préciser encore plus notre inventaire nous avons travaillé la zone au 1/500^e. A ce niveau, 1cm sur l'écran représente 7 mètres sur le terrain. Un troisième niveau de zoom au 1/1000^e est utilisé pour les zones dénudées afin d'optimiser le temps de prospection. La carte 12 suivante montre le niveau de prospection à date selon notre carroyage de 2.5 km de côté.

Les types de cartes

Carte de densité

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.

Carroyage

On utilise aussi régulièrement des cartes avec un carroyage hexagonale, dont le principal avantage est que la distance entre le centre de chaque paire de cellules hexagonales adjacentes est la même. L'utilisation de ces cartes nous sert principalement à nous affranchir des zones géomorphologiques définies plus haut.

Figure 2 : Carte de densité

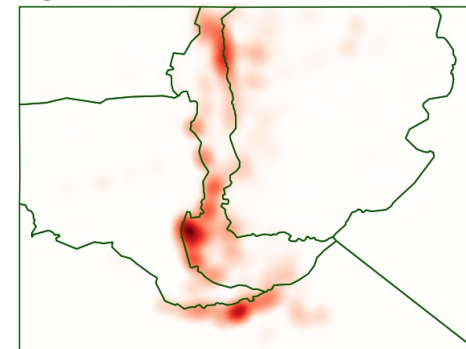
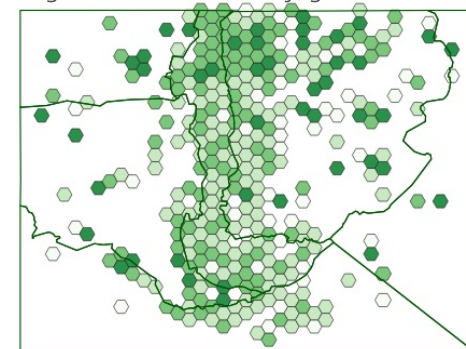


Figure 3 : Carte de carroyage





**ATLAS
ARCHÉOLOGIQUE DE
L'IGHAZER**

12. la zone de prospection

Légende

 zone géomorphologique

zoom de prospection

 1/500è

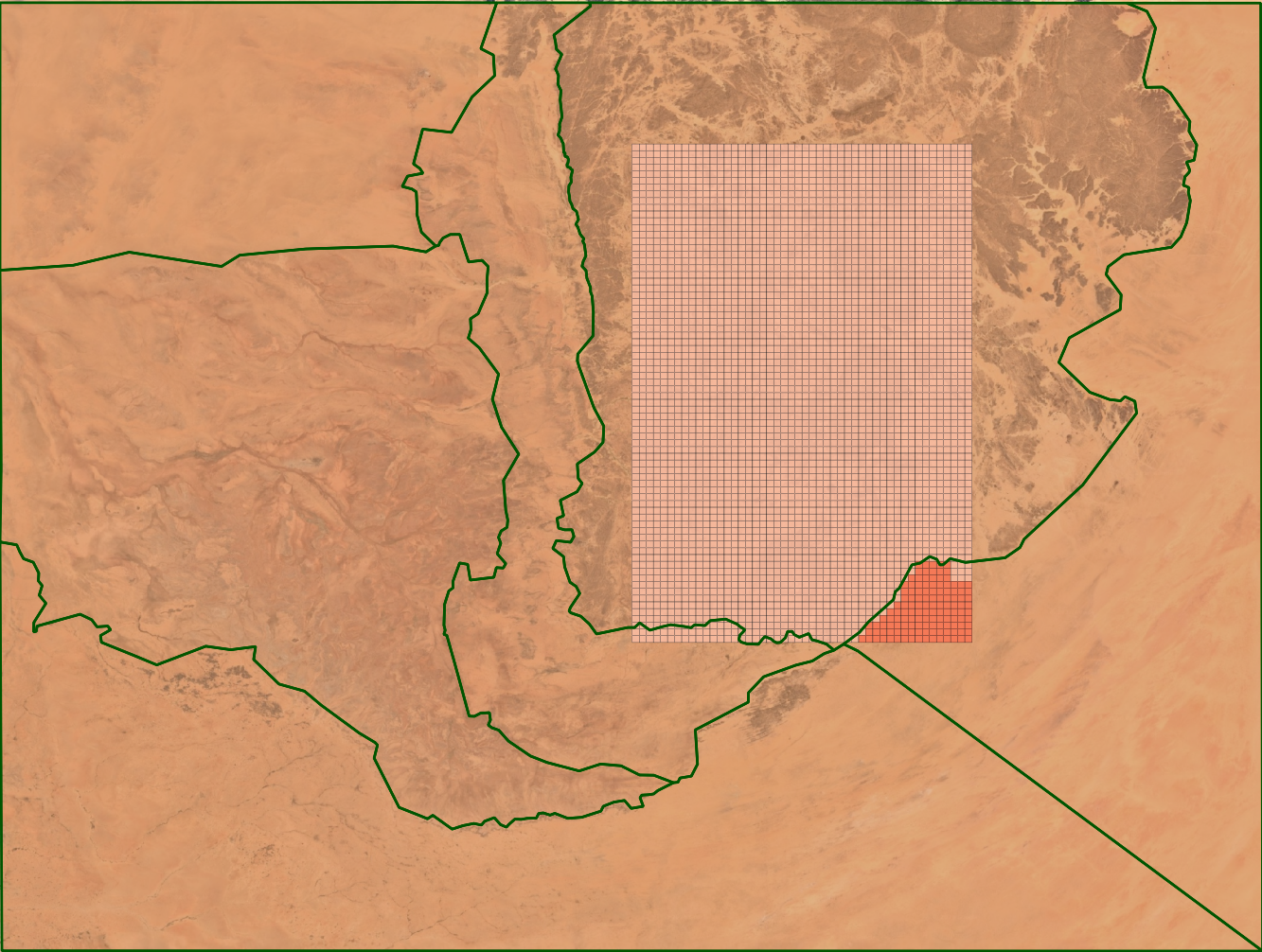
 1/1000è

 1/2000è

0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, janvier 2026.



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 sont disponibles au téléchargement en .tif, 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 : 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>.

Autres données mobilisées

Afin de nourrir nos observations, il a été intégré à cet atlas des données supplémentaires issues de la bibliographie académique.

Les inventaires du PAU [465]

Les sites identifiés par la RCP 322du PAU (Poncet 1983), ont été repositionnés 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 (carte 13).

Les datations [650]

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 (carte 14). 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 page 280 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 (Serenio 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).

Les rupestres [145]

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 gravures rupestres (carte 15).

Les dinosaures [464]

La base de données publique paléobiologiques <https://paleobiodb.org/> nous a permis 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 nos propres analyses (NSF 2020). Sur les 464 occurrences pour le Niger, 180 concernent exclusivement notre zone de prospection (carte 16).

ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

13. les sites du PAU

Légende

 zone géomorphologique

 zone du PAU

type de site [465]

 autres [21]

 funéraire [127]

 habitat [150]

 islamique [55]

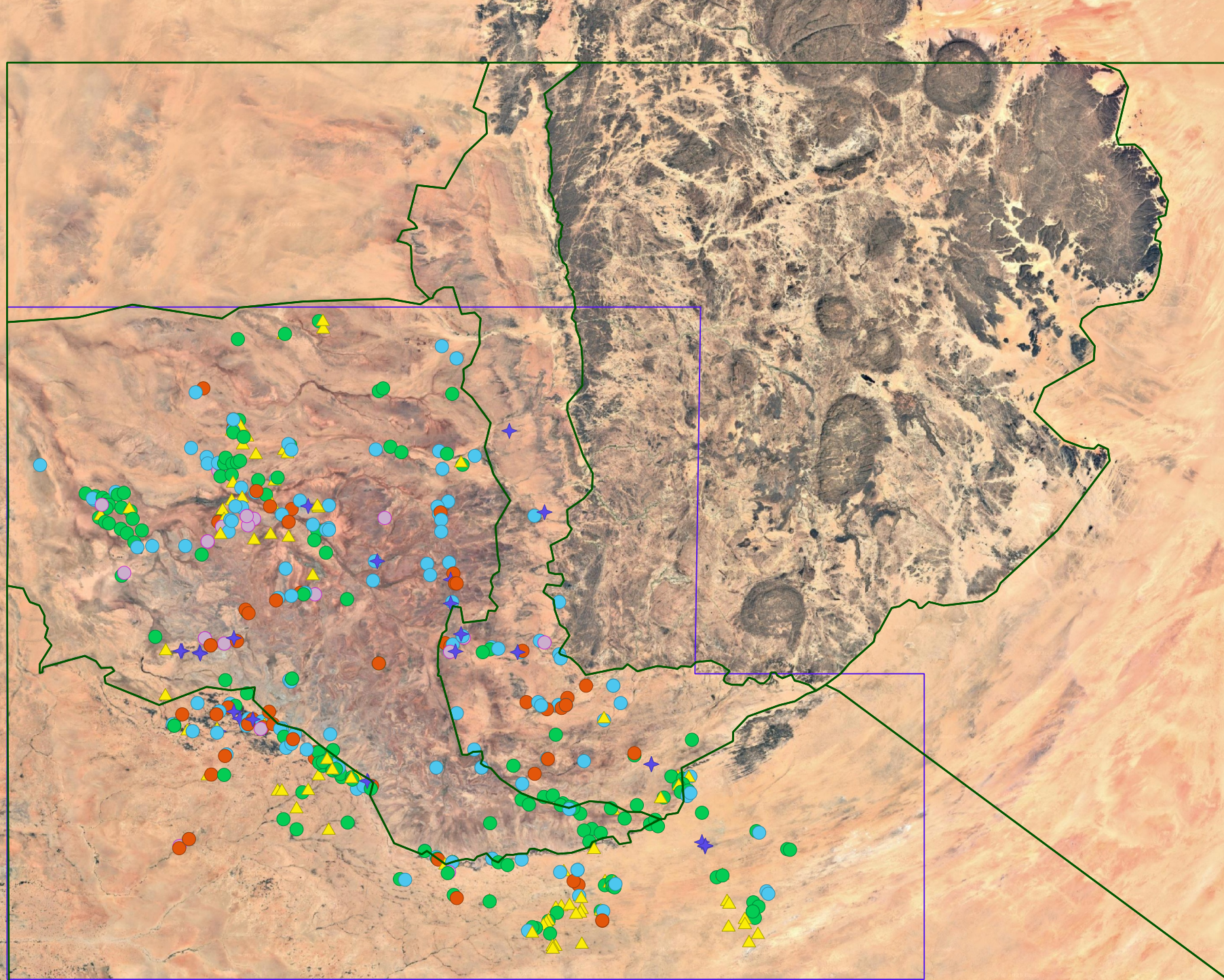
 métallurgie [86]

 rupestre [25]

0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, janvier 2026.



ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

14. les datations C14

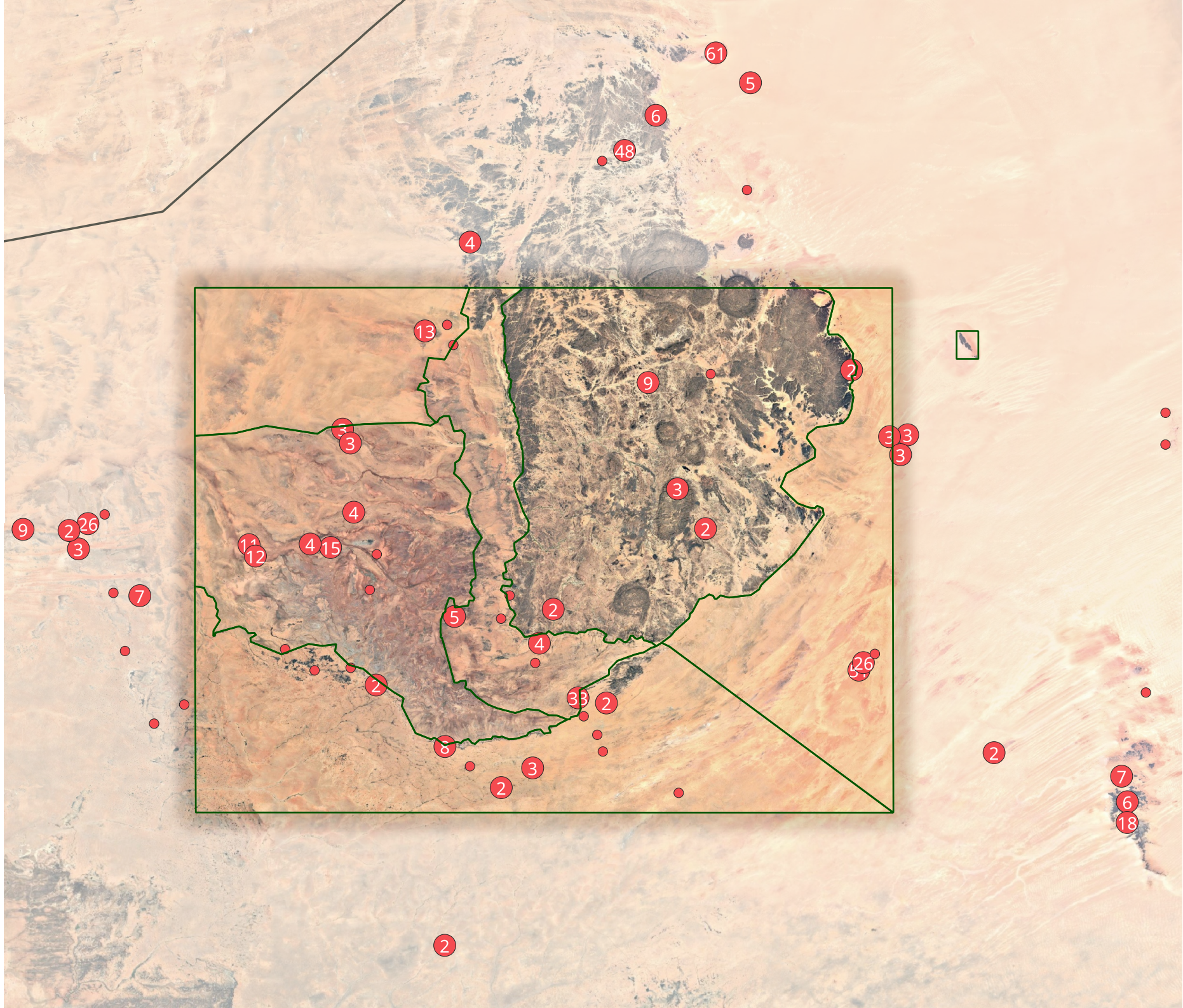
Légende

-  zone géomorphologique
-  frontière
-  datation [650]

0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, janvier 2026.





ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

16. les rupestres

Légende

 zone géomorphologique

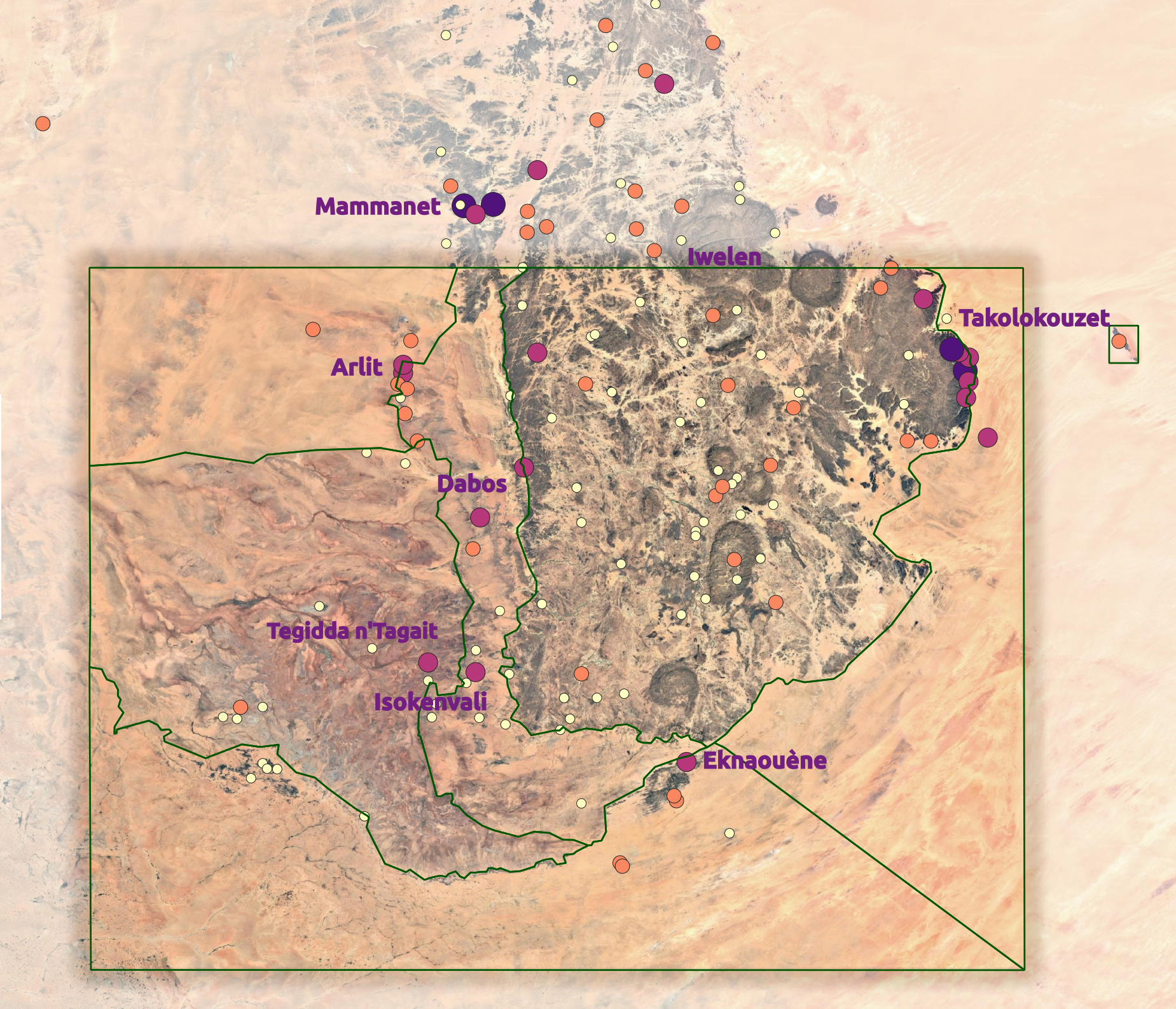
nombre de gravures [145]

-  unités [81]
-  dizaines [43]
-  centaines [17]
-  milliers [4]

0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, janvier 2026.





ATLAS ARCHÉOLOGIQUE DE L'IGHAZER

15. les occurrences
paléontologiques

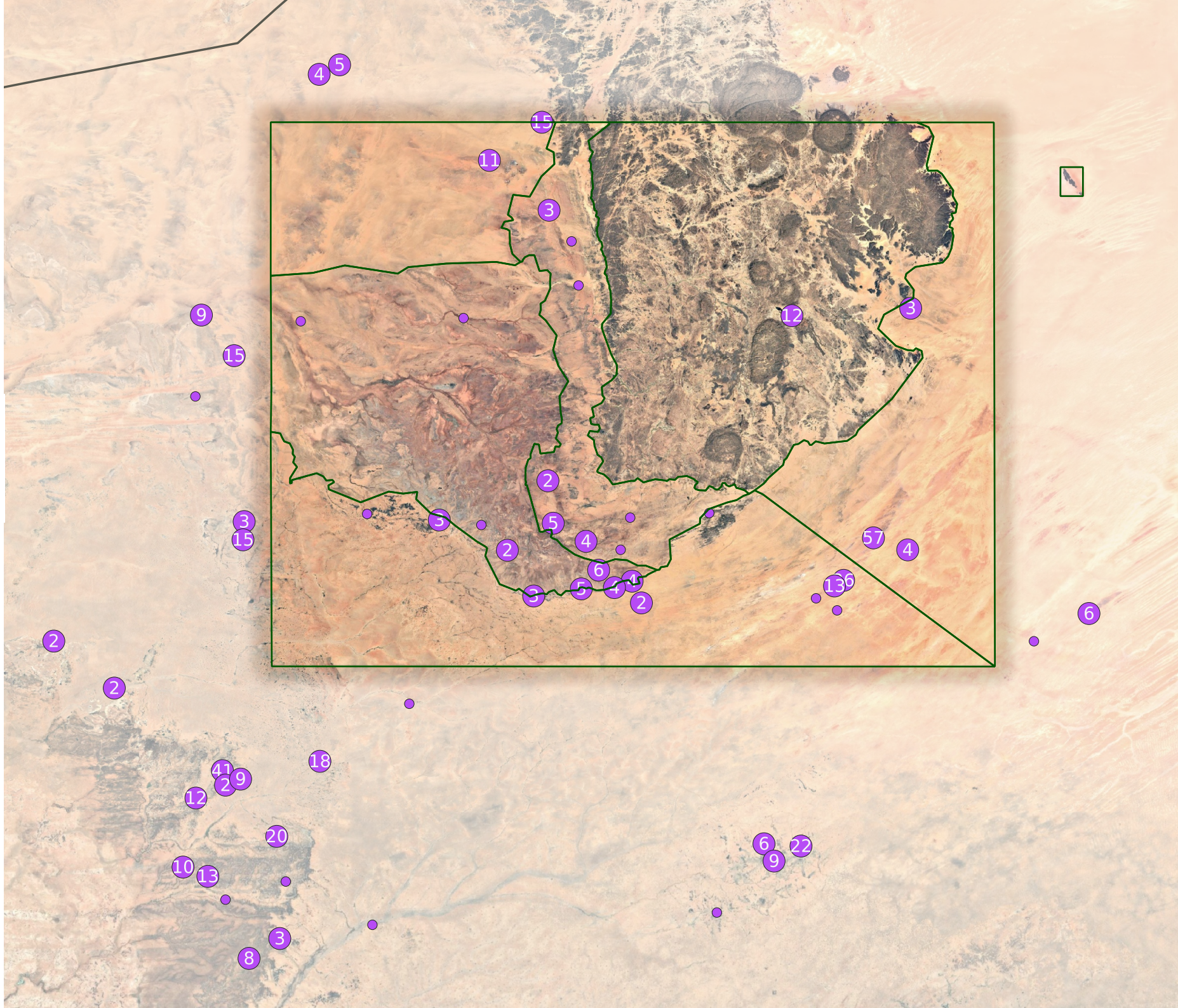
Légende

- zone géomorphologique
- frontière
- occurrence [464]

0 25 50 km



Source : inventaire archéologique satellitaire
de la plaine de l'Ighazer, janvier 2026.





RÉFÉRENCES

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 no 48, IRSH, 196 p.

Bernus S., Cressier P. 1992 – Programme archéologique d'urgence 1977-1981 : 4- Azelik-Takedda et l'implantation médiévale, Études Nigériennes no 51, IRSH, 390 p.

Grébénart D., Poncet Y. 1985 – Programme archéologique d'urgence 1977-1981 : 2- Le néolithique final et les débuts de la métallurgie, Études Nigériennes no 49, IRSH, 418 p.

Greigert J., Pougnet R. 1965 – Carte géologique du Niger, Bureau de recherche géologique et minière.

IGN 1975 – Agadez NE-32-SO, 1/500 000è.

IGN 1975 – Cartes IGN du Niger, 1/200 000è.

Knight J., Merlo S., Zerboni A. (dir.) 2023 – Landscapes and Landforms of the Central Sahara, World Geomorphological Landscapes, Cham, Springer International Publishing.
Maley J.-P. 1981 – Études palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord-tropicale de 30.000 ans à l'époque actuelle, Travaux & Documents ORSTOM, Montpellier.

Maley J., Roset J.-P., Servant M. 1971 – Nouveaux gisements préhistoriques au Niger oriental : localisation stratigraphique, Bulletin Association sénégalaise et quaternaire Ouest africaine, (31), p. 9-18.

Morel A. 1983 – Erosion et sédimentation dans la massif de l'Aïr (Sahara méridional) : essai d'interprétation paléoclimatique de la moyenne terrasse, Cahiers ORSTOM.Série Géologie, 13 (2), p. 111-118.

Pacquet A. 1968 – Analcime et argiles diagénétiques dans les formations sédimentaires de la région d'Agadès (République du Niger), , Université de Strasbourg, inédit, 221 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 no 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.

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

WWF 2010 – Terrestrial Ecoregions of the World.

