MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

BULLETIN
DE L'INSTITUT FRANÇAIS
D'ARCHÉOLOGIE ORIENTALE

en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne

BIFAO 102 (2002), p. 155-188

Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper

Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.

Conditions d'utilisation

L'utilisation du contenu de ce site est limitée à un usage personnel et non commercial. Toute autre utilisation du site et de son contenu est soumise à une autorisation préalable de l'éditeur (contact AT ifao.egnet.net). Le copyright est conservé par l'éditeur (Ifao).

Conditions of Use

You may use content in this website only for your personal, noncommercial use. Any further use of this website and its content is forbidden, unless you have obtained prior permission from the publisher (contact AT ifao.egnet.net). The copyright is retained by the publisher (Ifao).

Dernières publications

9782724711264	*La chapelle d'Osiris Ounnefer Neb-djefaou*	Laurent Coulon
9782724711752	*Guide du Caire Islamique*	Hadrien Collet
9782724711660	*Mélanges de l'Institut dominicain d'études orientales 41*	Adrien Candiard (éd.)
9782724711745	*Bulletin archéologique des Écoles françaises à l'étranger (BAEFE)*	
9782724711271	*Du côté de chez Zeus*	Emmanuel Botte (éd.), Hélène Cuvigny (éd.), Michel Reddé (éd.)
9782724711677	*La Description de l'Égypte*	Paul-Marie Grinevald
9782724711714	*La pensée et la pratique pharmacologiques d'Avicenne*	Sylvie Ayari
9782724711899	*BCAI 40*	

© Institut français d'archéologie orientale - Le Caire

Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs

B.M. DE VLIEGHER, M. DE DAPPER

Les dernières décennies du XX^e siècle ont été caractérisées par un développement accéléré des nouveaux moyens techniques, comme la télédétection et les systèmes d'information géographique. La vaste gamme des capteurs, observant la Terre d'une manière systématique depuis l'espace offre de nouvelles possibilités pour la recherche géographique et géo-archéologique. Ce développement s'est accompagné du déploiement et de l'ouverture à un large public des systèmes d'information géographique. L'application d'un tel système offre la possibilité :

– de positionner la recherche dans un contexte *géographique* ;

– de dégager, d'introduire et d'organiser l'*information* dans une base de données ;

– de développer un *système* qui permet l'analyse et la modélisation des données géographiques.

Dans le passé, l'archéologie était focalisée sur le site même et ses fouilles. Cette conception a fait place nette pour une vision plus large qui tient compte avec la situation du site et l'influence des environs.

L'objectif principal de cet article est double : illustrer les possibilités des systèmes d'information géographique et de la télédétection dans cette nouvelle optique géo-archéologique, les appliquer à un site archéologique en Égypte en développant Sigad – un système d'information géographique pour le site d'Adaïma et ses environs.

Le site d'Adaïma est localisé sur la rive gauche du Nil, à huit kilomètres au sud d'Esna. Adaïma s'est développé durant la période Nagada II-III (seconde moitié du IV^e millénaire avant notre ère). Le site s'étend sur une zone de 35 hectares et comprend entre autres une zone d'habitat et deux nécropoles prédynastiques (Midant-Reynes, Buchez, 2002 ; Crubézy, Janin, Midant-Reynes, 2002).

Département de géographie, université de Gand, Belgique. Krijgslaan 281 (S8), B-9000 Gand (Belgique).

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Introduction au Sig

Définition

Un Sig (système d'information géographique) est un outil servant à la collecte [fig. 1, nos 1-4], à l'analyse [fig. 1, no 5], au traitement et à la représentation graphique des données [fig. 1, no 6] utilisant des références spatiales. L'ensemble des données est structuré de telle manière qu'on peut réaliser des synthèses utiles à la recherche scientifique et à la décision. Le Sig pour le site archéologique d'Adaïma permet d'intégrer sous forme digitale les couches d'information de nature et d'échelle différentes.

Des cartes existantes (à différentes échelles) [fig. 1, no 1], des relevés de terrain (archéologiques, géomorphologiques) [fig. 1, no 4], des données du système global de positionnement (Gps), des données statistiques [fig. 1, no 2], des données photographiques (photographies aériennes, images satellites, etc.) [fig. 1, no 3] fournissent l'information de base pour le Sig. L'utilisation d'un Sig implique la conversion des données géographiques analogues vers un format numérique, par scanning ou digitalisation.

L'avantage d'un Sig n'est pas seulement de permettre aux géographes, mais aussi à des chercheurs d'autres disciplines d'intégrer leurs données. Les questions typiques auxquelles peut répondre un Sig sont, une fois qu'on a introduit toutes les informations nécessaires :

– où se trouvent certains phénomènes dans le paysage ?

– quelle est la source des artefacts, des silex ?

– un changement depuis telle ou telle autre période a-t-il eu lieu ?

– etc.

Ces questions ne sont pas neuves ; on les a déjà posées dans le passé. Seulement, la possibilité de traiter d'importantes quantités d'informations ainsi que la manière de trouver des réponses sont nouvelles.

Les données

Les données géographiques sont organisées dans un Sig sous forme de :

– entité linéaire, qui représente un objet terrestre trop étroit pour être décrit comme surface. Exemples d'entités linéaires : voies, rivières, courbes de niveau, etc. Les entités linéaires sont décrites comme une collection de points (X,Y) et ont une ou plusieurs valeur(s) d'attribut (Z) ;

– entité ponctuelle, représentant un objet terrestre décrit par un seul point (X,Y) et ayant une ou plusieurs valeur(s) d'attribut (Z) ;

– entité polygonale, qui représente un objet terrestre ayant une surface importante ; exemples d'entités polygonales : zones de végétation, unités géologiques, etc.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Les données sont caractérisées par l'aspect multidimensionnel :

– multi-source. Les sources d'informations sont les documents cartographiques, les documents de la télédétection (photographies aériennes, images satellites), statistiques, données de terrain, analyses de laboratoire, rapports, littérature, etc ;

– multi-échelle. L'information peut être fournie pour un territoire global ou un endroit local ;

– multi-altitude. Les prises de vues sont effectuées à différentes altitudes : de quelques centaines de mètres (photographies aériennes) à quelques centaines de kilomètres (images satellites) et même au-delà ;

– multi-temporel. L'information est acquise à différentes dates ;

– multi-bande. L'observation de la Terre est faite par des capteurs opérants dans plus d'une bande du spectre électromagnétique.

L'importation des données géographiques se fait en trois étapes (Burrough, 1986) :

– l'importation des données spatiales – par digitalisation ou par scanning ;

– l'importation des données non spatiales : les données sous forme tabulaire (attributs) ;

– le lien des données non spatiales aux données spatiales.

Structures des données

On peut organiser les données géographiques dans un Sig selon un mode vecteur ou en matrice. Les deux modèles ont leurs avantages et désavantages spécifiques.

– Le modèle matriciel est constitué d'une grille avec des cellules organisées en colonnes et lignes. La dimension des cellules est importante pour le degré de généralisation. Chaque cellule porte sa ou ses valeur(s) d'attribut. L'analyse d'information en matrice est relativement facile à réaliser, cela n'exige pas des logiciels sophistiqués ; un des plus grands avantages est la possibilité d'introduire des images satellites. Par contre, le fait que le volume des données soit parfois extrêmement grand peut poser des problèmes pendant l'analyse spatiale.

– Le modèle vecteur regroupe l'information sous forme de coordonnées X,Y ainsi qu'une ou plusieurs valeur(s) d'attribut (Z). Ce type de structures offre un grand avantage en ce qui concerne le stockage des données et la haute précision de représentation. Au contraire, la comparaison avec des données sous forme de matrice est plutôt complexe.

Sigad : un Sig pour Adaïma et ses environs

Les données de base sont organisées en différentes couches thématiques afin de construire le Sig pour Adaïma. Le logiciel utilisé est Ilwis [1] (Integrated Land and Watershed Information System), développé à l'Itc d'Enschede (Pays-Bas). L'avantage d'Ilwis est dû au fait que les procédures du Sig sont intégrées avec des modules de télédétection. Ainsi, l'intégration des

1 http ://www.itc.nl/ilwis/.

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

images satellites et des produits dérivés dans les couches de données est réalisable. Le logiciel Ilwis est organisé en trois modules : matrice, vecteur et tableau. Dans le cadre de Sigad, l'analyse géographique est effectuée sous forme de matrice.

Il existe plusieurs autres logiciels fréquemment utilisés par les géo-informaticiens et autres utilisateurs de Sig, tel que Arcview [2] et Idrisi [3].

Le traitement des données avec Idrisi se fait principalement en matrice ; l'importation des données et la visualisation sont possibles en matrice et en vecteur.

Le logiciel Arcview, développé par Esri (*Environmental Systems Research Institute*) – Redlands (California, États-Unis) est un outil performant et facile à utiliser pour la visualisation, l'interrogation et l'analyse des données spatiales, des données image (images satellites, photographies aériennes, images scannées) et des données tabulaires (attributs).

Échelle du Sigad

Avant la construction du Sig, une grille de référence doit être définie. Pour le site d'Adaïma, les données se présentent en trois systèmes de coordonnées :

– Mercator Universel Transverse (Utm) : la position des points d'observation est obtenue par Gps. Les coordonnées sont indiquées sous forme est/nord (*easting/northing*) et en mesure métrique. Adaïma se situe dans la zone Utm 36 ;

– coordonnées égyptiennes, comme indiquées sur les cartes topographiques (échelle 1 : 50 000). Le point d'origine pour ces coordonnées métriques est 30°N = 810, 31°E = 615 ;

– grille locale pour le site d'Adaïma.

Le Sig sera développé à différentes échelles, de l'échelle régionale (Esna-Edfou) à l'échelle locale (Adaïma). Pour cette raison, deux systèmes de grilles sont utilisés. Afin de lier les deux grilles, une série de points de repère a été mesurée sur le terrain dans les différents systèmes. Onze points pouvaient facilement être reconnus sur le terrain ; ces points ont été positionnés avec une station totale dans la grille locale et six fois avec le Gps portable dans la grille régionale (coordonnées Utm).

La figure 2 montre la position des points de repère dans le système Utm ; les cercles indiquent la moyenne des mesures XY.

Les coordonnées Utm des onze points sont ensuite recalculées en coordonnées égyptiennes. Les coordonnées des points de repère dans les deux systèmes se trouvent dans le tableau 1.

2 http://www.esri.com/ ; http://www.esrifrance.fr/.

3 http://www.clarklabs.org/.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

	X–Adaima	Y–Adaima	X–Egypt (GIS)	Y–Egypt (GIS)
1	1053,606879	-809,218494	774049	282348
2	1002,378553	-679,485872	774047	282502
3	988,033976	-504,967373	774073	282687
4	1080,927339	-532,940054	774130	282626
5	1170,676191	-586,580355	774215	282565
6	1261,660441	-660,028901	774272	282443
7	1403,207535	-817,569529	774386	282260
8	1558,020933	-863,714835	774527	282169
9	1514,296374	-951,442272	774472	282107
10	1471,539802	-936,65877	774416	282106
11	1396,838158	-1041,495961	774333	282044

Tableau 1. Coordonnées des points de repère dans la grille locale (Adaima) et dans le système égyptien.

La formule pour transformer les coordonnées du système local en système égyptien est :

$X_{Egypt} = a^*X_{adaima} + b^*Y_{adaima} + c$

$Y_{Egypt} = d^*X_{adaima} + e^*Y_{adaima} + f$

À base des points de repère 1, 6 et 10 les coefficients de transformation sont :

a = 0,93593	d = -0,27004
b = 0,18954	e = 1,01336
c = 773216	f = 283453

La formule pour transformer les coordonnées du système égyptien en système local est :

$X_{adaima} = a^*X_{Egypt} + b^*Y_{Egypt} + c$

$Y_{adaima} = d^*X_{Egypt} + e^*Y_{Egypt} + f$

À base des points de repère 1, 6 et 10, les coefficients de transformation sont :

a = 1,01375	d = 0,27014
b = -0,18961	e = 0,93629
c = -730104	f = -474273

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Couches d'informations

OBSERVATION DE TERRAIN

L'observation de terrain est une des plus importantes sources de données pour le Sig. Différents aspects du terrain peuvent être observés, comme l'aspect archéologique, lithologique, géomorphologique, humain etc. Ces données seront incorporées dans le Sig, et doivent être localisées de manière très précise. Cet objectif est possible en utilisant un Gps. Sur le terrain d'Adaïma, un Gps à main du type Garmin 12XL [4] a été utilisé.

Le Gps est basé sur un système satellitaire mondial, comme Navstar (= *NAVigation Satellite Timing And Ranging*). Navstar est un système de positionnement par ondes radios qui fournit aux utilisateurs une position précise, ainsi que la vitesse et la date.

La composante spatiale de ce système est constituée de 24 satellites, quatre par orbite dans six plans orbitaux à espace égal autour de l'équateur. L'inclinaison des orbites est de 55 degrés par rapport à l'équateur terrestre. Les satellites orbitent à une altitude de 20 200 km ; la période de révolution est douze heures.

L'ensemble des satellites permet une couverture mondiale 24 heures sur 24, indépendamment des conditions météorologiques. Le principe de positionnement est basé sur le signal provenant des satellites visibles (trois au minimum). La position est calculée à partir du temps de propagation entre le satellite et le capteur (l'utilisateur). Depuis le 1er mai 2000, les utilisateurs civils disposent de la même précision que celle qui était réservée aux militaires. La précision actuelle varie maintenant entre 10 et 20 mètres.

En 2008 un nouveau système de navigation – Galileo –, d'origine européenne, sera disponible.

DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES

Cartes topographiques

Les documents de base pour la construction du Sig pour le site d'Adaïma sont les cartes topographiques à échelle de 1 : 50 000 (édition : 1995). Les cartes sont compilées à partir des photographies aériennes prises en 1988 ; le contrôle sur le terrain a été effectué en 1990.

Quatre feuilles ont été sélectionnées : West Isna, Isna, Wadi ar-Raddah et As-Sibaʿiyyah. Le tableau synoptique des feuilles est illustré dans la figure 3.

Les cartes sont projetées dans le système Mercator transverse, ellipsoïde Helmert 1906. Les coordonnées sont indiquées sous forme de coordonnées géographiques et métriques.

4 http://www.garmin.com/outdoor/.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Sur les cartes topographiques se trouvent des données concernant :

– l'altitude. L'équidistance des courbes est de 20 mètres. L'information supplémentaire pour l'altitude est donnée sous forme de point coté ;

– les voies de transport : routes, chemins de fer, etc ;

– l'habitation : surfaces bâties, constructions non agglomérées, mosquées, cimetières, etc ;

– les câbles haute tension et autres services ;

– l'hydrographie : rivières, lacs, nappes d'eau permanentes, sebkhas, ouadis, canaux (irrigation, drainage), etc ;

– la végétation : surface cultivée, plantations de palmiers, vergers, broussailles, zones herbacées, etc.

Carte géologique

Une carte géologique à échelle de 1 : 500 000, couvrant le carré d'Assouan, était disponible sous forme digitale. Cette carte a été publiée en 1978 par *The Ministry of Industry and Mineral Resources – The Egyptian Geological Survey and Mining Authorithy* en collaboration avec le *US Geological Survey*. La carte géologique est obtenue à partir d'une interprétation digitale des images Landsat Mss.

La carte est projetée dans le système Mercator transverse ; les coordonnées sont indiquées sous forme de coordonnées géographiques.

Cartes archéologiques

Deux cartes, dessinées et publiées par l'Ifao, sont disponibles pour le site d'Adaïma. Elles fournissent des informations sur le lieu même des découvertes archéologiques, ainsi que sur l'altitude avec un mètre de précision.

IMAGES SATELLITES

Télédétection : introduction

La télédétection (anglais : *Remote Sensing*) est une technique qui permet de collecter de l'information sur des objets à distance, sans contact direct entre le capteur et l'objet. La télédétection est liée à l'observation de la Terre par moyen de capteurs aéroportés, spatiaux, terrestres ou maritimes. Aussi, le traitement et l'analyse des images obtenues font partie des techniques de la télédétection.

En fonction de la nature de l'énergie utilisée, deux systèmes de télédétection peuvent être distingués :

– les systèmes actifs, enregistrant la radiation provenant d'une source artificielle. Un des capteurs actifs les mieux connus est le radar (*Radio Detection and Ranging* – détection et télémétrie par ondes radio) ;

– les systèmes passifs, enregistrant la radiation provenant d'une source naturelle, comme le soleil [fig. 4].

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Les images sélectionnées sont de ce dernier type.

Le soleil est la plus importante source naturelle d'énergie électromagnétique. Le spectre électromagnétique s'étend des longueurs d'ondes courtes (en outre les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio). Une partie du spectre électromagnétique est important pour l'homme. La lumière discernable par les yeux, dite « lumière visible », représente seulement une petite partie du spectre. Elle est constituée des longueurs d'onde suivantes : violet (0,4 - 0,446 µm), bleu (0,446 - 0,500 µm), vert (0,500 - 0,578 µm), jaune (0,578 - 0,592 µm), orange (0,592 - 0,620 µm) et rouge (0,620 - 0,7 µm).

La transmission de l'énergie à travers l'atmosphère est modifiée à cause de la présence de composants atmosphériques, comme la poussière, les molécules et particules [fig. 5]. L'atmosphère agit par absorption et diffusion.

Pour certaines parties du spectre, l'atmosphère réagit comme un filtre complet. Les fenêtres atmosphériques sont ces parties du spectre électromagnétique dans lesquelles l'atmosphère est (presque) transparente. L'absorption atmosphérique est fonction de la longueur d'onde. Les principaux éléments absorbants sont l'oxygène, l'ozone, la vapeur d'eau, le gaz carbonique et le méthane.

La diffusion atmosphérique correspond à l'action des molécules et particules (gouttelettes d'eau, poussières, fumées, etc.) sur les longueurs d'onde.

L'interaction de la lumière incidente avec les phénomènes terrestres se manifeste par réflexion, absorption et transmission.

La réflexion des rayons est fonction de la rugosité de la surface, de l'orientation de l'objet vers les rayons incidents et de la nature de l'objet, et s'exprime par un albédo. L'albédo est défini comme le rapport du rayonnement réfléchi par un objet au rayonnement total incident sur l'objet. Différents objets sont caractérisés par des albédos différents (tableau 2).

	Albédo
Sable fin	37
Sol noir, sec	14
Sol noir, humide	8
Neige, fraîche	86-95
Forêts de conifères	14
Forêts d'arbres feuillus	17
Blé	16-23
Désert arbustif	20-29

Tableau 2. Albédo de différents objets terrestres.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Les différents objets terrestres non seulement réfléchissent différentes quantités de lumière incidente, mais aussi différentes parties du spectre électromagnétique. Ce dernier phénomène est nommé signature spectrale. La figure 6 montre la signature spectrale de différents objets terrestres (l'eau, le sol nu et la végétation) ; les différentes longueurs d'ondes sont indiquées en abscisse et l'intensité du rayonnement électromagnétique réfléchi en ordonnée.

Cette figure nous montre que :

– l'eau est un milieu très absorbant pour toutes longueurs d'onde, l'absorption étant moins forte dans le cas d'eau trouble ;

– la quantité de la lumière réfléchie par le sol nu augmente à mesure que les longueurs d'onde grandissent. Cependant, l'humidité du sol a une grande influence sur la réflexion de la lumière. La quantité des rayons absorbée par le sol est en rapport avec le degré d'humidité : plus le sol est humide, plus de rayons sont absorbés. Les autres aspects qui influencent la réflexion de la lumière sont la texture, la rugosité, la quantité de matière organique, etc ;

– la signature spectrale de la végétation se caractérise par deux maxima de réflexion. La végétation réfléchit la lumière visible verte d'une manière modérée et est un milieu fortement réfléchissant pour la lumière proche infrarouge (0,8 - 1,1 µm). À cause de la présence de chlorophylle, la lumière visible rouge est absorbée par la végétation et est utilisée pour le processus de photosynthèse.

Landsat Thematic Mapper

Le programme Landsat était le premier programme civil pour l'observation de la terre par satellite. Le premier satellite (Landsat-1) a été mis en orbite en 1972.

Les satellites de cette première série étaient équipés de deux instruments optiques : un capteur multispectral (Mss [5] – *MultiSpectral Scanner*) et une série de caméras vidéo (Rbv – *Return Beam Vidicon*). Le capteur multispectral avait une résolution spectrale de quatre bandes (0,5 µm-1,1 µm) et une résolution spatiale de 78 m.

Deux satellites faisaient partie de la deuxième série Landsat : Landsat 4 et Landsat 5. La charge utile consistait en deux capteurs multispectraux : Mss et Thematic Mapper (TM [6]).

Le satellite Landsat 5 a été mis en orbite polaire héliosynchrone le 1er mars 1985, à une altitude de 705 km. La période de révolution est de 98,9 minutes et la durée d'un cycle est de 16 jours.

Une image TM de Landsat 5 est disponible pour le site d'Adaïma et ses environs, couvrant une surface de 185 × 185 km. Le capteur TM a une haute résolution spectrale ; l'information est collectée en sept bandes spectrales. Les caractéristiques des sept bandes spectrales se trouvent dans le tableau 3.

5 http ://edcwww.cr.usgs.gov/glis/hyper/guide/landsat.

6 http ://edcwww.cr.usgs.gov/glis/hyper/guide/landsat_tm.

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Bande	Portion du spectre électromagnétique	Étendue spectrale	Résolution spatiale
1	Bleu	0,45-0,52 µm	30 * 30 m
2	Vert	0,52-0,60 µm	30 * 30 m
3	Rouge	0,63-0,69 µm	30 * 30 m
4	Proche infrarouge	0,76-0,90 µm	30 * 30 m
5	Moyen infrarouge	1,55-1,75 µm	30 * 30 m
6	Infrarouge thermale	10,4-12,5 µm	120 * 120 m
7	Moyen Infrarouge	2,08-2,35 µm	30 * 30 m

Tabl. 3. Marques distinctives spectrales et spatiales pour les différentes bandes de Landsat Thematic Mapper.

La troisième série des satellites Landsat est chargée d'un capteur Etm + [7] (*Enhanced Thematic Mapper plus*), avec une bande panchromatique (0,50–0,90 µm) à haute résolution (15 m).

L'image retenue (colonne/ligne : 175/042) date du 25 janvier 1987.

L'aspect multispectral du capteur TM est illustré dans la figure 7. Cette figure montre chaque bande spectrale (bande 1 à 7) pour une bande étroite de l'image couvrant le site d'Adaïma. Cette bande a une largeur de 100 pixels (25 pixels pour la bande thermale – bande 6) et 400 pixels de longueur (100 pixels pour la bande 6).

En utilisant les trois couleurs primaires, différentes bandes spectrales peuvent être combinées en une composition colorée.

Le composite fausses couleurs (Fcc – *False Colour Composite*) s'obtient en visualisant la bande TM4 (proche infrarouge) en rouge, la bande TM3 (rouge) en vert et la bande TM2 (vert) en bleu.

Un exemple d'image composite fausses couleurs pour Adaïma et ses environs se trouve dans la figure 8a. La bande rouge traversant l'image indique la vallée du Nil où se trouve une végétation très dense. La couleur rouge, représentant la végétation, peut être expliquée par le fait qu'une végétation florissante se caractérise par une réflexion haute de la lumière verte et une réflexion forte de la lumière proche infrarouge, tandis que la lumière rouge est absorbée pour le processus de photosynthèse.

La figure 8b montre un autre exemple de composition colorée (vraies couleurs). Les couleurs attribuées correspondent aux intervalles du spectre des bandes utilisées : le bleu est attribué à la bande TM1 (bleu), le vert à la bande TM2 (vert) et le rouge est attribué à la bande TM3 (rouge).

La végétation dense se trouvant le long du Nil est représentée par des couleurs vertes. Les différences en couleurs et en tonalités sont dues aux différences en type de végétation et en densité. Les tâches blanches-jaunâtres dans la vallée du Nil correspondent aux champs dépourvus de végétation.

7 http://landsat.gsfc.nasa.gov/project/satellite.html.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Corona

Le programme satellitaire Corona, d'origine américaine (1959), produit des images disponibles pour le public depuis 1995 [8].

Les satellites de reconnaissance Corona furent placés en orbite quasi polaire, à une altitude d'environ 150 km. Les missions prenaient plusieurs journées ; à la fin de chaque mission, les images étaient placées dans un véhicule de récupération. Dès que celui-ci pénétrait l'atmosphère, un parachute se déployait à une altitude de 18 km. Le véhicule était ensuite intercepté par un avion.

La charge utile du système Corona consistait en deux caméras, orientables en différentes directions : avant (*forward*) et arrière (*afterward*). L'angle entre les deux caméras est de 30 degrés, permettant ainsi une couverture stéréoscopique.

Dix images ont été sélectionnées pour le site d'Adaïma et ses environs. Les particularités de Corona sont reprises dans le tableau 4.

	KH-4B
Type de film	Panchromatique
Largeur du film	70 mm
Format du négatif	5,54 * 76,69 cm
Distance focale	60,69 cm
Meilleure résolution du film	160 lignes/mm
Meilleure résolution sur le terrain	1,83 m
Altitude de vol	150 km
Échelle du film	1 : 247 500
La surface observée	14 * 188 km

Tableau 4. Particularités des données de Corona.

Les images sont disponibles sous forme de négatifs qui peuvent être traités dans une chambre noire. Les images sont élargies à échelle de 1 : 50 000, sur papier Ilford (n° 1), avec un diaphragme de 11 et un temps d'exposition de 5 minutes pour la vallée et 19 minutes pour le désert.

8 La commande des images Corona se fait sur Internet pour le prix de 18 USD par image (http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/).

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Aster

Aster [9] est un capteur à bord du satellite Terra, qui fait partie du système d'observation de la Terre (Eos, *Earth Observation System*) de la Nasa. Ce satellite fut lancé avec succès le 18 décembre 1999 et placé sur une orbite héliosynchrone du matin (passage à l'équateur à 10h 30 heure locale [nœud descendant], à 705 km d'altitude).

Aster (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) est un radiomètre imageur, qui permet d'obtenir des images de la terre à haute résolution dans les domaines du rayonnement visible, proche et moyen infrarouge, et infrarouge thermique. Aster est équipé avec trois sous-systèmes distincts : Vnir (0,52 - 0,60 µm, 0,63 - 0,69 µm, et 0,78 - 0,86 µm à 15 mètres de résolution sur 60 km de champ), Swir (30 mètres de résolution, 60 km de champ, six bandes dans le moyen infrarouge (1,6 - 1,7 µm, 2,145 - 2,185 µm, 2,185 - 2,225 µm, 2,235 - 2,285 µm, 2,295 - 2,365 µm, 2,360 - 2,430 µm), TIR (90 mètres de résolution, 60 km de champ, 5 canaux dans l'infrarouge thermique : 8,125 - 8,475 µm, 8,475 - 8,825 µm, 8,925 - 9,275 µm, 10,25 - 10,95 µm, 10,95 - 11,65 µm).

L'avantage des images Aster est entre autres la capacité de générer des modèles numériques de terrain. Pour la bande 3 (Vnir : 0,78 - 0,86 µm), le système est équipé de deux télescopes orientables latéralement, observant en arrière et au nadir. La prise de vue sous différentes angles permet donc de visualiser le terrain en trois dimensions. Cette possibilité est illustrée dans la figure 9. Les images stéréo couvrent la même région (site d'Adaïma).

Couches d'information pour Sigad s.l.

TOPOGRAPHIE

Un modèle numérique de terrain (Mnt) représente, sous forme digitale, l'altitude du terrain (le relief). Un Mnt peut être composé de différentes manières : entités vectorielles ponctuelles (points cotés), linéaires (courbes de niveau), de surfaces (facettes) ou bien une représentation en matrice.

Pour les environs d'Adaïma, un Mnt a été crée en format matriciel, composé de cellules, chacune représentant l'altitude pour un point correspondant sur le terrain.

Les documents de base pour cette couche thématique sont les cartes topographiques à échelle 1 : 50 000. Ces documents analogues doivent être transformés en format digital. Une des possibilités est de digitaliser l'information nécessaire en utilisant une table à numériser.

La digitalisation est effectuée pour les courbes de niveau à équidistance de 100 mètres ; dans les zones plates, des courbes de niveau additionnelles (équidistance de 20 mètres) sont ajoutées. L'information pour l'altitude est complétée avec les points cotés ; 1 482 points sont ajoutés par digitalisation. Après la digitalisation des courbes de niveau et des points cotés, chaque élément est codé en correspondance avec l'altitude représentée.

9 http://asterweb.jpl.nasa.gov/.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Dès que la digitalisation est terminée, le fichier en vecteur est transformé sous forme matricielle, les pixels ayant une dimension de 30 × 30 mètres en correspondance avec la résolution de l'image Landsat. Cette transformation est effectuée pour le fichier portant les éléments linéaires (courbes de niveau) et pour le fichier indiquant les points cotés. La combinaison de ces deux fichiers donne le fichier en matrice qui est soumis à une interpolation. Cette manipulation reconstitue une grandeur continue (altitude) à partir d'un ensemble discret (courbes de niveau, points cotés) de ces valeurs.

La méthode d'interpolation utilisée est linéaire (Ilwis).

L'altitude pour la région d'Adaïma varie entre 76 mètres (vallée du Nil) et 681 mètres (crête adjacente au Ouadi Abu Jarawil, coin nord-est).

Afin d'augmenter la lisibilité de la carte, l'altitude est représentée en classes. Neuf classes sont distinguées [fig. 10A].

PENTE ET ORIENTATION

L'avantage des Mnt sous forme matricielle est la possibilité d'extraire des informations supplémentaires, comme la carte des pentes, l'orientation des pentes, les cartes géomorphologiques générales, les cartes hydrographiques, etc. Ces dernières sont obtenues à partir du Mnt par des calculs sur chaque cellule. Ce traitement consiste à balayer l'image par un kernel ou fenêtre d'analyse de taille finie (3 × 3, 5 × 5) (Burrough, 1986). Dans le cas d'Adaïma, une fenêtre de taille 3 × 3 a été utilisée.

Le relief comporte deux éléments : la pente (*gradient*) et l'orientation (*aspect*). La pente est calculée par le changement maximal d'altitude et l'orientation correspond à la direction de la boussole dans le sens du gradient (Burrough, 1986).

La carte de pente (en %) est illustrée dans la figure 10B.

OMBRAGE DU RELIEF

Les Mnt fournissent les données de base pour générer un ombrage du relief qui visualise les altitudes relatives. La figure 10C illustre l'ombrage du relief pour les environs d'Adaïma.

VUES EN 3 D

Une autre application des Mnt est de créer un bloc-diagramme ou une vue en trois dimensions. De telles représentations sont très utiles pour avoir une idée générale du relief et pour visualiser le paysage. Afin d'accentuer la topographie, la dimension verticale est exagérée. Quelques informations supplémentaires, telles que la carte des pentes, la lithologie, la végétation, etc. peuvent être drapées sur la vue en 3 D.

Deux exemples sont donnés pour les environs d'Adaïma [fig. 11]. Les détails des vues se trouvent au-dessous des figures.

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

GÉOLOGIE

L'information de la couche géologique est obtenue par la digitalisation de la carte géologique (échelle 1 : 500 000).

Après la digitalisation des limites des unités géologiques, sous forme de segments, des polygones sont créés. Chaque polygone porte un attribut qui correspond à la formation géologique représentée. Ensuite, le fichier en vecteur (polygones) est transformé en matrice avec la même résolution et les mêmes dimensions (colonnes, lignes) que le Mnt.

Dans la zone sélectionnée, sept unités géologiques sont présentes [fig. 12] :

Q	Quaternaire	Dépôts de tracés anciens du Nil dans les environs de la vallée du Nil, composés de sédiments de playas graveleux et argileux, et terrains superficiels.
Tpl	Pliocène	Dépôts non marins lacustres dans la vallée du Nil et dans les régions avoisinantes.
Tel	Eocène ancien	Calcaire à concrétions de silex (*Thebes Formation*), contient également la partie supérieure du *Esna Shale* sous-jacent.
Tp	Paléocène	Schistes et marnes dans la partie supérieure du *Dakhla Formation*, et la partie inférieure du *Esna Shale* dans la vallée du Nil.
Kda	Crétacé	*Dakhla Formation :* Maestrichtien ; schistes, marnes et calcaire.
Kdu	Crétacé	*Duwi (Phosphate) Formation :* Campanien à Maestrichtien ; alternance de phosphates, schistes, calcaire marneux et calcaire à huîtres.
Kn	Crétacé	*Nubia group :* Campanien ou plus ancien ; grès du *Taref Sandstone* et schistes bariolés du *Quseir Variegated Shale*.

PRODUITS DÉRIVÉS DES IMAGES SATELLITES

Correction géométrique

Les images acquises par les systèmes d'observation de la Terre comportent une déformation géométrique. Cette déformation est due principalement à la rotation de la Terre, aux erreurs de positionnement du satellite dans l'orbite, à l'enregistrement de l'image en oblique, etc.

Les fournisseurs d'images (Landsat, Aster, etc.) proposent d'appliquer les corrections les plus élémentaires, en se basant sur les informations connues du satellite. Pour améliorer la précision des corrections, et pour positionner l'image dans un système de coordonnées, un certain nombre de points de repère doit être identifié sur le terrain (par Gps) ou sur carte topographique. Ce processus de géoréférencement consiste donc à établir une relation entre des coordonnées d'image (colonne, ligne) et des coordonnées spatiales (géographiques, métriques).

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

La projection des images satellites (Landsat TM, Corona, Aster) est inconnue. La transformation des images dans une projection est faite en utilisant une rectification polynômiale.

La méthode suivie pour le géoréférencement est décrite ci-dessous. Les cartes topographiques sont utilisées comme document de référence. On procède successivement à :

– la comparaison de l'image satellite avec la carte topographique, afin de trouver des éléments de terrains communs, comme les routes, carrefours, canaux, etc. Dans le cas des images Corona, puisque les points de repère sont relativement rares dans le désert, une seule image couvrant la vallée du Nil est comparée avec la carte topographique. Ensuite, l'image du désert a été comparée avec l'image corrigée de la vallée pour trouver des points communs ;

– la sélection des points de repère sur les différents documents. Ces points sont les points de contrôle de terrain (Gcp : *Ground Control Point*) ;

– la digitalisation des points de repère sur les cartes topographiques pour définir leurs coordonnées ;

– l'indication des points de repère sur les images satellites en mode manuel ;

– le choix de la méthode de transformation : deuxième degré

- ré-échantillonnage : proche voisin,
- rectification : polynômial,
- ordre polynômial : quadratique ;

– l'exécution de la correction géométrique pour les images avec une résolution de 30 mètres pour les images Landsat TM, 15 mètres pour l'image Aster, et une résolution de 10 mètres pour les images Corona.

Une liste des points de repère pour la transformation géometrique de l'image Landsat TM se trouve dans le tableau 5.

Point de repère		Cellule X	Cellule Y	Coordonnées égyptiennes X	Coordonnées égyptiennes Y	Rmc
1		2073,664	1546,253	7812030	2783440	0,2640
2		2145,576	1513,966	7833680	2789500	0,2300
3		2359,111	1693,978	7886160	2729410	0,3328
4		1952,403	1457,264	7781710	2814030	1,0107
5	Non	1737,950	1401,464	7724020	2838600	2,3976
6		1694,612	1172,202	7721140	2905470	0,4783
7		1610,453	1061,619	7702020	2940220	0,2226
8		1608,618	1228,789	7694320	2892830	0,9756
9		1431,500	662,000	7668080	3060770	0,1054
10	Non	1523,681	983,804	7681140	2965490	2,1941
11		1831,081	1308,147	7753800	2861070	0,1708

Tableau 5. Points de repère pour le géoréférencement de l'image Landsat TM. (à continuer).

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Point de repère		Cellule X	Cellule Y	Coordonnées égyptiennes X	Coordonnées égyptiennes Y	Rmc
12		1736,483	1090,604	7736030	2926690	1,2745
13		1672,642	1184,562	7714380	2902780	0,3676
14		633,000	1057,000	7426010	2984200	0,3106
15		1086,935	1637,335	7528870	2800410	0,6309
16		2227,743	685,743	7892660	3019960	0,1898

Tableau 5. (Suite). Points de repère pour le géoréférencement de l'image Landsat TM.

16 points ont été sélectionnés et indiqués sur l'image ; seulement 14 ont été utilisés pour la correction géométrique. La racine moyenne carrée (Rmc) est de 0,469 (exprimée en pixels).

Informations dérivées

– La combinaison des images

La correction géométrique des deux images Corona (l'une mettant l'accent sur la vallée du Nil, et l'autre sur le désert) permet de combiner ces deux images. Les images Corona ont été ré-échantillonnées dans une grille de même taille (résolution de 10 mètres), ayant un même nombre de lignes et de colonnes.

La composition des images est illustrée dans la figure 13. Les images du haut représentent les images géoréférencées ; l'image du bas est l'image composée. L'information sur le désert est prise de l'image de gauche et l'image de droite a fourni l'information sur la vallée du Nil.

– L'analyse multibande

L'aspect multi-spectral des images satellites permet de combiner différentes bandes spectrales, comme proportion ou de classer les images dans un sens supervisé ou non-supervisé.

La classification non-supervisée correspond au regroupement de données d'images numériques, par traitement informatique, uniquement basé sur les statistiques d'images sans faire appel à un échantillonnage d'entraînement. Après la classification, les différents groupes spectraux doivent être déterminés en terme de phénomènes de terrain.

La classification supervisée est basée sur l'identification des zones d'entraînement, donc d'une connaissance a priori de la nature d'un phénomène terrestre et sur le pouvoir de le localiser d'une manière précise sur l'image. Cette information peut être obtenue sur le terrain par analyse des photographies aériennes, ou par d'autres sources d'information. L'identification des zones d'entraînement fournit les données statistiques pour chaque classe entraînée. À partir de ces données, le reste de l'image sera classé.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

La combinaison de différentes bandes spectrales peut être faite sous forme d'un indice de végétation. Ce calcul comprend une réduction de mesures multispectrales afin d'évaluer les caractéristiques de la végétation présente. L'indice de végétation le plus simple (VI - *Vegetation Index*) est obtenu par la formule

$$VI = \frac{IR}{R}$$

avec : IR = réflexion de la lumière proche infrarouge
R = réflexion de la lumière rouge.

Un autre indice de végétation est l'indice de végétation par différence normalisée (Ivdn - anglais : Ndvi-*Normalised Difference Vegetation Index*). La formule pour cet indice est

$$IVDN = \frac{IR - R}{IR + R}$$

Les valeurs du Ivdn varie entre –1 et +1. Les zones ayant une couverture végétale dense seront représentées par des hautes valeurs.

L'image Ivdn pour Adaïma et ses environs se trouve à la figure 14. Cette image est le résultat du calcul

$$\left[\left(\frac{IR - R}{IR + R} \right) \times 128 \right] + 128$$

Les valeurs inférieures à 128 représentent les zones ou la couverture végétale est absente (eau, sol nu, etc.) ; les zones de végétation verte et dense – donc caractérisées par la présence d'une matière active à photosynthèse – sont indiquées par des valeurs supérieures à 128. La densité de la couverture végétale oscille entre des valeurs très faibles (près de 128) et très denses (hautes valeurs). Les taches irrégulières dans la vallée du Nil ont un Ivdn de moins de 128 et correspondent aux petits villages et hameaux.

– Cartes de proximité

Il est essentiel pour comprendre la situation du site archéologique d'Adaïma de connaître la proximité de certains phénomènes par rapport au site ; ainsi, par exemple, les zones ayant pu fournir du silex pour la fabrication d'outils.

Cette information peut être obtenue par une traitement de données consistant à calculer la distance entre chaque cellule (pixel) de la matrice et les cellules de source potentielle. Dans ce calcul, des poids sont attribués en fonction de la difficulté qu'il y a à traverser certains obstacles du terrain. L'introduction des poids donne une idée de l'accessibilité ou du temps nécessaire pour parcourir certaines zones.

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

L'information de base pour cette recherche est la localisation du site (point de source). Quatre coefficients ont été introduits pour le Nil (1 : pas de résistance ; 10, 25, et 50 : forte résistance). Ces poids indiquent les difficultés que les habitants prédynastiques du site pouvaient avoir rencontrées à la recherche du silex en traversant le fleuve. La figure 15 (A à D) fournit les quatre cartes de proximité.

Les formations géologiques déposées dans des milieux marins profonds qui peuvent contenir des niveaux à silex *in situ*, sont les suivantes :

– dans le Crétacé :

– le **Kn**-*Nubia Group* : Campanien ou plus ancien (grès du *Taref Sandstone* et schistes bariolés du *Quseir Variegated Shale*),

– le **Kdu**-*Duwi (Phosphate) Formation :* Campanien à Maestrichtien (alternance de phosphates, schistes, calcaire marneux et calcaire à huîtres),

– le **Kda**-*Dakhla Formation :* Maestrichtien (schistes, marnes et calcaire),

– Le **Ku**-Crétacé Supérieur non-différencié (contient des produits clastiques provenant du Kdu et du Kd).

– dans le Tertiaire :

– Le **Tel**-*Thebes Formation :* calcaire à concrétions de silex (contient également la partie supérieure du *Esna Shale* sous-jacent).

Chaque calcul de proximité fournit les mêmes valeurs de distance pour les formations à silex sur la rive gauche puisque le site d'Adaïma se trouve sur la même rive. Les différences en distance sont seulement perceptibles pour la rive droite. Les différences d'accessibilité ou de temps de parcours sont reprises dans la figure 16. La distance entre le site d'Adaïma et les unités géologiques à silex s'agrandit de manière rapide en accord avec coefficient du Nil ? La valeur maximale qu'on peut obtenir avec le logiciel Ilwis (programme Distance) est de 32 767 (mètres) ; cette valeur représente les zones *inaccessibles*.

La localisation des unités à silex, en combinaison avec la carte de proximité (coefficient 50) est représentée dans la figure 17. Les affleurements les plus proches se trouvent au sud-est du site. Cependant, ces affleurements ont une dimension très limitée. Les sources de silex plus étendues et donc plus importantes se trouvent à une distance d'environ 15,9 km vers l'ouest et sur la rive droite, à une distance de 3,6 km (coefficient 1) à 23,5 km (coefficient 50). Les différences de distance désignent des degrés de difficulté pour traverser le Nil. Il est évident que ce modèle est trop simplifié car il ne tient pas compte de l'importance que les Prédynastiques attribuaient au silex d'une certaine qualité (par exemple le silex de teint rose). Il va de soi qu'un archéologue/lithicien pourrait affiner ce modèle en introduisant des variables d'une telle nature.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Couches d'information pour Sigad s.s.

TOPOGRAPHIE

Un modèle numérique de terrain a été créé pour le site même d'Adaïma [fig. 18]. L'information concernant l'altitude est reprise des cartes archéologiques (équidistance de 1 mètre) en ajoutant des points d'altitude mesurés par station totale et reparties sur la surface du site. Au total, 550 points ont été ajoutés afin de compléter l'information nécessaire pour la production du modèle numérique de terrain. Après digitalisation, le fichier vectoriel a été transformé en fichier matriciel, avec une résolution de cinq mètres. Le Mnt est généré par interpolation à partir des courbes de niveau et des points d'altitude.

DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES

Le Sig pour le site d'Adaïma comporte aussi les résultats de l'investigation archéologique de terrain. Dans le cadre de cet article, un exemple est donné pour l'habitat du secteur des limons (Midant-Reynes, 2000). Ce secteur est divisé en carrés de dix sur dix mètres, fouillé depuis 1997. La répartition des carrés est illustrée dans la figure 19. Chaque carré a son propre code de référence (par exemple ligne/colonne : 1050/13).

Après la digitalisation des quatre coins des carrés, on a créé des polygones – chacun portant son code de référence. Ce code est important car il représente le lien entre les différents tableaux d'information sur les carrés.

La combinaison de données spatiales avec les données sous forme tabulaire est une des opérations cruciales dans un Sig. Les tableaux de données ne peuvent être liés aux tableaux d'attributs que si un champ de valeurs est commun aux deux tableaux.

Dans le tableau de données, l'information concernant la distribution spatiale des moules à pain (Nagada IIIB-C1) est inclus, comme le pourcentage des moules par rapport au nombre total des tessons. Ce pourcentage varie entre 5,08 % et 58,6 %.

Un extrait du tableau de données est repris dans le tableau 6.

Tableau 6. Extrait du tableau de données pour l'habitat du secteur des limons (Midant-Reynes B., 2000).

Carrés	Moules	Vases à cuire C3	Carrés	Moules	Vases à cuire C3	Carrés	Moules	Vases à cuire C3
1020/17	41,90	5,2	1050/15	23,70	2,6	1060/13	38,10	10,5
1030/17	31,20	7,4	1050/16	22,80	3,3	1060/14	33,70	1,6
1040/15	25,40	6,2	1050/17	58,20	2,2	1060/17	22,80	3,0
1040/16	25,40	8,9	1050/18	39,10	2,5	1060/25	18,30	4,1
1040/17	58,60	5,5	1050/19	34,50	0,5	1070/13	41,00	2,2
1050/11	5,08	5,1	1050/20	36,40	3,9	1070/24	19,80	3,2
1050/13	14,70	8,9	1060/11	Nd	Nd	1080/13	32,40	1,3
1050/14	25,30	2,9	1060/12	28,20	6,8	1080/22	26,50	1,3
			Nd : pas de données			1090/13	15,30	0,6

Quatre classes de densité sont discernées : 5-15 %, 15-30 %, 30-45 % et 45-60 % [fig. 19].

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Conclusion

Les nouvelles techniques géographiques, dont la télédétection et les systèmes d'information géographiques, offrent de grandes possibilités pour la recherche archéologique. L'application de ces techniques permet de compléter l'approche archéologique traditionnelle avec des méthodes nouvelles qui non seulement placent le site archéologique dans un cadre plus large, mais aussi fournissent des réponses aux problématiques géo-archéologiques. Des données non seulement de nature archéologique-historique, mais aussi de nature géographique-géomorphologique-géologique fournissent l'information nécessaire pour la construction d'une base de données spatiales.

La vaste gamme des capteurs spatiaux engendre une source considérable d'informations sur la Terre. Cette information est caractérisée par son aspect multidimensionnel : multisource, multiéchelle, multialtitude, multitemporel et multi-bande. En raison du caractère synoptique des images satellites, l'étude de la relation entre le site archéologique et ses environs est facilitée et une approche holistique géo-archéologique devient possible.

Il est cependant nécessaire de tenir compte du fait que les Sig sont très sensibles aux erreurs et incertitudes, notamment :

– l'âge des données, l'échelle des cartes et la densité des observations ;

– la qualité des mesures, comme la précision des mesures par Gps, ou la qualité du scanning ou de la digitalisation manuelle ;

– les procédures automatiques avec les limitations des logiciels ;

– etc.

Il est donc essentiel de rester attentif à la qualité des données et des observations et de formuler les conclusions avec la prudence qui s'impose.

Références

BURROUGH (P.A.), 1986, *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assesment*, *Monographs on Soil and Resources Survey* 12, Oxford.

CRUBÉZY (É.), JANIN (Th.), MIDANT-REYNES (B.), 2002, *Adaïma* II. *La nécropole prédynastique*, *FIFAO* 47, Le Caire.

EODESK, 2000, *BEO – Belgian Earth Observation – educatief-éducatif-educative* (CD-Rom), Bruxelles, SSTC.

ESA, 2002, *What is Galileo ?* Dernier changement : 11/03/02, visité : 18/03/02 : http://www.esa.int/export/esaSA/GGGMX650NDC_navigation_0.html.

LAURINI (R.), Milleret-Raffort (F.), 1993, Les *bases de données en géomatique. Traité des Nouvelles Technologies, série Géomatique*. Paris.

LILLESAND (T.M.), Kiefer (R.W.), 1979, *Remote sensing and image interpretation*, New York.

MIDANT-REYNES (B.), 2000, *Le site prédynastique d'Adaima. Rapport de la 12e campagne de fouille. La campagne de fouilles 2000* (rapport interne).

MIDANT-REYNES (B.), BUCHEZ (N.), 2002, *Adaïma* I. *Économie et habitat*, *FIFAO* 45, Le Caire.

MIDANT-REYNES (B.), CRUBÉZY (É.), 2001, dans *Historia thématique* 69, janvier-février 2001, p. 60-63.

MIDANT-REYNES (B.), CRUBÉZY (É.), BUCHEZ (N.), JANIN (Th.), 2001. *El Adaïma, un site prédynastique de Haute-Egypte*. Site visité : 21/11/01 : www.france.diplomatie.gouv.fr/culture/france/archeologie/ind_el_adaima.html.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

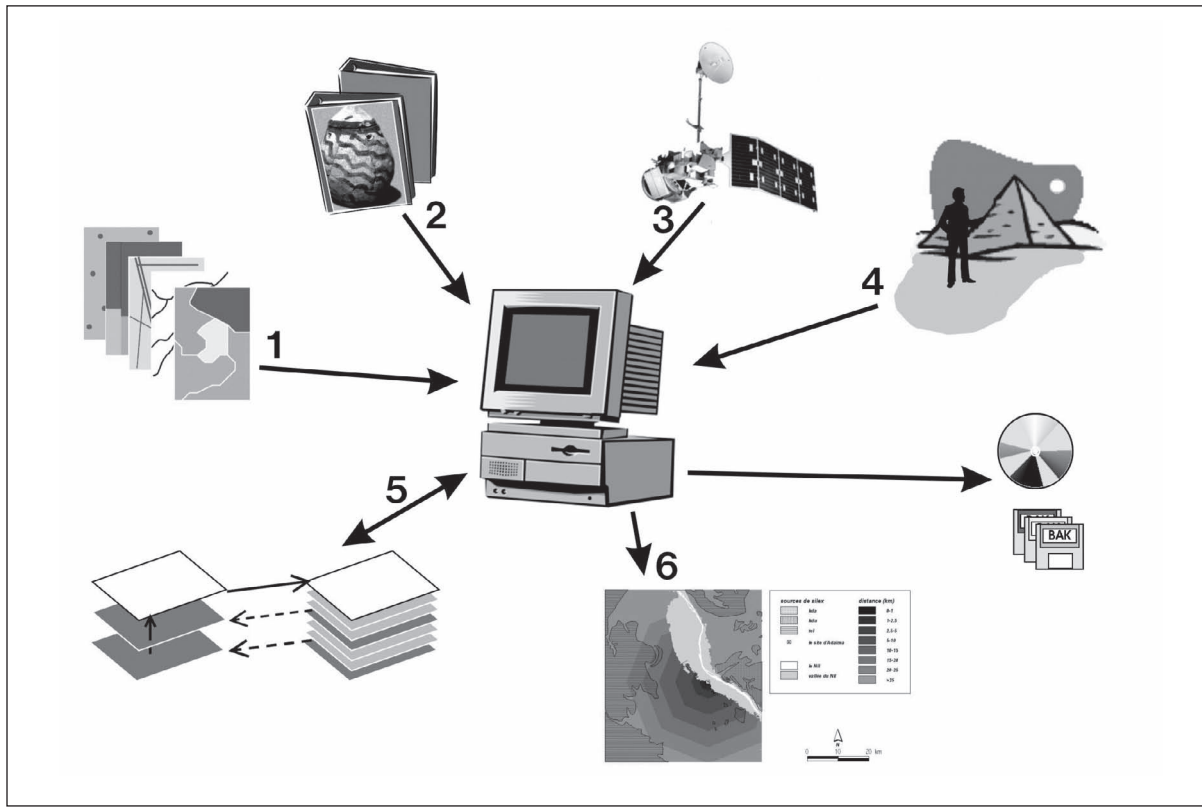


Fig. 1. Le système d'information géographique.

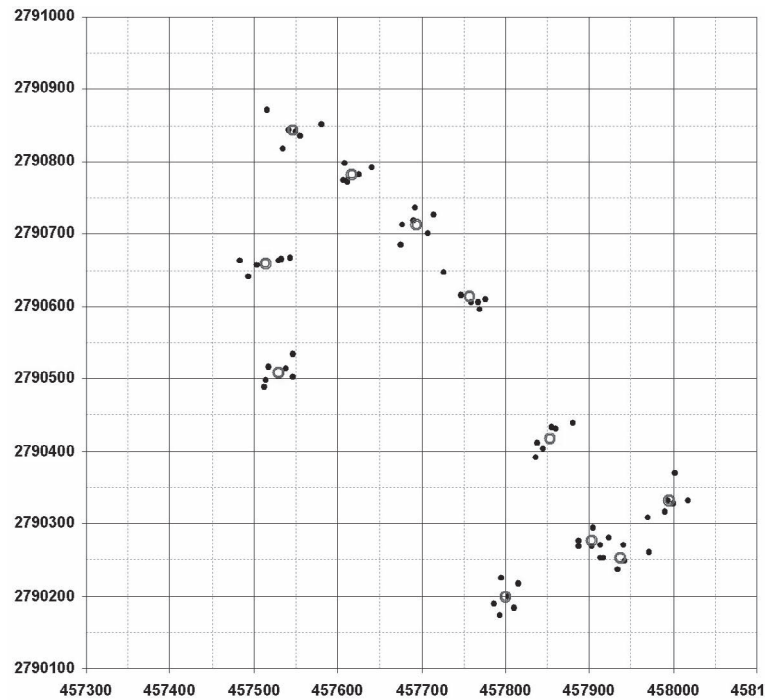


Fig. 2. La position des points de repère dans le système UTM.

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

West Isna NG 36 F2d	Isna NG 36 F3c
Wadi ar-Raddah NG 36 F2b	As-Sibaʿiyyah NG 36 F3a

Fig. 3.
Les cartes topographiques.

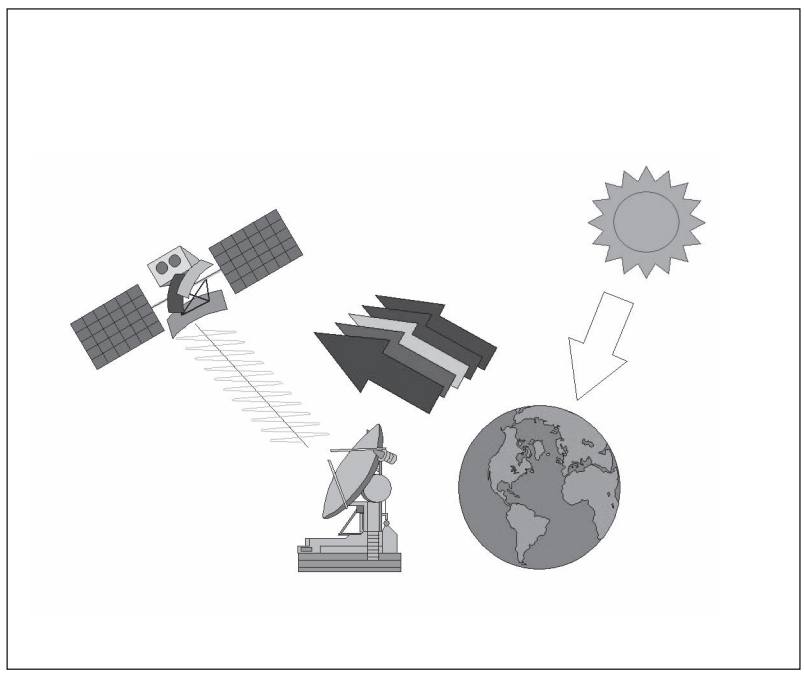
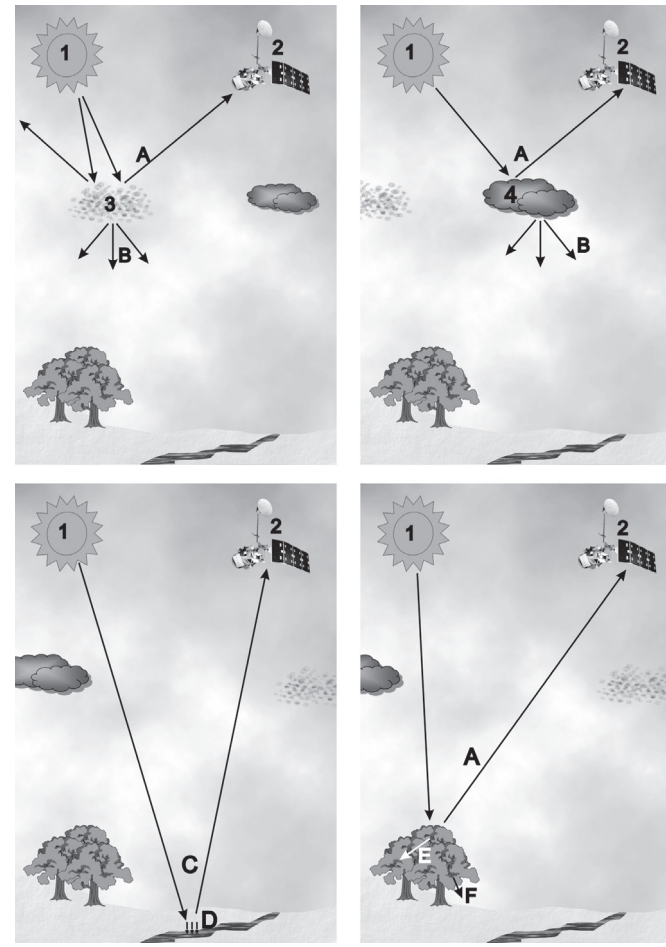


Fig. 4.
Le système de télédétection passif.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Fig. 5.
L'interaction de la lumière incidente avec les composants atmosphériques et les phénomènes terrestres (d'après EODESK, 2000).

1. Source de lumière, le soleil.
2. Capteur.
3. Concentration de poussière.
4. Nuage, A. Rayonnement réfléchi dans l'atmosphère, B. Rayonnement diffus, C. Rayonnement direct, D–E. Rayonnement absorbé, F. Rayonnement transmis.



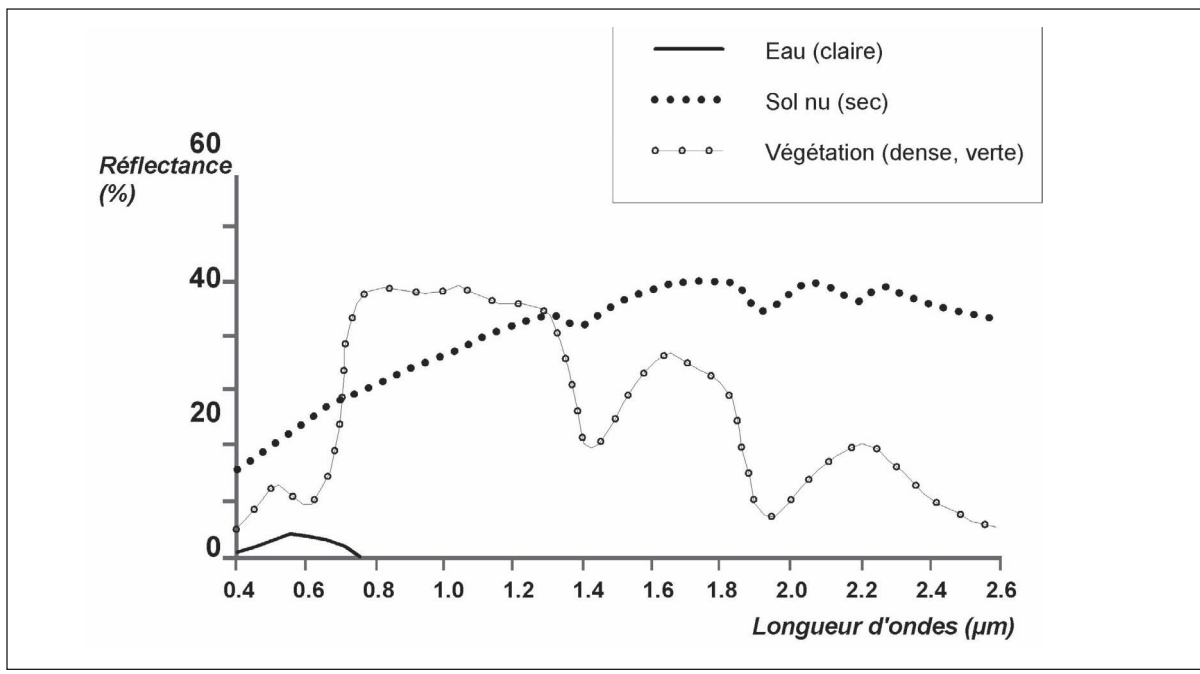


Fig. 6. Signature spectrale de quelques phénomènes terrestres (d'après Lillesand & Kiefer, 1979).

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

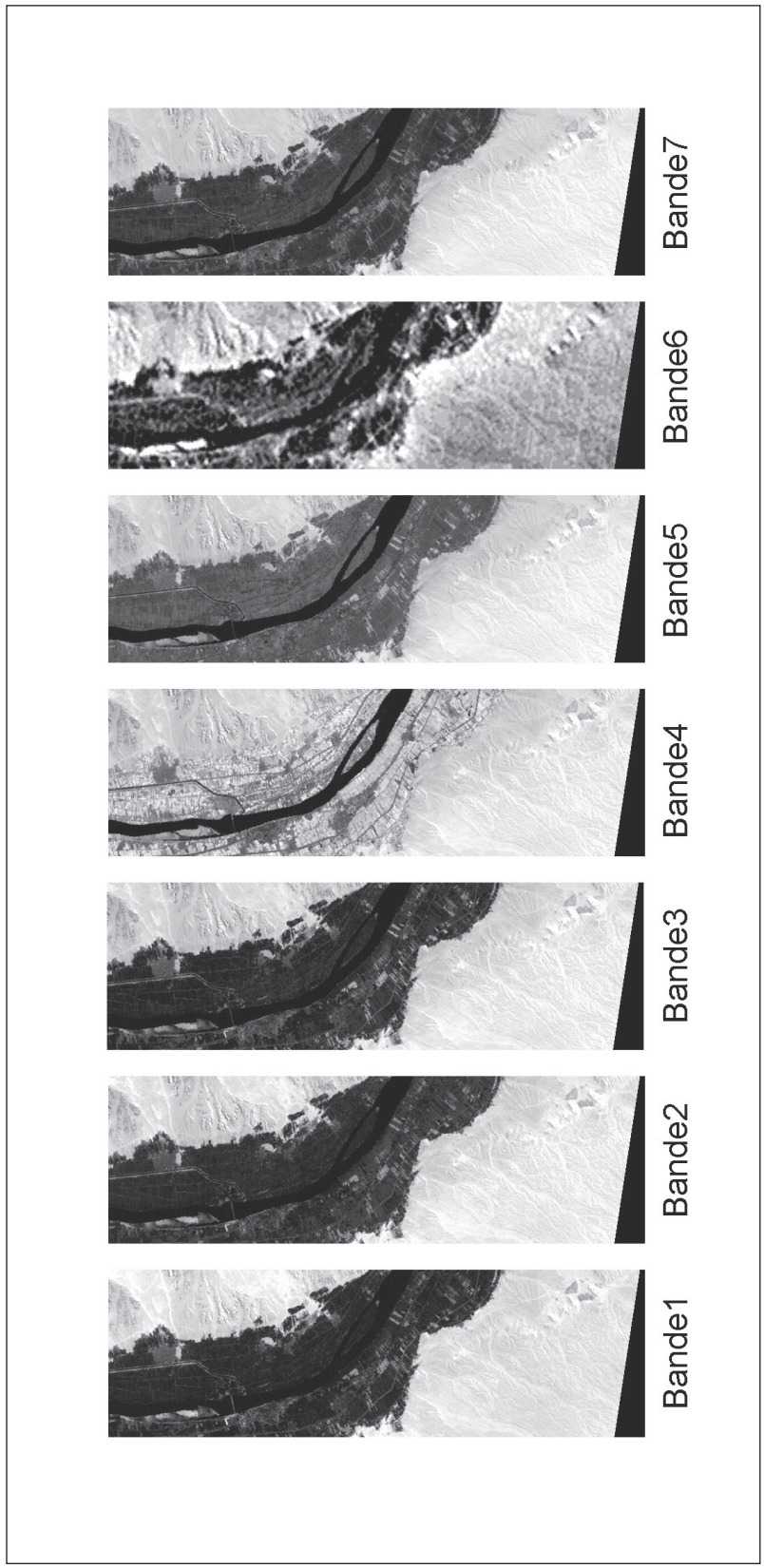


Fig. 7.
L'aspect multispectral du capteur Thematic Mapper.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

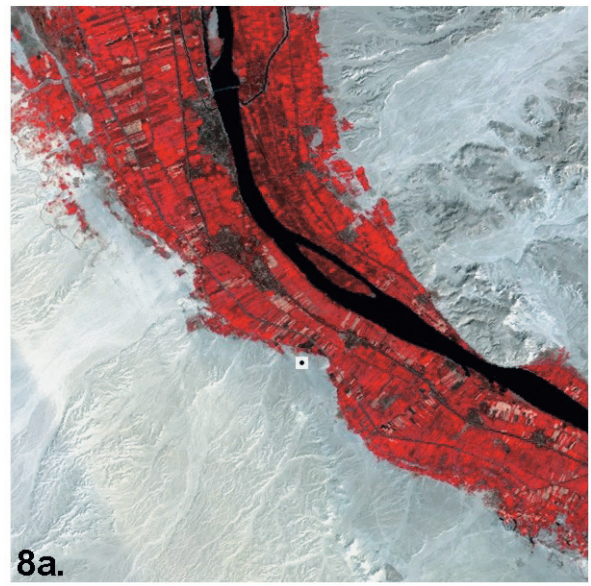




Fig. 8. Les images composées (8b : image fausses couleurs, 8b : image vraies couleurs).

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

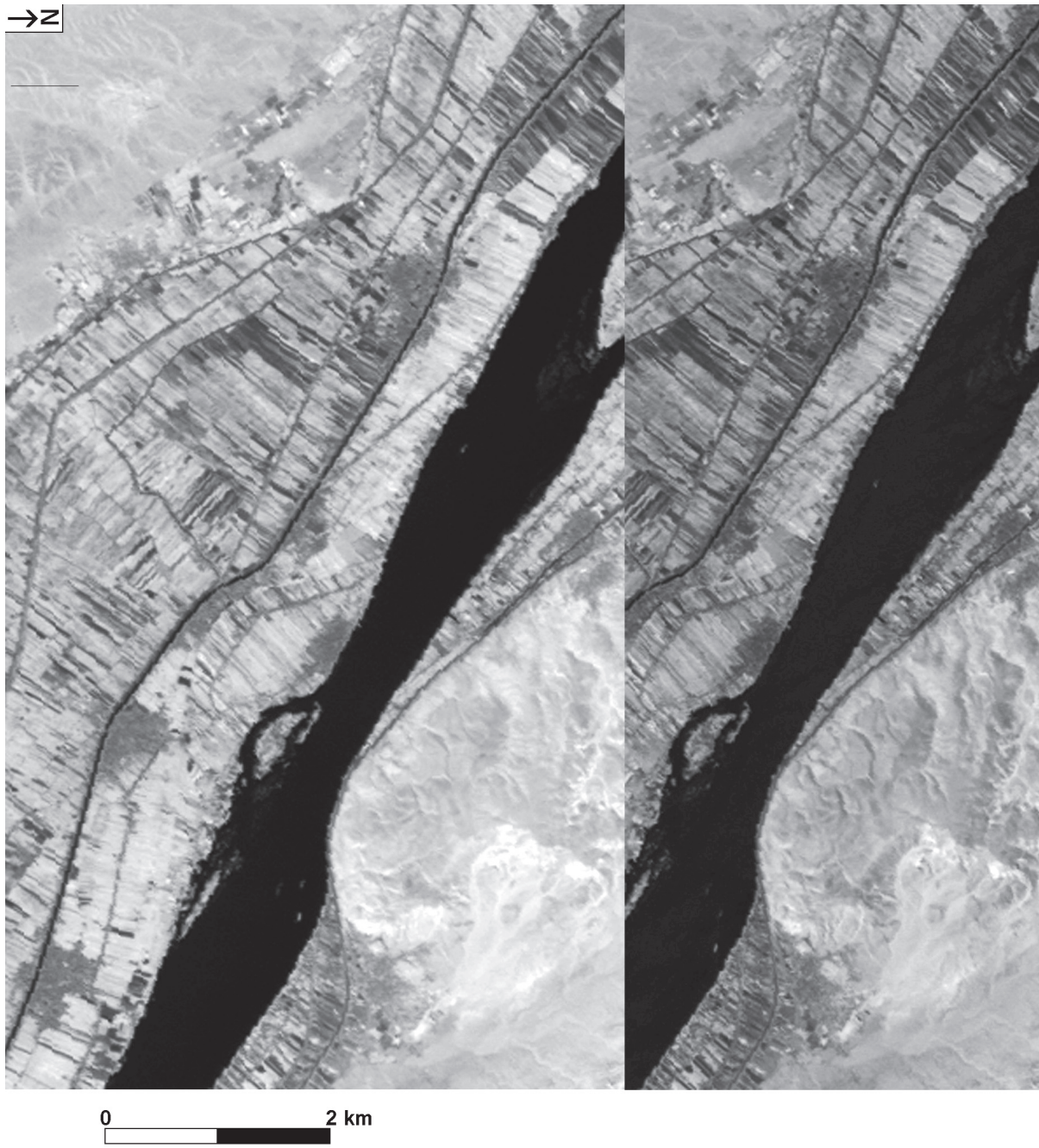


Fig. 9. Couple stéréoscopique d'images Aster. (L'image en relief doit être observée avec un stéréoscope de poche).

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

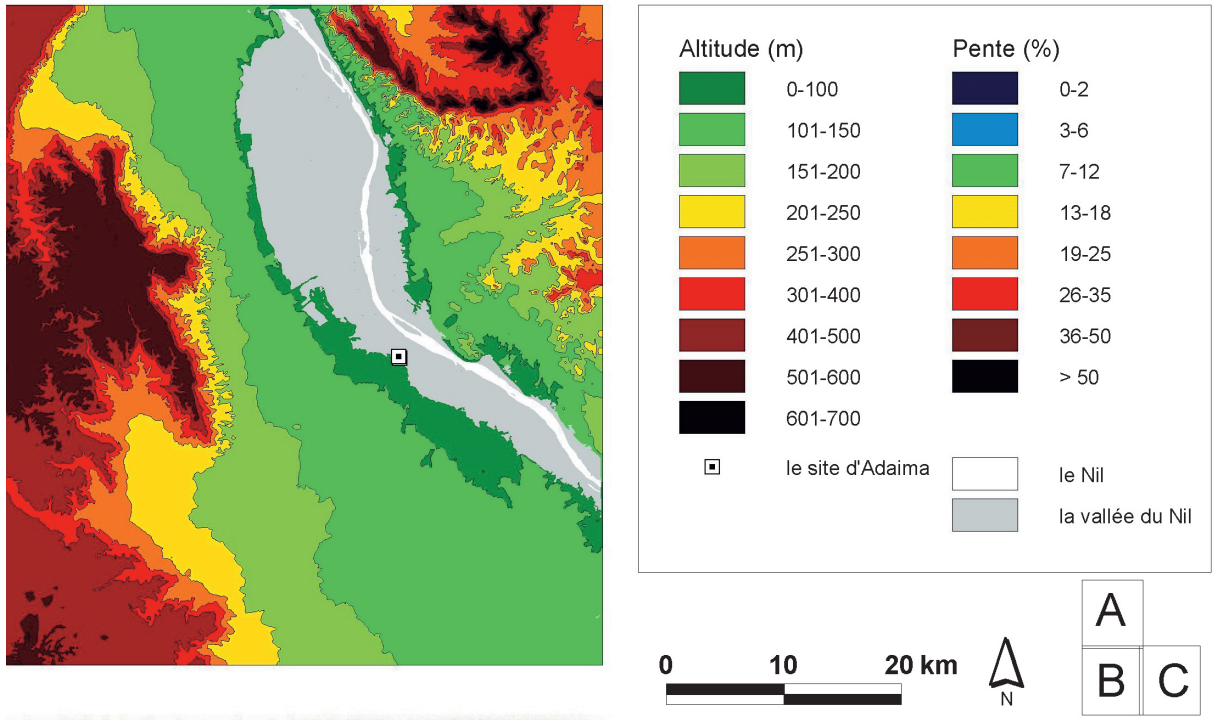
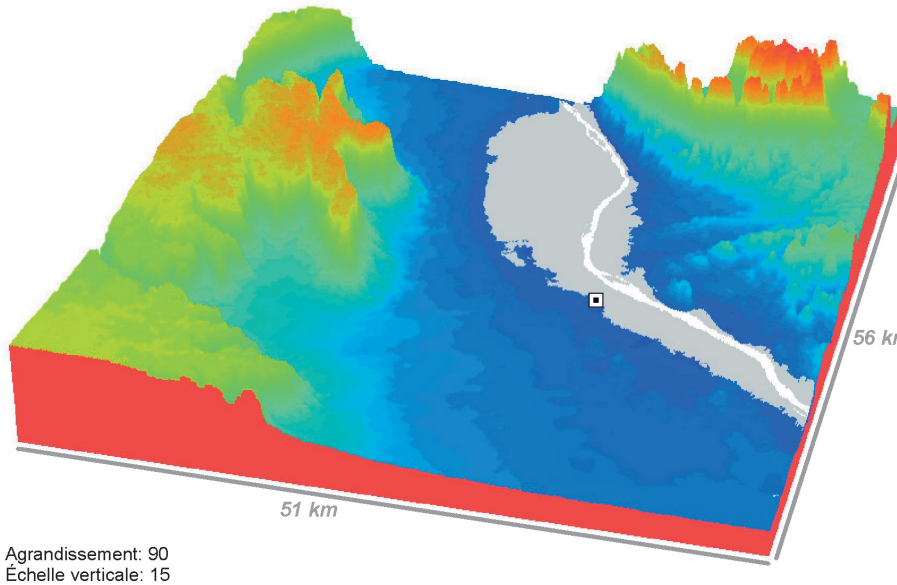


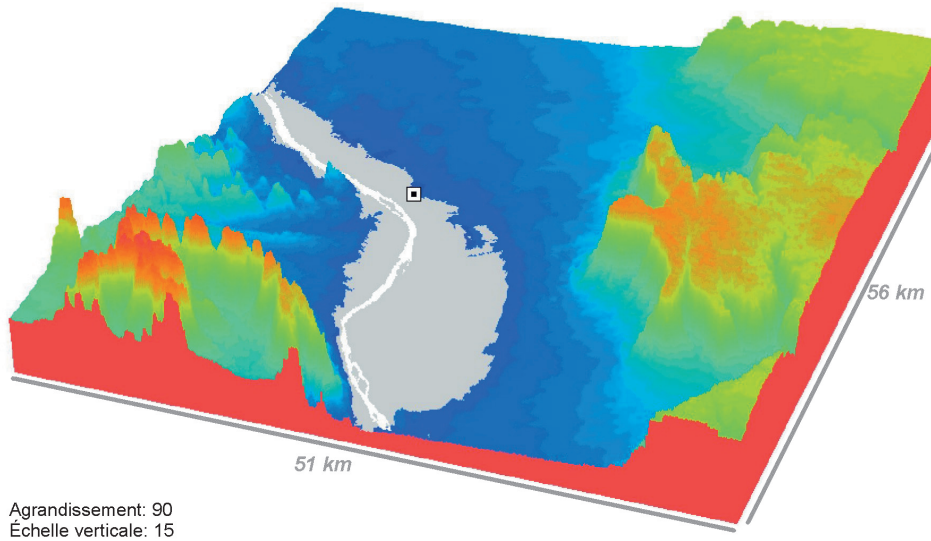
Fig. 10. Le relief du site d'Adaïma et ses environs.

Vue 3D en direction nord des environs du site d'Adaïma



Agrandissement: 90
Échelle verticale: 15
Rotation horizontale: 15
Rotation verticale: 30
Image drapée: carte d'altitude

Vue 3D en direction sud des environs du site d'Adaïma



Agrandissement: 90
Échelle verticale: 15
Rotation horizontale: -160
Rotation verticale: 30
Image drapée: carte d'altitude

Fig. 11. Vues 3D des environs d'Adaima.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

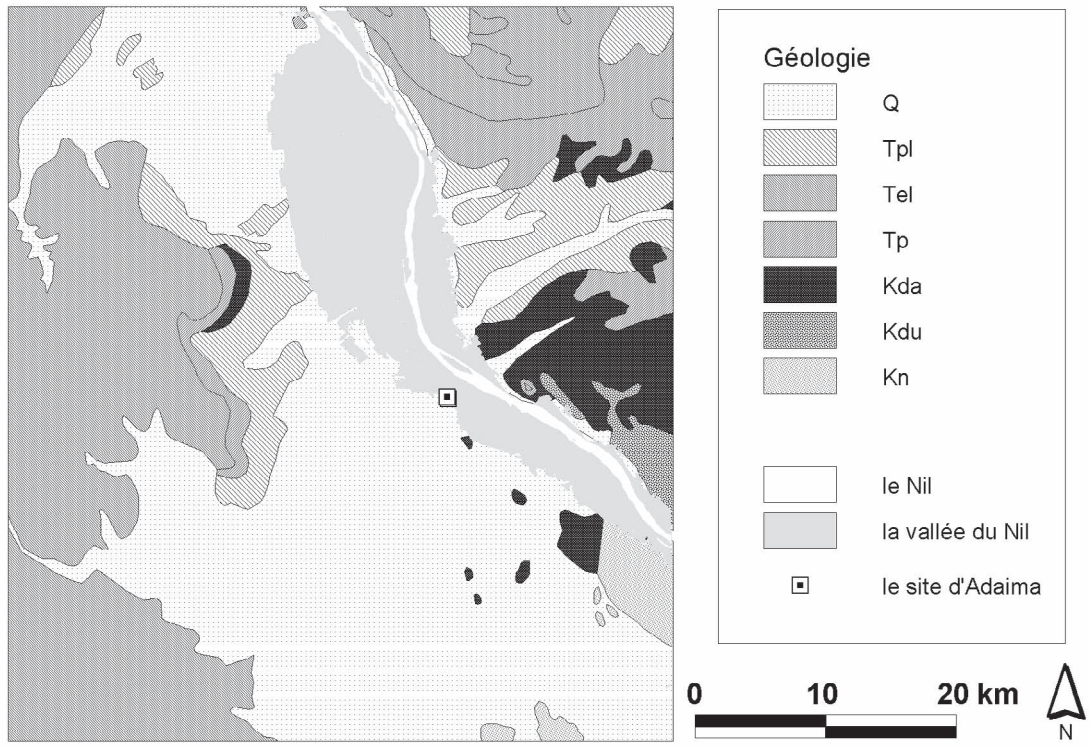


Fig. 12. Carte géologique des environs d'Adaïma.

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

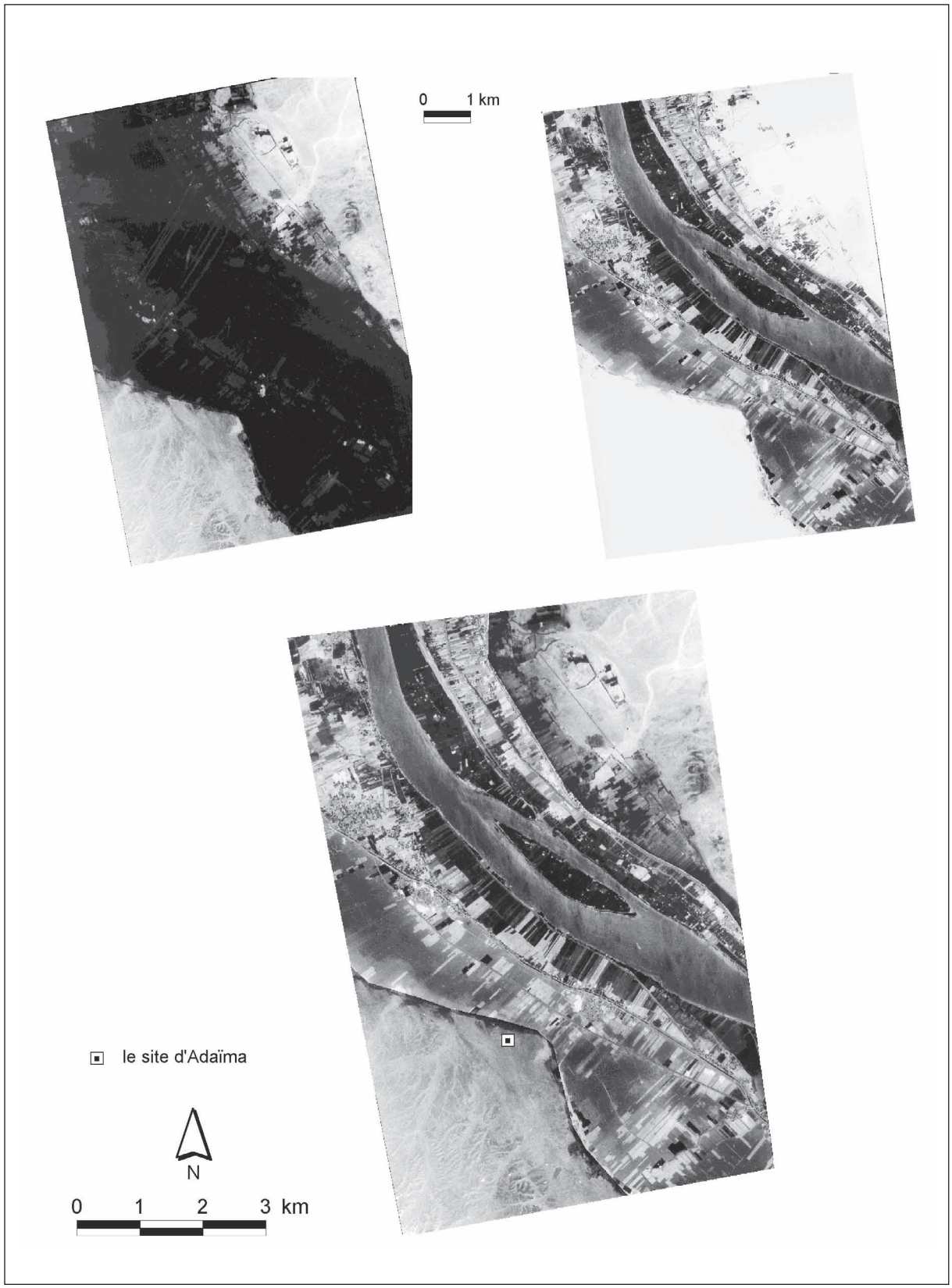


Fig. 13. Image Corona combinée.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

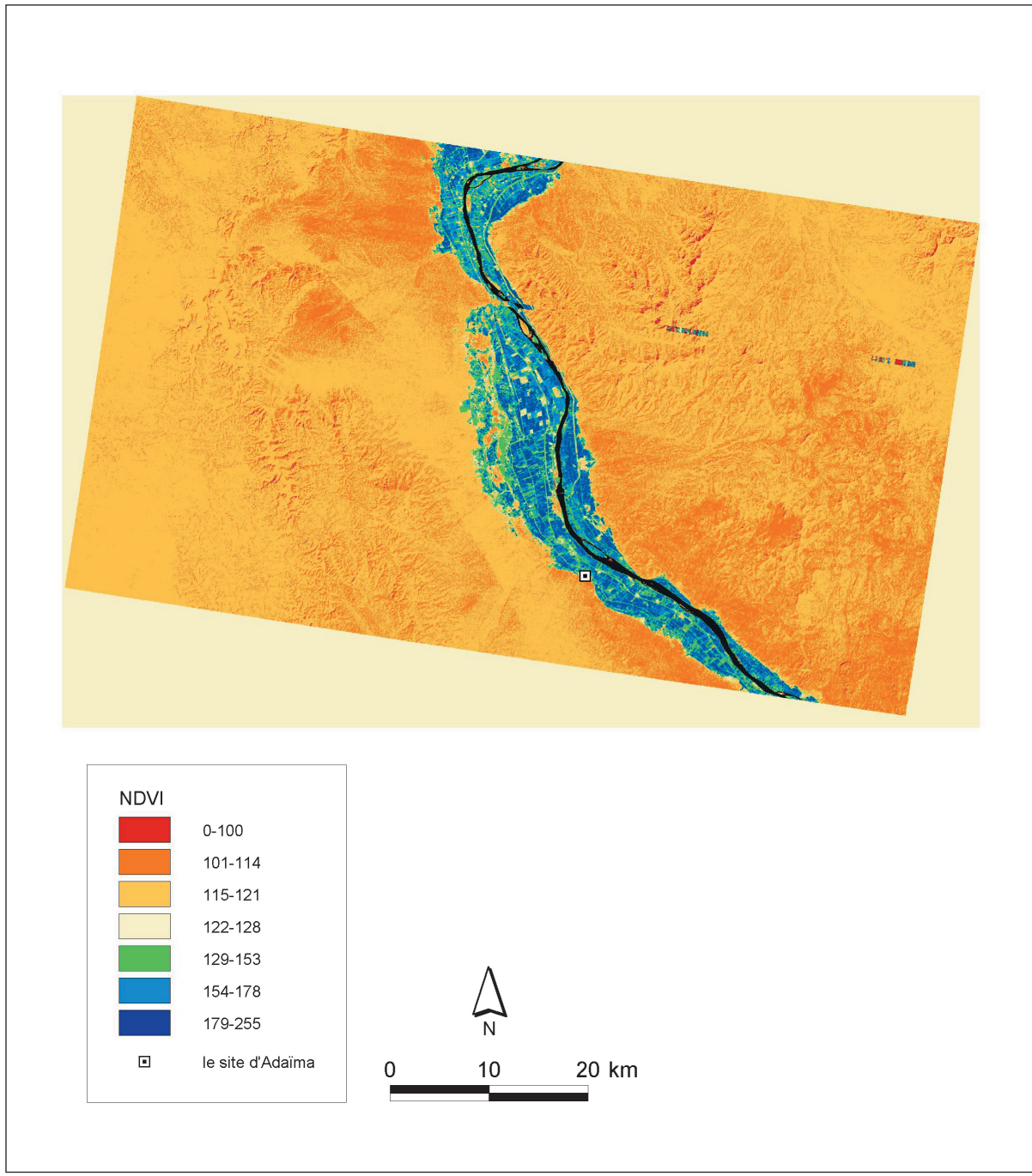


Fig. 14. Indice de végétation par différence normalisée (à partir de l'image Landsat TM) pour Adaïma et ses environs.

A. Valeur de poids pour le Nil = 1 ; **B.** Valeur de poids = 10 ; **C.** Valeur de poids = 25 ; **D.** Valeur de poids = 50.

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

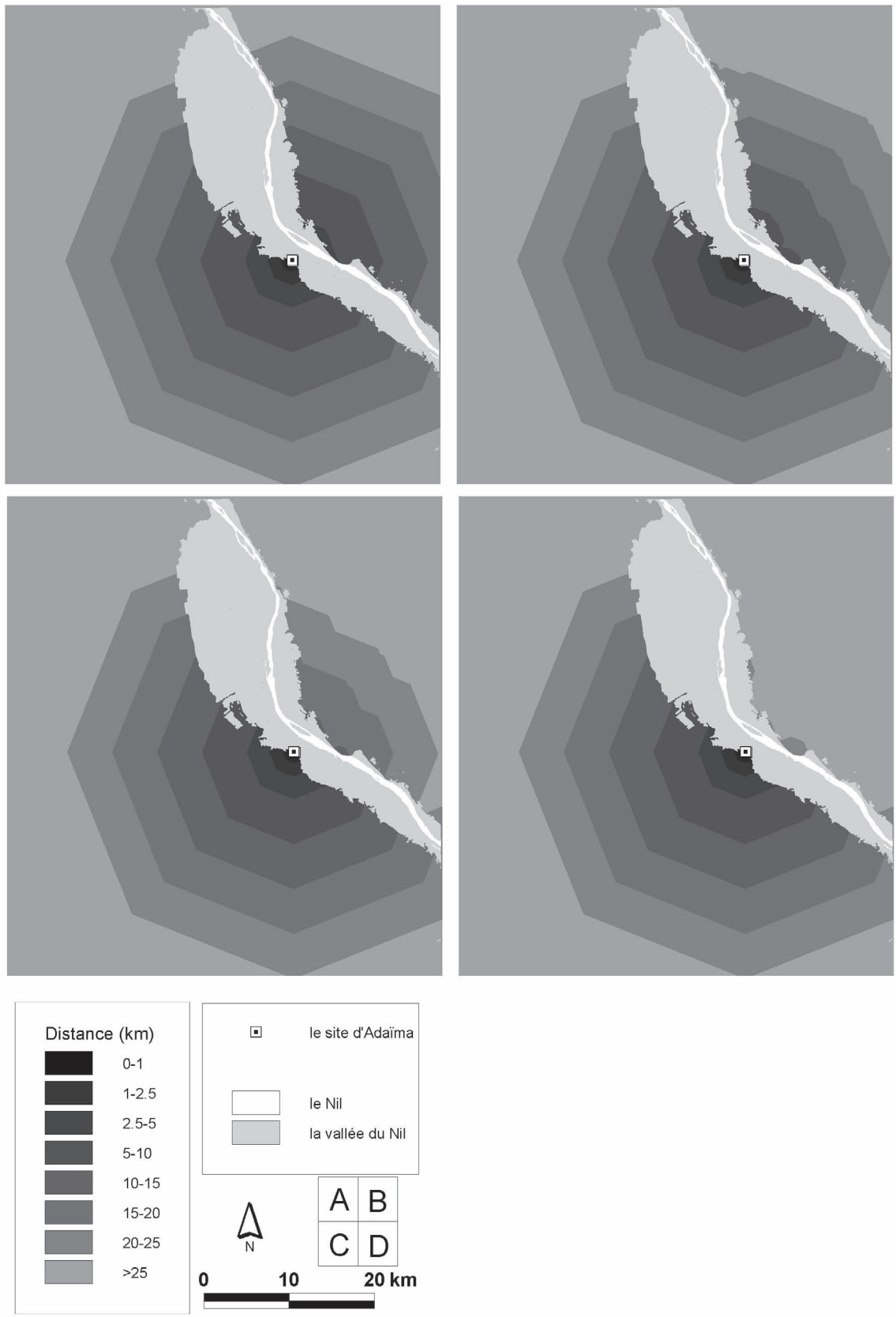


Fig. 15. Carte de proximité au site d'Adaïma.

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

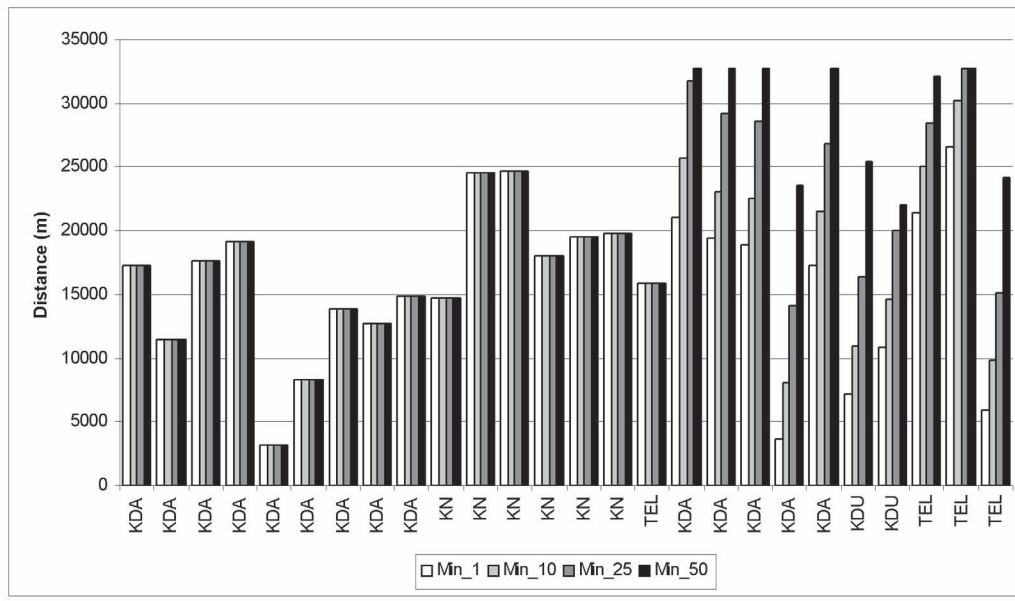


Fig. 16. Différences d'accessibilité pour les niveaux à silex par rapport à la valeur de poids pour le Nil.

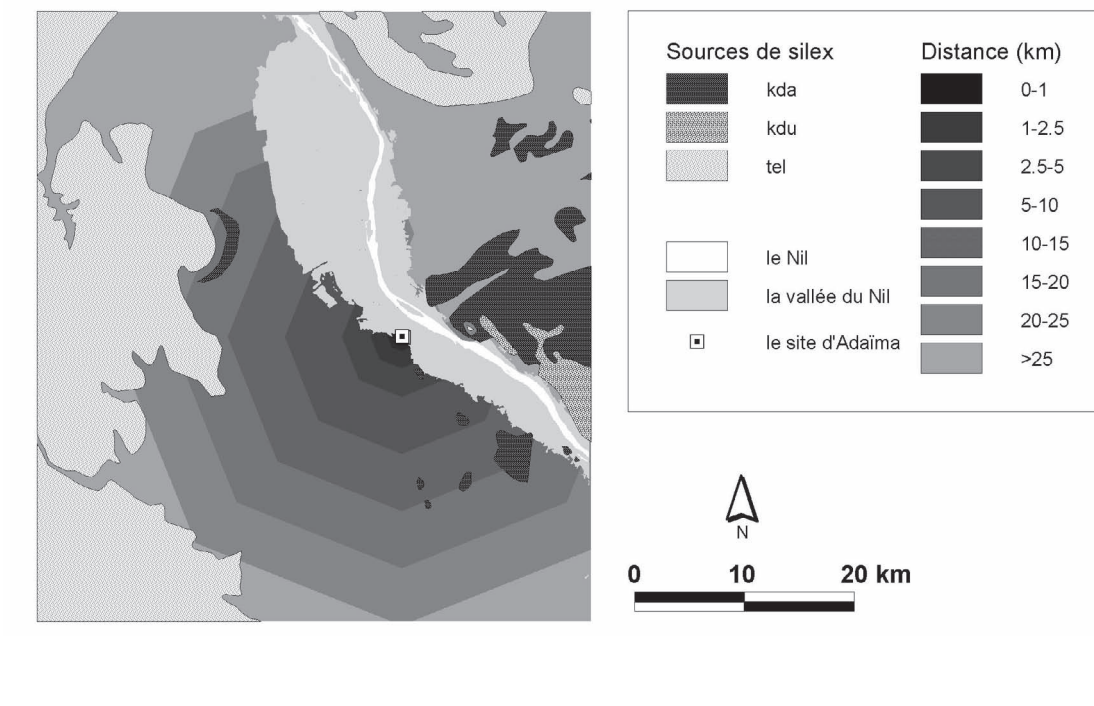


Fig. 17. Localisation des niveaux à silex, en combinaison avec la carte de proximité (valeur de poids = 50).

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

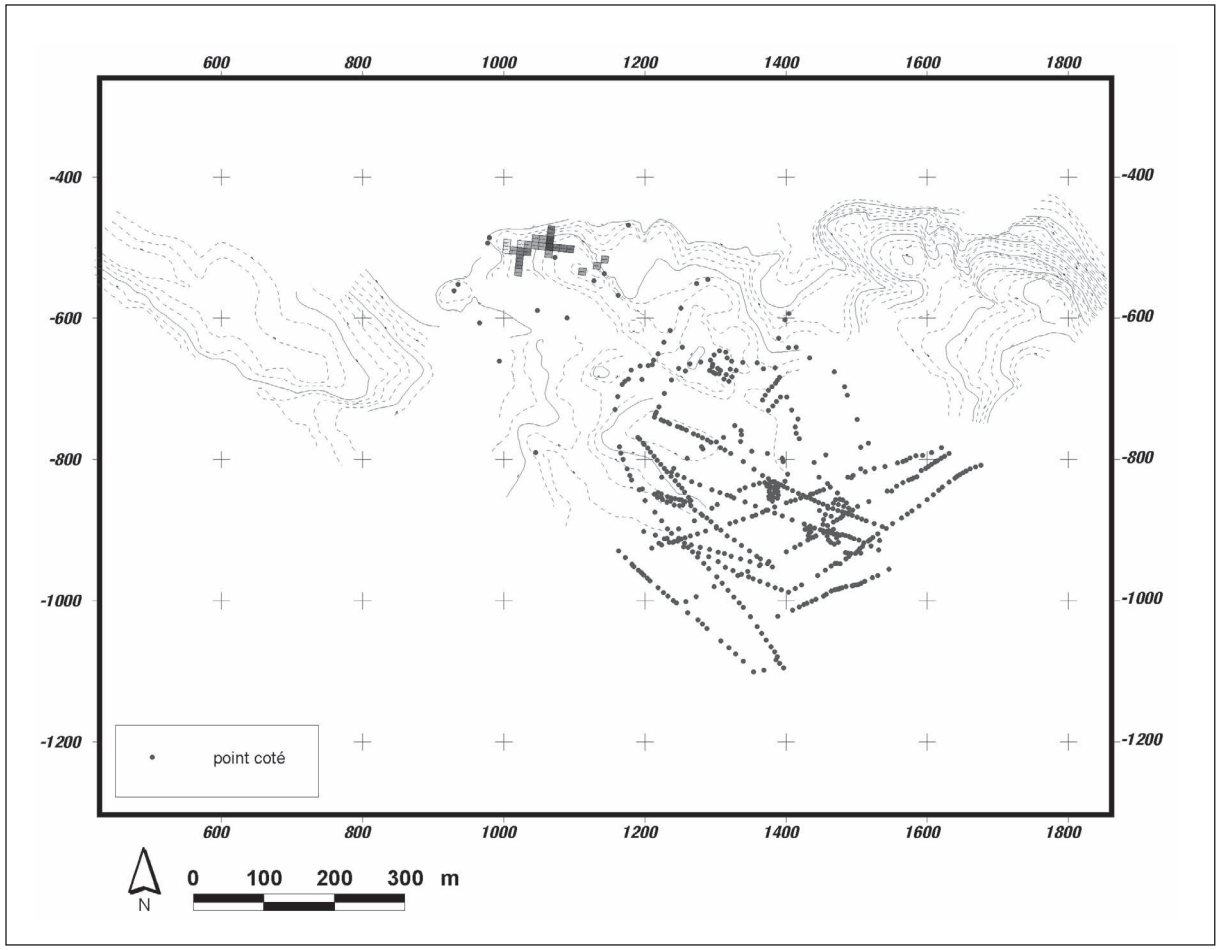


Fig. 18. La topographie du site d'Adaïma.

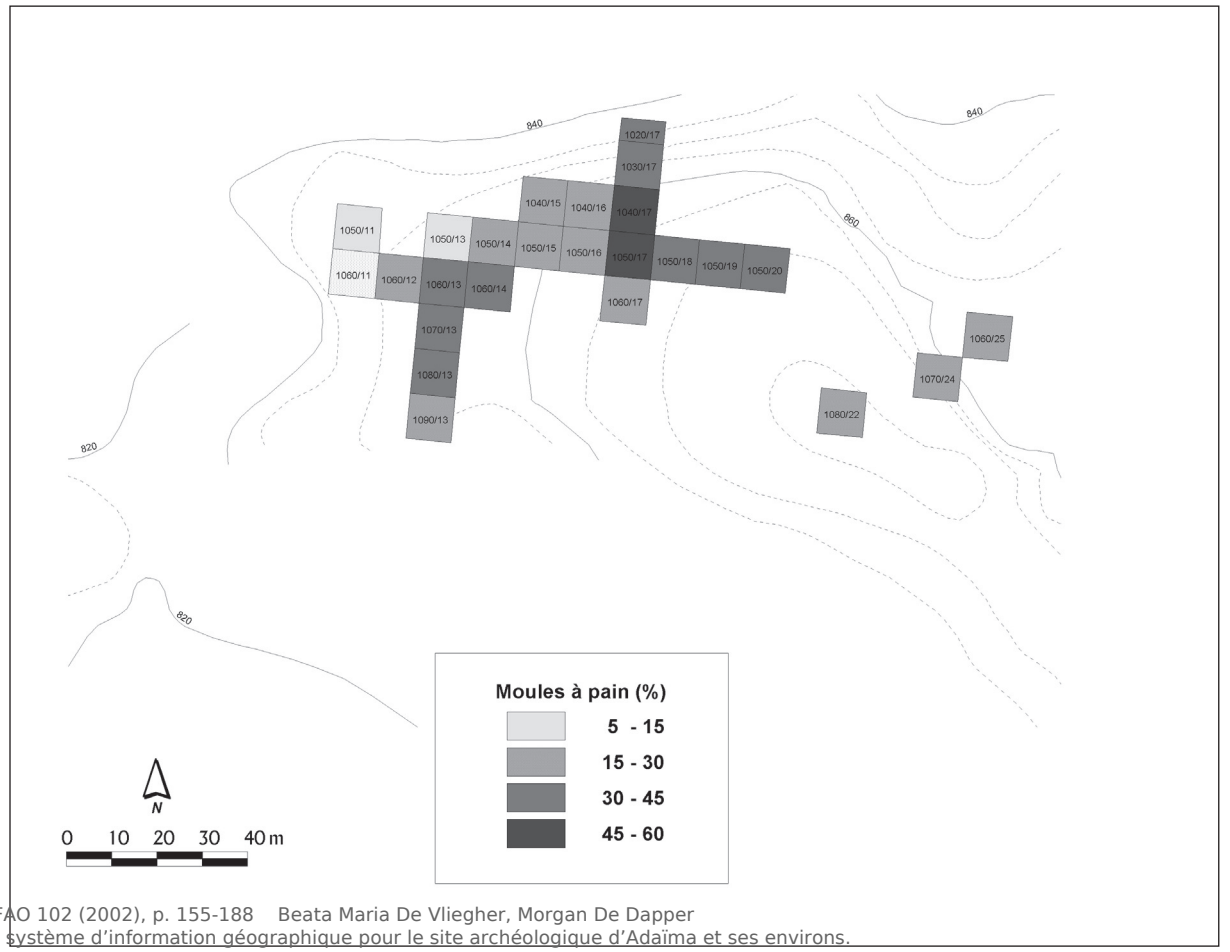


Fig. 19. La distribution spatiale des moules à pain (Nagada IIIB-C1).

BIFAO 102 (2002), p. 155-188 Beata Maria De Vliegher, Morgan De Dapper
Un système d'information géographique pour le site archéologique d'Adaïma et ses environs.
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net