



HAL
open science

**Terrasses alluviales et terrasses agricoles. Première
approche des comblements sédimentaires et de leurs
aménagement agricoles depuis 5000 av. n. è. à
Wakarida (Éthiopie)**

Ninon Blond, Nicolas Jacob-Rousseau, Yann Callot

► **To cite this version:**

Ninon Blond, Nicolas Jacob-Rousseau, Yann Callot. Terrasses alluviales et terrasses agricoles. Première approche des comblements sédimentaires et de leurs aménagements agricoles depuis 5000 av. n. è. à Wakarida (Éthiopie). *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 2018, *Géomorphologie, paléoenvironnements et géoarchéologie des mondes tropicaux*, 24 (3), pp.277-300. 10.4000/geomorphologie.12258 . halshs-02446277

HAL Id: halshs-02446277

<https://shs.hal.science/halshs-02446277v1>

Submitted on 3 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Géomorphologie : relief, processus, environnement

vol. 24 - n°3 | 2018

Géomorphologie, paléoenvironnements et géoarchéologie des mondes tropicaux

Terrasses alluviales et terrasses agricoles. Première approche des comblements sédimentaires et de leurs aménagements agricoles depuis 5000 av. n. è. à Wakarida (Éthiopie)

*Alluvial terraces and farming terraces. First approach of sedimentary fillings
and their agricultural uses since 5000 BCE at Wakarida (Ethiopia)*

Ninon Blond, Nicolas Jacob-Rousseau et Yann Callot



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/geomorphologie/12258>

ISSN : 1957-777X

Éditeur

Groupe français de géomorphologie

Édition imprimée

Date de publication : 15 décembre 2018

Pagination : 277-300

ISBN : 978-2-913282-81-0

ISSN : 1266-5304

Ce document vous est offert par Université Lumière Lyon 2



Référence électronique

Ninon Blond, Nicolas Jacob-Rousseau et Yann Callot, « Terrasses alluviales et terrasses agricoles. Première approche des comblements sédimentaires et de leurs aménagements agricoles depuis 5000 av. n. è. à Wakarida (Éthiopie) », *Géomorphologie : relief, processus, environnement* [En ligne], vol. 24 - n°3 | 2018, mis en ligne le 16 novembre 2018, consulté le 07 janvier 2019. URL : <http://journals.openedition.org/geomorphologie/12258>



Terrasses alluviales et terrasses agricoles. Première approche des comblements sédimentaires et de leurs aménagements agricoles depuis 5000 av. n. è. à Wakarida (Éthiopie)

Alluvial terraces and farming terraces. First approach of sedimentary fillings and their agricultural uses since 5000 BCE at Wakarida (Ethiopia)

Ninon Blond ^{*a}, Nicolas Jacob-Rousseau ^a, Yann Callot ^a

^a Université Lumière Lyon 2, UMR 5133 Archéorient, M.O.M. Maison de l'Orient et de la Méditerranée – 7 rue Raulin, 69365 LYON Cedex 7, France.

RÉSUMÉ

Dans le Tigray septentrional (nord de l'Éthiopie), l'agriculture contemporaine se développe sur des sols retenus à l'amont de terrasses, murets de pierre sèche qui barrent les thalwegs de cet espace montagneux. La découverte, lors de fouilles archéologiques, d'implantations humaines axoumites et pré-axoumites sur le site de Wakarida et dans ses alentours questionne l'ancienneté de ces paysages de terrasses. La comparaison avec des ouvrages semblables, découverts lors de fouilles archéologiques dans d'autres sites à travers le monde et dont les plus anciens datent du III^e millénaire av. n. è., mais aussi avec le fonctionnement de terrasses contemporaines retenant les sédiments et formant d'importantes accumulations, pose la question de l'âge de ces ouvrages et du rôle qu'ils jouent dans les comblements sédimentaires de vallons. L'étude sédimentologique et la datation des dépôts, la consultation d'archives iconographiques et textuelles, de photographies aériennes anciennes et la réalisation d'entretiens ethnogéomorphologiques auprès d'agriculteurs permettent l'élaboration de premières hypothèses quant aux évolutions paysagères et environnementales depuis le milieu de l'Holocène. Les résultats tendent à montrer que, dans la zone d'étude, les terrasses sont récentes et se développent sur des comblements sédimentaires hérités. Ces derniers témoignent de changements dans l'occupation humaine de la région, d'une présence légère à une forte pression démographique durant la période axoumite, suivie d'une phase d'abandon et d'une réoccupation très récente.

Mots clés : Éthiopie, Tigray, terrasses, paysages agricoles, géoarchéologie, géomorphologie.

ABSTRACT

In Northern Tigray (Ethiopia), contemporaneous agriculture is based on soils stored and developed on terraces, upstream of dry-stone walls crossing the thalwegs of this mountainous area. The discovery, during archaeological surveys, of aksumite and pre-aksumite settlements on the site of Wakarida and its surroundings, questions the age of such terraces landscapes. Comparing with ancient terraces from all over the world, dating from the 3rd millennium BCE, as well as with the functioning of contemporaneous structures maintaining soils and forming thick accumulations, raises the question of the age of those constructions and of their role in the sedimentary filling of the valleys. Sedimentological study and dating of deposits, consultation of iconographic and textual archives, of ancient aerial photographs and conducting of ethnogeomorphological interviews with farmers have formed the basis for first hypotheses regarding the evolutions of the landscape and the environment since the Mid-Holocene. Results tend to show that terraces are recent and develop on inherited sedimentary fillings. These ones testify from changes in the human occupation in the area, from a light footprint to a strong demographic pressure during Aksumite times, followed by an abandonment phase and very recent reoccupation.

Keywords: Ethiopia, Tigray, terraces, agricultural landscapes, geoarchaeology, geomorphology.

INFORMATION SUR L'ARTICLE

Article soumis le 16 mars 2018.

Reçu sous sa forme révisée le 11 octobre 2018.

Définitivement accepté le 18 octobre 2018.

*Auteur correspondant : Tel : +33 (0)4 72 71 58 44.

Courriels :

ninon.blond@univ-lyon2.fr (N. Blond)

nicolas.jacob@univ-lyon2.fr (N. Jacob-Rousseau)

yann.callot@univ-lyon2.fr (Y. Callot)

1. Introduction

Le site de Wakarida est fouillé depuis 2010 dans le cadre du projet « Recherches archéologiques et épigraphiques dans la région du Tigray, Éthiopie (I^{er} millénaire av. n. è. – VIII^e siècle de n. è.) ». La découverte de ce qui semble avoir été un centre urbain axoumite (150–400/450 de n. è.) assez développé, en contact avec Axoum malgré sa position marginale par rapport au royaume, et de nombreux vestiges d'implantation dans l'ensemble de la zone d'étude (Dugast et Gajda, 2010, 2011, 2013, 2014 ; Benoist et Gajda,

2015 ; Benoist et al., 2016 ; Gajda et al., 2017), interrogent quant aux modalités d'occupation des populations dans cet environnement et aux interactions entre les sociétés et le milieu naturel. Le paysage actuel est densément habité et cultivé au moyen de terrasses de culture. Celles-ci présentent la particularité d'être situées en grande majorité dans des vallons aujourd'hui comblés par des sédiments, dans lesquels il n'y a plus actuellement d'écoulements pérennes de surface : ils se font en inféoflux la majeure partie de l'année. D'autres espaces sont aussi cultivés, mais représentent une part

mineure des surfaces terrassées : croupes topographiques, replats sur versants. Ces cultures et leur localisation ont fait surgir la question de la mise en place des accumulations sédimentaires dans les vallons et de l'exploitation agricole que celles-ci ont connue. En filigrane, c'est la question de l'ancienneté du paysage actuel qui est soulevée : les terrasses que nous observons aujourd'hui étaient-elles déjà présentes à l'époque axoumite ? Sont-elles à l'origine des importants comblements sédimentaires dans les vallons, ou ceux-ci sont-ils le résultat de processus de colluvionnement et d'alluvionnement, sans intervention d'ouvrages anthropiques ?

La question de l'ancienneté des terrasses se pose avec d'autant plus d'acuité que des ouvrages assez semblables ont pu être datés lors de fouilles archéologiques dans des régions assez proches, en particulier au Yémen et dans le sud de la Péninsule Arabique (Breton, 2017). C'est en effet de cette région que sont originaires les populations sud-arabiques, qui ont migré vers le territoire de l'actuel Tigray aux époques pré-axoumite et axoumite, et sont entrées en contact avec les populations autochtones (Fattovich, 2010). Au Yémen, dans la région de Dhamar, on a estimé que les accumulations sédimentaires retenues derrière des murets construits sur les versants remontaient au III^e millénaire av. n. è. pour un site et au I^{er} millénaire av. n. è. pour l'autre (Gibson et Wilkinson, 1995 ; Wilkinson et al., 1997 ; Wilkinson et Edens, 1999 ; Wilkinson, 2005), au III^e millénaire av. n. è. à Radman (Ghaleb, 1990) ou dans la région d'Eryan (Pietsch et Mabit, 2012), ou encore au I^{er} millénaire av. n. è. dans le Djebel Haraz (Vogel, 1987). Ailleurs dans la péninsule Arabique, aux Émirats Arabes Unis par exemple, des terrasses anciennes ont été découvertes lors des fouilles du site de Masafi et datées du II^e millénaire av. n. è. (Charbonnier et al., 2017a, 2017b). D'autres espaces attestent une mise en terrasse ancienne, en Tripolitaine notamment (Gale et Hunt, 1986 ; Barker, 1993), en Jordanie (Beckers et al., 2013) ou dans le Néguev (Haiman, 2012). Ces techniques sont parfois comparées au cas yéménite (Harrower, 2016), notamment en Amérique du Sud, avec les *Trincheras* mexicaines (200 à 1450 de n. è.) (Doolittle, 2000), les terrasses des Andes péruviennes au VII^e et entre le XIII^e et le XV^e siècles (Branch et al., 2007), et plus largement de la période Inca (Guillet et al., 1987).

Ces exemples pris sur des terrains étrangers, parfois très proches géographiquement et culturellement du Tigray (cf. exemple du Yémen, *supra*) ont conduit aux questions de recherche qui ont déterminé les objectifs de cette étude : il s'agit d'évaluer si les terrasses actuelles de Wakarida et des alentours sont un héritage de techniques agraires axoumites (ou antérieures) ou si les cultures contemporaines ont tiré profit de comblements sédimentaires mis en place avant la construction des ouvrages de conservation des eaux et des sols (CES). Cela implique de s'interroger sur les méthodes culturelles des populations passées, mais aussi d'appréhender la géométrie des formes détritiques et l'organisation générale des dépôts, depuis l'échelle de la coupe jusqu'à celle de la zone d'étude.

Pour cela, nous nous sommes appuyés sur des travaux de terrain et des analyses en laboratoire qui nous ont permis d'établir le cadre chronostratigraphique des dépôts, mais aussi des recherches sur archives et des entretiens avec les populations locales. Dans cet article, nous présentons les premières hypothèses liées aux trois premières campagnes d'études géomorphologiques effectuées en 2014, 2015 et 2017, dans le cadre d'une thèse de doctorat, en limitant l'exposé des résultats à ceux qui permettent de répondre directement aux objectifs définis précédemment. La relative jeunesse des études géomorphologiques et géoarchéologiques sur ce site n'a cependant pas permis d'en avoir une approche exhaustive, notamment dans les types d'analyses effectuées.

2. Contexte archéologique, géographique et climatique

2.1. Contexte archéologique

Le site de Wakarida s'insère dans la chronologie régionale du développement du royaume axoumite. Le plateau du Tigray, au nord de l'Éthiopie (fig. 1A), a été occupé depuis la fin du Pléistocène (Finneran, 2007), et durant la période préhistorique (French et al., 2009), mais on attribue souvent le développement d'États dans la région aux populations pré-axoumites, proto-axoumites et axoumites (D'Andrea et al., 2008 ; Phillipson, 2009 ; Fattovich, 2010).

(i) la période pré- et proto-axoumite (800–50 av. n. è.) (D'Andrea et al., 2008 ; Fattovich, 2010 ; Pietsch et Machado, 2014) voit la mise en place de premières cités, avec des identités culturelles relativement marquées, les plus célèbres étant Matara et Yeha (Fattovich, 2010). La culture, notamment céréalière, et l'élevage y étaient déjà pratiqués (Bard et al., 2000 ; Phillipson, 2009).

(ii) la période axoumite (50 av. n. è. – 700 de n. è.) (D'Andrea et al., 2008 ; Fattovich, 2010) est marquée par le développement d'un État puissant sur la partie septentrionale du plateau, Tigray et Érythrée (Fattovich, 2010 ; Bard et al., 2014) et le déploiement de grandes cités dans un arrière-pays densément peuplé (Anfray, 1990 ; Bard et al., 2000), en lien avec Axoum, la capitale.

(iii) dans les chroniques, la « chute » – pour reprendre le terme employé par Butzer (1981) – du royaume axoumite est attribuée à l'attaque du territoire par une reine juive, Judith (Finneran, 2007). Les premières recherches géoarchéologiques sur la région y voient les conséquences de dégradations environnementales liées à la surexploitation du milieu et des ressources par les populations (Butzer, 1981). Des études plus récentes ont mis l'accent sur d'autres facteurs ayant entraîné le déclin de ce royaume, combinant aspects environnementaux (Bard et al., 2000), déplacements des routes commerciales et émergence de l'Islam (Finneran, 2007).

(iv) la période post-axoumite (à partir de 700 de n. è.) (D'Andrea et al., 2008) est plus mal documentée, notamment entre le IX^e et le XII^e siècles (période parfois désignée sous le terme de « *dark ages* ») (Finneran, 2007). La population y est moins importante, le pouvoir politique change de centre, se déplaçant vers le sud (Bard et al., 2000).

Pour ces époques, ce sont surtout les implantations urbaines qui sont documentées, tandis que l'environnement rural autour des villes est moins bien connu. Il en va de même à Wakarida. Si le site en lui-même semble constituer un centre urbain daté entre la période axoumite classique (150–400/450 de n. è.), et la période post-axoumite (après 800/850 de n. è.) (Benoist et al., 2016), d'après la chronologie établie par Fattovich (2010), des constructions plus anciennes (pré- et proto-axoumites) et axoumites ont aussi été mises au jour dans la zone de prospection, présentant un habitat rural dispersé (Benoist et Gajda, 2015). Il correspond plutôt à des hameaux de quelques bâtiments, comme on peut en trouver encore aujourd'hui (Gajda et al., 2017), situés préférentiellement sur les points hauts. Certains sites montrent aussi des traces de réoccupations postérieures à 245–389 de n. è., mais il n'y a pas d'âge précis connu pour le moment (Dugast et Gajda, 2010, 2011, 2013, 2014 ; Benoist et Gajda, 2015 ; Benoist et al., 2016 ; Gajda et al., 2017).

Ces traces d'occupation ont amené à se poser les questions de l'exploitation agricole des terres, dans les vallées et sur les versants, et de l'évolution de ces paysages si particuliers.

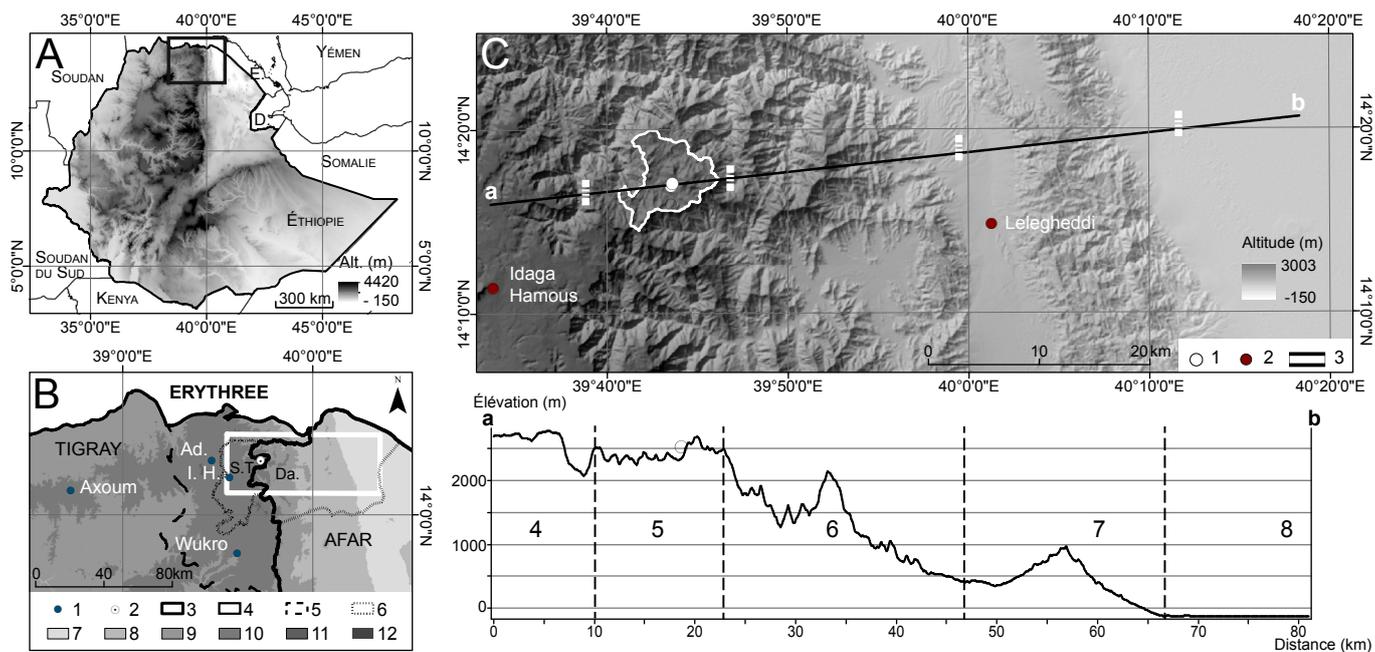


Fig. 1 – Cartes et profil topographiques de la zone d'étude et de ses alentours.

A : Principales unités topographiques en Éthiopie. Le carré noir indique l'emprise de la figure B; É. Érythrée; D. Djibouti. B : Localisation de la zone d'étude. Le rectangle blanc indique l'emprise de la figure C. 1. Principales villes du Tigray; Ad. Adigrat; I.H. Idaga Hamous; 2. Wakarida; 3. Frontière éthiopienne; 4. Région; 5. Zone administrative; 6. Woreda; S.T. Saesi Tsaedaemba; Da. Dalol; 7 à 12. Altitudes (m) d'après SRTM; 7. < 0; 8. 0-1 000; 9. 1 000-2 000; 10. 2 000-3 000; 11. 3 000-4 000; 12. > 4 000. C : Profil et unités topographiques du Plateau à la Dépression du Danakil en passant par la zone d'étude, d'après SRTM 30 m. 1. Wakarida; 2. Villages; 3. Zone de prospection; 4. Plateau du Tigray; 5. Promontoire de Wakarida; 6. Vallées incisées; 7. Piémont; 8. Dépression du Danakil. N. Blond, 2018.

Fig. 1 – Topographic map and profile of the studied area and its surroundings.

A: Main topographic units in Ethiopia. The black square indicates the location of figure B; É. Eritrea; D. Djibouti. B: Location of study area. The white rectangle indicates the location of figure C. 1. Main cities of Tigray; Ad. Adigrat; I.H. Edaga Hamus; 2. Wakarida; 3. Ethiopian border; 4. Region; 5. Administrative zone; 6. Woreda; S.T. Saesi Tsaedaemba; Da. Dalol; 7 to 12. Altitudes (m) from SRTM; 7. < 0; 8. 0-1,000; 9. 1,000-2,000; 10. 2,000-3,000; 11. 3,000-4,000; 12. > 4,000. C: Topographic units and profiles from the Plateau to the Danakil Depression passing through the study area, from SRTM 30m. 1. Wakarida; 2. Villages; 3. Survey area; 4. Tigray Plateau; 5. Spur of Wakarida; 6. Incised valleys; 7. Piedmont; 8. Danakil Depression. N. Blond, 2018.

2.2. Modelé et hydrographie

Le site de Wakarida est situé sur un promontoire (Dugast et Gajda, 2013) en marge du plateau, qui s'insère, à l'échelle régionale, entre les topographies disséquées des vallées fortement incisées qui plongent vers la dépression du Danakil, à l'est, et les espaces plans des hauts plateaux du Tigray, à l'ouest (fig. 1C). La zone d'étude s'étend à la fois sur la région du Tigray (*woreda* – district – de Saesi Tsaedaemba) et celle de l'Afar (*woreda* de Dalol), la limite entre ces deux entités étant assez floue, particulièrement à l'échelle de la zone d'étude (fig. 1B).

À une échelle plus locale, le site lui-même occupe un éperon, qui dévie le tracé de la vallée de May Ayni (fig. 2). Il est entouré de versants assez abrupts, à faible couverture végétale, entaillés de vallées plutôt étroites et encaissées, dont le fond est aujourd'hui comblé de sédiments alluviaux et/ou colluviaux. L'hydrosystème s'organise du sud-ouest (l'amont) vers le nord-est (l'aval). La vallée de May Weini est en effet rejointe, en rive droite, par les vallées de Ka Ebile d'abord, puis de May Ayni. À partir de cette dernière confluence, le thalweg devient plus étroit et sinueux dans la vallée d'Ambare (fig. 2), qui rejoint, plus à l'est, le bassin hydrographique endoréique du Danakil (Bascom, 2015). Ces vallées principales sont alimentées par de petits vallons ayant eux aussi un profil transversal en berceau, du fait du comblement alluvial. Un de ces petits vallons est celui de Damhalle, affluent de rive gauche de la vallée d'Ambare (fig. 2).

La géologie de la zone d'étude est complexe, du fait, notamment, du contexte géologique de la Corne de l'Afrique marqué par le rifting, le volcanisme ou les transgressions marines (Stern, 1994; Abbate et al., 2015). Wakarida et ses alentours sont situés

sur des dépôts sédimentaires et/ou métamorphiques. La zone de prospection recouvre deux ensembles bien distincts, tous deux précambriens (fig. 3). Le premier est représenté par le Groupe de Tsaliyet (roches volcaniques, sédimentaires et métamorphiques protérozoïques), l'autre ensemble est celui de la Formation de Didikama (ardoise et dolomite protérozoïques). Enfin, à l'extrême est de la zone de prospection, se trouve la Formation d'Arequa (ardoises et calcaires). Pour la zone étudiée, deux cartons géomorphologiques (fig. 3A-B) mettent en lumière les principaux modelés. Un des traits principaux de ces paysages repose sur l'existence d'importants complements alluviaux ou colluviaux dans les vallons (fig. 2-4A), renforcés par la présence de cônes alluviaux, qui se localisent au niveau de confluences avec les petits affluents de la vallée principale (fig. 3). Ces remplissages sédimentaires sont entaillés par l'érosion et forment des terrasses alluviales. Le plus souvent, la vidange de matériau n'est pas totale, et on a ainsi accès à des coupes stratigraphiques, comme c'est le cas ici des coupes AMA et AMb (fig. 3A) et Da (fig. 3B). Les incisions, notamment celle de Damhalle, *i.e.*, coupe Da (fig. 3B), sont le résultat d'une érosion régressive assez importante, que l'on observe dans de nombreuses vallées. Les écoulements de surface ont presque entièrement disparu; ils ne sont observés par les populations locales que lors d'abats d'eau violents entraînant des crues. Dans la grande majorité des cas, les écoulements passent en inféoflux. Dans les parties en gorge, particulièrement dans les vallées de Ka Ebile, au sud du secteur, et d'Ambare, au nord (fig. 2), les complements sont inexistantes ou ne subsistent qu'à l'état de lambeaux. Dans ces secteurs, le lit rocheux apparaît, et on peut trouver quelques flaques d'eau, au début de la saison sèche.

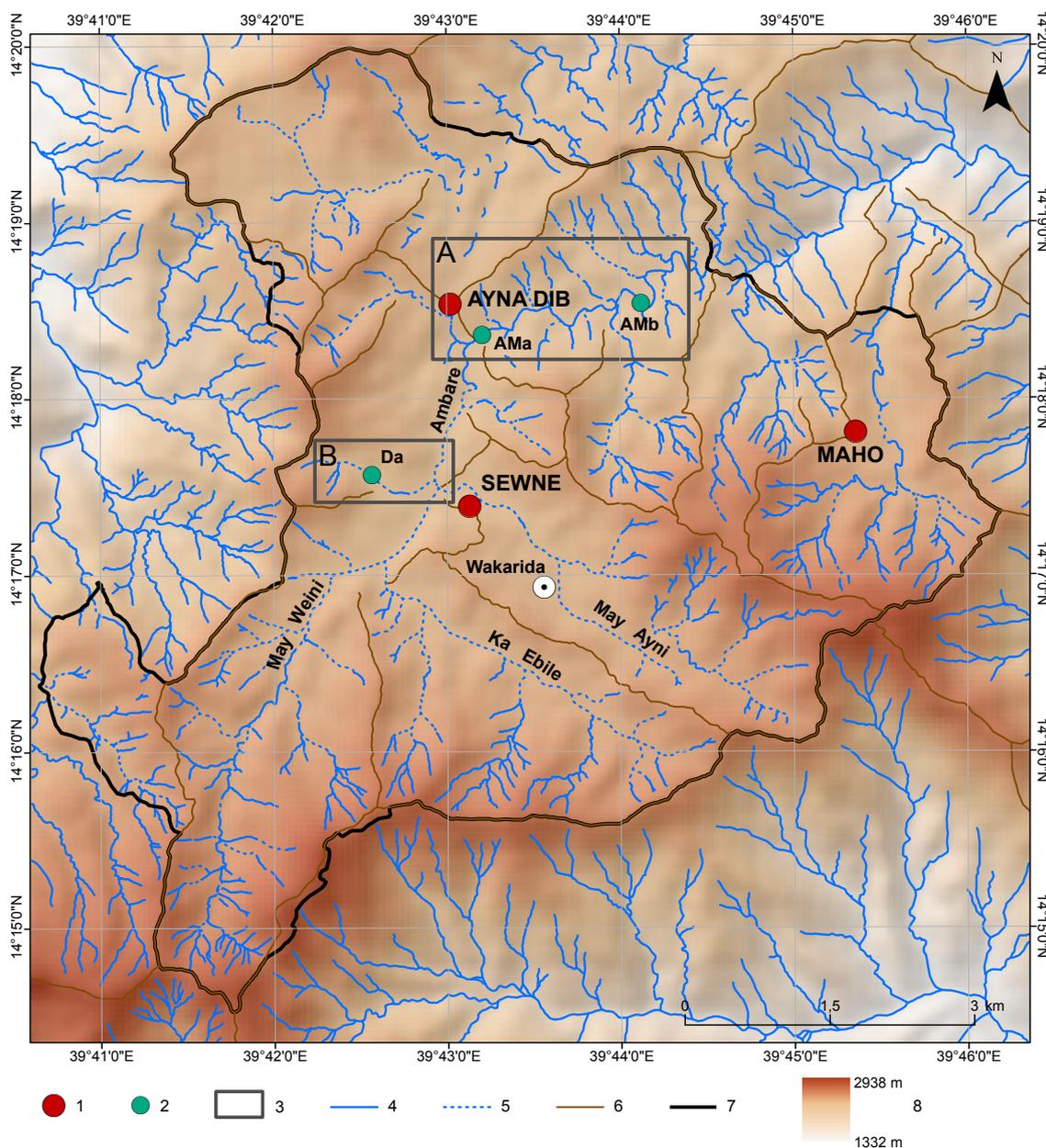


Fig. 2 – Vallées et sites étudiés autour de Wakarida. N. Blond (2018), d'après le SIG de O. Barge et E. Régagnon.

1. Villages ; 2. Coupes prélevées ; 3. Localisation des cartons géomorphologiques A et B (fig. 3) ; 4. Thalwegs visibles, écoulements temporaires ; 5. Thalwegs comblés, écoulements en inféroflux ; 6. Principales lignes de crête ; 7. Zone de prospection ; 8. Altitude (m).

Fig. 2 – Studied valleys and sites around Wakarida. N. Blond (2018), GIS after O. Barge and E. Régagnon.

1. Villages ; 2. Sampled sections ; 3. Location of geomorphologic maps A and B (fig. 3) ; 4. Visible thalwegs, seasonal run-off ; 5. Filled thalwegs, underflow run-off ; 6. Main crest lines ; 7. Survey area ; 8. Elevation (m).

Ces modèles d'érosion régressive sont façonnés par les épisodes de crues, qui peuvent survenir pendant la saison des pluies. Toutefois, de tels épisodes sont irréguliers, leur fréquence n'est pas documentée dans la zone d'étude, ni leurs débits. L'incision provoquée n'est pour l'heure pas quantifiée à l'échelle de la région. Elle atteint des profondeurs de plus de 6,5 m en certains endroits. Certaines vallées, Ka Ebile par exemple, sont incisées de l'aval presque jusqu'à l'amont, tandis que d'autres, May Ayni notamment, ou l'aval de May Weini, sont très peu touchées (fig. 4A). L'incision affecte principalement les vallées les plus pentues et étroites (Ambare en amont de la partie en gorge, l'amont de Ka Ebile), tandis que les avals, plus larges et moins pentus, sont moins érodés.

Ces avals sont aussi les secteurs les plus densément mis en culture. La confluence de May Ayni, Ka Ebile et May Weini se fait à proximité du village de Sewne (fig. 2) qui concentre, en son sein et à ses abords, une part importante de la population. C'est aussi là que les vallées sont les plus larges et que l'eau se trouve plus facilement à proximité de la surface : des puits sont creusés dans les champs ou à proximité, pour irriguer quelques cultures maraîchères, voire quelques arbres fruitiers (fig. 4D). Néanmoins, dans la grande majorité, c'est la céréaliculture (blé, orge, maïs, notamment, alternant avec des légumineuses et des phases de jachère) qui est pratiquée par les populations locales sur ces terrasses de fonds de vallée (fig. 4A), dans le cadre d'une agriculture pluviale non irriguée (Edwards et al., 2007).

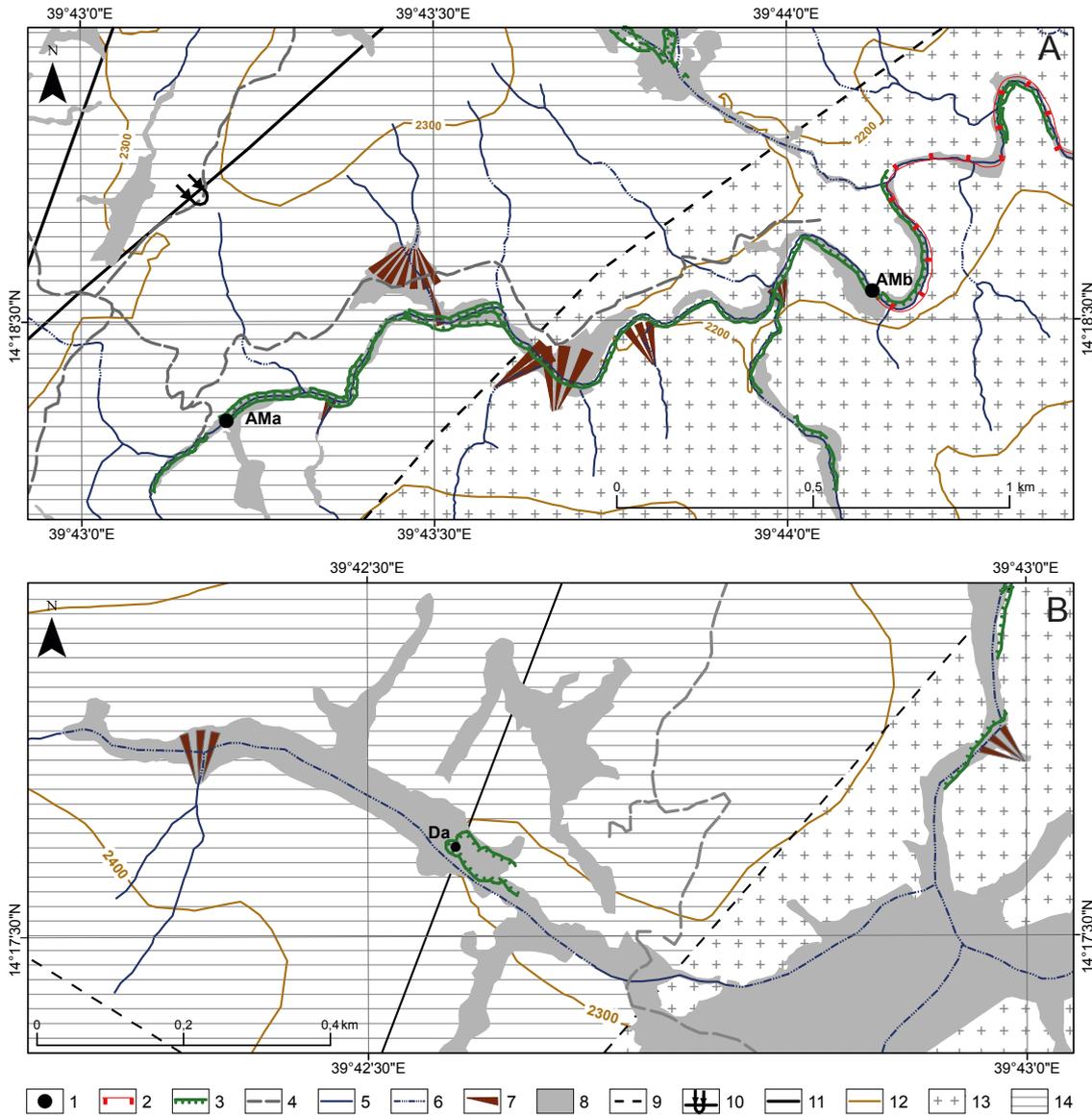


Fig. 3 – Cartons géomorphologiques des sites étudiés.

Les lettres correspondent aux emprises repérées sur la carte de localisation (fig. 2). A : Vallée d'Ambare ; B : Vallon de Damhalle. 1. Coupes étudiées ; 2. Escarpements ; 3. Rebord de terrasses alluviales ; 4. Pistes ; 5. Cours d'eau secondaires ; 6. Axes de drainage ; 7. Cônes ; 8. Remblaiement colluvial ou alluvial ; 9. Failles normales (approximatives ou inférées) ; 10. Synclinal déjeté ; 11. Failles normales ; 12. Courbes de niveau (équidistance 100 m) ; 13. Groupe de Tsaliet (roches volcaniques, sédimentaires et métamorphiques protérozoïques) ; 14. Formation de Didikama (ardoise et dolomite protérozoïques). Géologie d'après Kazmin (1976).

Fig. 3 – Geomorphologic sketches of the studied sites.

Letters correspond to the rectangles on localisation map (fig. 2). A: Ambare valley; B: Damhalle valley. 1. Studied sections; 2. Escarpments; 3. Edge of alluvial terraces; 4. Tracks; 5. Secondary streams; 6. Drainage axes; 7. Alluvial fans; 8. Colluvial/alluvial filling; 9. Normal fault (approximate or inferred); 10. Syncline, overturned; 11. Normal faults; 12. Contour lines (equidistance 100 m); 13. Tsaliet Group (volcanic, sedimentary and metamorphic proterozoic rocks); 14. Didikama Formation (proterozoic slate and dolomite). Geology after Kazmin (1976).

2.3. Climat et écoulements

Les faibles quantités d'eau disponibles pour l'agriculture expliquent par les conditions climatiques et justifient l'implantation des ouvrages de CES. Selon le *National Atlas of Ethiopia* (Bascom, 2015), le climat de Wakarida et de ses alentours est de type BSh dans la classification de Köppen (Köppen, 1900), soit un climat de steppe semi-aride chaude (Fazzini et al., 2015). Les précipitations y sont assez variables (entre 379 mm/an à Mechare, au nord-est du site et 575 mm/an à Adigrat, sur le plateau, à l'ouest du site) et irrégulières (fig. 5). Au regard de la topographie, c'est Mechare qui est la plus semblable à Wakarida, mais elle est plus au nord, et à une altitude bien inférieure, tandis qu'Adigrat est à une latitude et à une altitude assez proches de celles de Wakarida mais dans une situation topographique différente. Sur les deux diagrammes (fig. 5), on observe que les précipitations

se concentrent pendant une saison des pluies principale (*kiremt*), de juin à septembre (ici surtout sensible en juillet et août), précédée d'une petite saison des pluies secondaire (*belg*), entre février et mai (qu'on distingue particulièrement en avril et mai dans les deux stations). Selon les stations, les pluies de *kiremt* représentent entre 57 et 62 % des précipitations totales (fig. 5). Une telle concentration provoque régulièrement la formation d'écoulements de surface temporaires, particulièrement brefs et violents, qui forment des crues et peuvent endommager les cultures ou les ouvrages de conservation des eaux et des sols (semences ou récoltes noyées, arrachées, murs détruits, sols emportés, notamment), voire amorcer ou poursuivre l'incision dans les remblaiements (à Damhalle, notamment). Il s'agit donc, pour les agriculteurs, de tirer le meilleur parti possible de ces précipitations en entravant la concentration des eaux et en favorisant leur infiltration dans les sols cultivés, tout en protégeant



Fig. 4 – Paysages de terrasses autour de Wakarida.

A : Vallée cultivée en marches d'escalier et versants pentus à faible couverture végétale. Vallée de May Weini vue depuis l'extrême aval (N. Blond, 2017) ; B : Croupes cultivées en terrasses sur un haut de versant (O. Barge, 2014) ; C : Versant couvert de terrasses anti-érosives construites à la demande du gouvernement dans le cadre du programme « Food for Work », vallée de May Ayni (Y. Callot, 2013) ; D : Cultures maraichères irriguées, vallée de May Ayni (Y. Callot, 2013).

Fig. 4 – Terraced landscape around Wakarida.

A : Step-like cultivated valleys and high, steep and poorly vegetated slopes. May Weini valley as viewed from its downstream part (N. Blond, 2017); B : Terraced cultivated ridges on the top of a slope (O. Barge, 2014); C: Slope covered with anti-erosion walls, built on demand of the government through the « Food for Work » programm, May Ayni valley (Y. Callot, 2013); D: Irrigated vegetable gardening, May Ayni valley (Y. Callot, 2013).

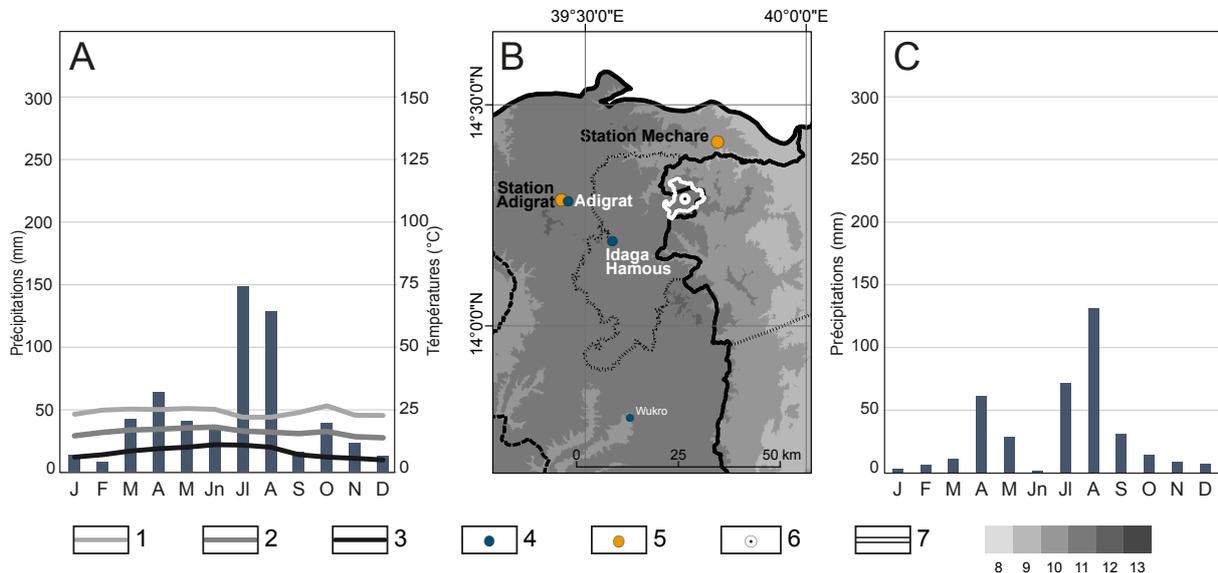


Fig. 5 – Diagrammes ombrothermiques de deux stations météorologiques autour de Wakarida.

A et C : Données National Meteorological Agency (NMA). Moyennes mensuelles issues de la compilation de données quotidiennes (précipitations, température maximale et température minimale) pour les mois ayant plus de 28 jours d'enregistrements. Températures moyennes calculées à partir de la moyenne de Tmax et Tmin (Amat et al., 2008 ; World Meteorological Organization, 2017). A : Adigrat. Période : 01/1970 à 01/2017, lacunes de 02/1972 à 12/1979, de 12/1980 à 04/1997, de 12/1999 à 05/2000 et de 07/2000 à 03/2001. C : Mechare. Période : 07/2006 à 05/2016. B : Carton de localisation des stations météorologiques. 1. Tmax ; 2. Tmoy ; 3. Tmin ; 4. Principales villes du Tigray ; 5. Stations météorologiques étudiées ; 6. Wakarida ; 7. Zone de prospection ; 8 à 13 : Altitude (m) d'après SRTM 30 m ; 8. < 0 ; 9. 0 – 1 000 ; 10. 1 000 – 2 000 ; 11. 2 000 – 3 000 ; 12. 3 000 – 4 000 ; 13. > 4 000. N. Blond, 2018.

Fig. 5 – Temperatures and rainfall of two meteorological stations around Wakarida.

A and C : Data from the National Meteorological Agency (NMA). Monthly means from the compilation of daily data (rainfall, maximum and minimum temperatures) in months with more than 28 days of records. Mean temperatures calculated from the mean of Tmax and Tmin (Amat et al., 2008 ; World Meteorological Organization, 2017). A : Adigrat. From 01/1970 to 01/2017, gaps from 02/1972 to 12/1979, from 12/1980 to 04/1997, from 12/1999 to 05/2000 and from 07/2000 to 03/2001. C : Mechare. From 07/2006 to 05/2016. B : Location map of meteorological stations. 1. Tmax ; 2. Tmoy ; 3. Tmin ; 4. Main cities of Tigray ; 5. Studied meteorological stations ; 6. Wakarida ; 7. Survey area ; 8 to 13: Altitude (m) from SRTM 30 m ; 8. < 0 ; 9. 0 – 1,000 ; 10. 1,000 – 2,000 ; 11. 2,000 – 3,000 ; 12. 3,000 – 4,000 ; 13. > 4,000. N. Blond, 2018.

ceux-ci et les terrasses des dégâts. Ces ouvrages représentent en effet, pour la grande majorité des parcelles, la seule technique de gestion de l'alimentation en eau, la culture étant pluviale. Quelques rares exemples d'irrigation existent, qui seront détaillés plus loin. La saison sèche (*bega*) se déploie d'octobre à janvier (Bascom, 2015).

2.4. Terrasses et modelés agricoles

Dans la zone de prospection, les terrasses agricoles dessinent un paysage en degrés (fig. 4A), assez similaire, en apparence, à celui des *jessour* tunisiens (Hilali, 2011), une technique de sédimentation contrôlée assez ancienne. Ces derniers, comme les terrasses éthiopiennes, font partie des rares exemples d'ouvrages de conservation des eaux et des sols qui sont situés dans des vallons, et non sur les versants. Dans le Sud Tunisien, pour casser la pente, retenir les sols et les cultiver, les agriculteurs érigent des levées de terre en travers des thalwegs afin d'y provoquer une accumulation progressive qui sera ensuite cultivée (Bonvallot, 1986, 1992 ; Smane et Mechergui, 1996 ; Baldy, 1997 ; Hilali, 2011). Autour de Wakarida, on retrouve ce principe, où des murets de pierre sèche délimitent des parcelles étagées (fig. 4), plus ou moins surplombantes en fonction de la pente générale du thalweg et de son étroitesse. Ces champs en gradin permettent de casser la pente (fig. 4A) et favorisent le maintien des sols et l'infiltration des eaux de pluie et/ou de ruissellement (Mollard et Walter, 2008), permettant ainsi la mise en culture. Ce processus a conduit à gommer la topographie originelle de la vallée, enfouie sous les accumulations sédimentaires et les cultures. Ces aménagements traduisent, par ailleurs, une population importante. Les chiffres à ce sujet sont rares, et concernent surtout les périodes contemporaines, pour lesquelles on dispose du recensement de 1994 et de celui de 2007 à l'échelle des *woredas* (districts). Le découpage administratif de ces derniers ayant changé dans les années 1990, la comparaison avec des données antérieures est impossible. Pour les périodes plus anciennes, on peut s'appuyer sur des évaluations de la population de certaines villes du Tigray, telles qu'elles sont décrites dans les ouvrages des voyageurs (tab. 1). Ainsi, à la fin

du XVIII^e siècle et au XIX^e siècle, Adoua compte entre 3 000 et 10 000 habitants, alors qu'elle en compte presque 25 000 en 1994 et plus de 40 000 en 2007 (tab. 1).

Dans l'espace considéré, on pourra distinguer différents types d'aménagements :

(i) les terrasses de vallons (fig. 4A) : c'est le type dominant dans la région. Ces terrasses sont construites dans les vallons. L'objectif est de barrer les thalwegs perpendiculairement au sens d'écoulement, afin de piéger les sols et l'eau et d'en retenir une grande partie sur les parcelles (fig. 6). Celles-ci sont délimitées par un bourrelet de terre, dans la plupart des cas renforcé par un muret de soutènement en pierre sèche à l'aval, qui laisse passer, par percolation, l'humidité dans la parcelle suivante (fig. 6). Ces murets ont des hauteurs très variables, allant d'environ 50 cm à plus de six mètres, et l'aspect du parement évolue en fonction des pierres disponibles sur place, le mur étant réalisé à l'aide du matériau disponible *in situ*. Le bourrelet de terre a souvent une section presque trapézoïdale, avec un replat au sommet, précédé par une petite pente (fig. 6). Le replat sert en général à la circulation et, n'étant pas cultivé, demeure enherbé (fig. 6). À l'amont de ce bourrelet, et plus bas que son sommet (environ 50 cm), s'étend la parcelle proprement dite (fig. 6). Elle est horizontale à subhorizontale du fait des labours et de la présence du muret. À l'extrémité amont de la parcelle, une bande est réservée, au pied du mur de la terrasse située plus haut. Elle permet la circulation et évite de dégrader l'ouvrage d'amont avec le soc de l'araire à deux bœufs (*maresha*), lors des labours (fig. 6). Dans ce premier type, il est possible d'identifier deux catégories, en fonction de la largeur du vallon et de la pente :

- Les terrasses d'amont sont plus étroites, souvent moins profondes que celles situées dans les bas-fonds, et sont séparées par des murets plus hauts, du fait de la pente plus forte. Une autre particularité est que le muret distal a un tracé non pas rectiligne mais concave vers l'aval, le but étant, selon toute vraisemblance, d'offrir une plus grande résistance à la pente et à l'érosion hydrique.

- Les terrasses de bas-fond sont larges, profondes, et généralement moins hautes. Vu leur largeur, elles sont parfois divisées en deux parcelles par une levée de terre perpendiculaire au muret distal. Quelques fois, cette séparation recoupe l'ancien lit d'un cours d'eau, aujourd'hui comblé, comme c'est le cas à May Weini (fig. 4A). Les parcelles peuvent être occupées, en particulier lorsqu'elles sont situées à proximité d'un habitat, par une aire de battage. La situation topographique de ces aménagements, en fond de vallon, s'explique par la proximité de la nappe et donc la disponibilité des eaux souterraines, notamment l'inféoflux évoqué plus haut. Celles-ci peuvent être exploitées par le creusement de puits, parfois équipés de motopompes, qui servent à irriguer des parcelles vouées à la culture maraîchère, qu'on pourrait désigner par l'appellation « terrasses-jardins » (fig. 4D). Ce type est localisé presque exclusivement au niveau des confluences de May Ayni, Ka Ebile et May Weini (fig. 2) ;

(ii) les terrasses de croupes, cols et replats : très semblables aux terrasses de vallons par leur construction, leur forme et leurs usages, ces ouvrages s'en distinguent par leur position topographique. Elles sont en effet situées sur les versants, dans des espaces de replats topographiques au niveau des croupes, des cols, des sommets et des buttes (fig. 4A-B), où elles forment des clairières de défrichement au sein d'une végétation basse et peu dense (fig. 4A). En conséquence de cette localisation souvent moins favorable, ces terrasses sont moins planes que leurs équivalentes de vallons. La taille des bassins versants tributaires est aussi plus variable, puisque lorsque les ouvrages sont situés sur des cols ou au sommet de certaines buttes, elle peut être quasiment nulle (fig. 4B) ;

(iii) les banquettes anti-érosives doivent être bien distinguées des ouvrages précédemment décrits. Elles sont localisées sur les versants,

Période	Adoua	Axoum	Source
Années 1790	8 000		(Bruce, 1790) in (Gobat, 1834)
Années 1810	8 000		(Salt, 1816) in (Combes et Tamisier, 1838)
Années 1830	3 000		(Combes et Tamisier, 1838)
Années 1840	5 000		(Lefebvre, 1845)
Années 1840	4 000		(Ferret et Galinier, 1847)
Années 1860	6 000		(Cooke, 1867)
Années 1860	6 000	2 à 3 000	(Andree, 1869)
Années 1870	10 000		(Girard, 1873)
Années 1880	3 000	5 000	(Rohlf, 1883)
1994	24 519	27 148	(Central Statistical Authority, 1995)
2007	40 502	44 629	(Federal Democratic Republic of Ethiopia Population Census Commission, 2008)

Tab. 1 – Évolutions démographiques des villes d'Adoua et d'Axoum du XIX^e au XXI^e siècles, selon les récits de voyageurs et l'agence centrale pour la statistique (Central Statistical Agency, CSA).

Tab. 1 – Demographic evolutions in the cities of Adua and Axum from the 19th to the 21st centuries, from travelers' tales and the Central Statistical Agency (CAS).



mais, contrairement aux terrasses méditerranéennes (notamment en courbes de niveau (Lewis, 1953 ; Blanc, 1984 ; Blanchemanche, 1990), ces murets ne sont pas destinés à fournir des surfaces cultivables, mais à freiner l'érosion sur des versants faiblement végétalisés (fig. 4C). C'est l'État qui demande la construction de ces ouvrages aux populations locales dans le cadre de programmes d'aide alimentaire et/ou financière nommés « *Food for Work* » (Humphrey, 1998 ; Gedamu, 2006 ; Bezu et Holden, 2008). En échange de divers travaux, les participants reçoivent une certaine somme ou une certaine quantité de nourriture ou de semences. À l'inverse, les terrasses agricoles, construites par les propriétaires et exploitants des terres, ne font l'objet d'aucune aide.

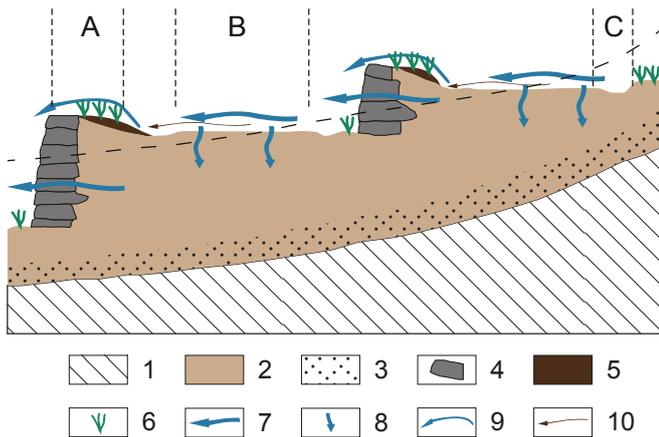


Fig. 6 – Schéma de fonctionnement des terrasses de culture.

A : Espace de circulation ; B : Espace de culture ; C : Chenaux de drainage des eaux de surface. 1. Bedrock ; 2. Remplissage sédimentaire ; 3. Inféroux ; 4. Murets de soutènement ; 5. Accumulations de sédiments déplacés par les écoulements de surface ; 6. Végétation basse ; 7. Écoulements de surface ; 8. Infiltration ; 9. Déversement ; 10. Transports sédimentaires.

Fig. 6 – Functioning sketch for cultivation terraces.

A: Walking area; B: Cultivation area; C: Drainage channel for surface water. 1. Bedrock; 2. Sedimentary filling; 3. Underflow; 4. Retaining wall; 5. Accumulations of sediments moved by surface flow; 6. Low vegetation; 7. Surface flow; 8. Infiltration; 9. Overflow; 10. Sedimentary transports.

3. Méthodologie

La méthodologie, systémique, repose sur la combinaison de plusieurs approches de la géomorphologie et de l'histoire des paysages dans l'optique de répondre à des questions archéologiques. Elle a consisté à combiner travail de terrain, études sédimentologiques et chronostratigraphiques, consultation d'archives (iconographiques, textuelles, photographiques), analyses de photographies aériennes et de photographies et images satellitaires et entretiens avec des agriculteurs.

Le travail de terrain a reposé sur la prospection et la cartographie des formes au sein de la zone d'étude (fig. 2), dans le but de comprendre la géométrie des formes détritiques et l'organisation générale des dépôts. Elle a abouti à la production de cartons géomorphologiques (fig. 3), permettant de rendre compte de l'organisation des dépôts dans les fonds de vallons et des phénomènes d'érosion régressive dans ces comblements. L'étude chronostratigraphique couplée à des analyses sédimentologiques des dépôts permettent d'appréhender l'organisation et la nature des accumulations sédimentaires à l'échelle de la coupe, d'y détecter la présence de traces de culture ou de labour dans les dépôts visibles en coupe ou d'y observer un éventuel lien entre des aménagements agricoles enfouis et la sédimentation, notamment par la recherche

de vestiges archéologiques et/ou agricoles (murets de terrasses, outils, céramiques). Ce travail s'est appuyé sur l'étude des trois coupes naturelles AMA, AMB et Da (fig. 2-3) développées sur 3,5 à 6,5 m de hauteur dans les remblaiements sédimentaires de vallées, à la faveur de l'érosion régressive. Le choix s'est porté sur ce type d'archives sédimentaires car elles offraient la possibilité de faire une lecture stratigraphique, à la fois verticale et longitudinale, donnant dès lors de précieuses informations quant à la formation des dépôts. Elles présentaient, d'autre part, l'avantage de ne pas nécessiter le creusement de sondages dans des champs actuellement cultivés. À Ambare, il s'agit de deux coupes longues de plus d'une dizaine de mètres, en rive droite, parallèles au sens d'écoulement. AMA se trouve à l'amont, AMB à l'aval, peu après la confluence avec un thalweg drainant un bassin versant de plusieurs dizaines d'hectares (fig. 2). La coupe de Damhalle est située à l'amont d'Ambare, dans une vallée relativement courte, qui draine un bassin versant de presque 70 ha. Cet affluent de rive gauche rejoint le thalweg principal à l'aval de la confluence des trois grandes branches déjà citées. La coupe de Damhalle forme un transect d'une rive à l'autre, sur un front d'érosion régressive (fig. 3). Sur ce site, la stratigraphie en long est aussi accessible dans de bonnes conditions sur plus de dix mètres (fig. 3, 6B-C). Quarante-six échantillons ont été prélevés dans les trois coupes, non pas systématiquement mais à chaque changement de faciès (changement de couleur et/ou de texture). Chaque fois qu'une unité stratigraphique (US) comportait des charbons, ils ont aussi été prélevés. Les échantillons de sédiments ont été analysés en laboratoire, au sein de la plate-forme OMEAA (Observations et Mesures des Environnements Actuels et Anciens, UMR 5133 Archéorient et UMR 5600 EVS, Lyon). La taille des particules a été déterminée par granulométrie laser, pour la fraction inférieure à 2 mm (limite du granulomètre laser). Ces mesures ont pour intérêt de mieux connaître la composition des sédiments afin d'en comprendre les modalités de dépôt, l'origine et les processus (anthropiques et/ou naturels) les ayant affectés après le dépôt. La granulométrie donne des indications sur la compétence des processus ayant formé les accumulations sédimentaires observées. Combinée à la lecture stratigraphique des unités (transitions progressives, contacts ravinants, traces de pédogénèse), elle renseigne aussi sur les phases d'ablation et de dépôt. Sur les figures, la couleur dans le log représente la couleur du sédiment, et ne donne pas d'indication quant à la texture. Pour rester en cohérence avec le travail de terrain, la numérotation des US (et des échantillons) est inversée sur la coupe AMA par rapport à l'ordre habituel. La classification des particules reprend celle utilisée par Blott et Pye (2001), d'après Udden (1914) et Wentworth (1922) : fraction fine < 63 µm ; fraction sableuse entre 63 µm et 2 mm ; fraction grossière > 2 mm. Les résultats sont donnés en pourcentages du nombre total de particules comptées par la machine. Les classifications texturales sont celles utilisées par Blott et Pye (2001).

Vingt-six charbons ont été prélevés et datés par la méthode AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*, spectrométrie de masse par accélérateur) grâce au programme ARTEMIS (UMR 5138 Archéométrie et Archéologie, Lyon et accélérateur ARTEMIS, UMR 2572, Saclay) : huit dans la coupe AMA, treize dans la coupe AMB, cinq pour Da. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 2. Dans ce tableau, les indications « av. J.-C. » et « ap. J.-C. » représentent les dates telles qu'elles sont fournies par le Centre de Datation par le Carbone 14 de Lyon. Dans le corps du texte et sur les coupes (fig. 8-10), nous leur avons préféré les formulations « de n. è. » et « av. n. è. » (« de notre ère » et « avant notre ère »). Les âges sont donnés avec une précision de 2 sigmas, et la courbe de calibration utilisée est celle de Reimer et al. (2013). La très faible

Tab. 2 – Datations radiocarbone utilisées dans cette étude. Le code échantillon renseigne sur la vallée dans laquelle se trouve la coupe (fig. 2). AMa et AMb : Ambare ; Da : Damhalle.

Code échantillon	Profondeur (cm)	Matériel	Code laboratoire	Âge radiocarbone (cal BP, 2 sigmas)	Âge calendaire calibré
AMa15ch	70	Charbon	Lyon -13957	375 ± 30 BP	1446 – 1633 ap. J.-C.
AMa14ch	105	Charbon	Lyon -13956	690 ± 30 BP	1256 – 1388 ap. J.-C.
AMa10ch	210	Charbon	Lyon -13955	1205 ± 30 BP	695 – 937 ap. J.-C.
AMa09ch	240	Charbon	Lyon -13954	375 ± 30 BP	1446 – 1633 ap. J.-C.
AMa08ch	260	Charbon	Lyon -13953	710 ± 30 BP	1256 – 1385 ap. J.-C.
AMa06ch	300	Charbon	Lyon -13952	550 ± 30 BP	1311 – 1434 ap. J.-C.
AMa02ch	350	Charbon	Lyon -13951	450 ± 30 BP	1415 – 1479 ap. J.-C.
AMa01ch	375	Charbon	Lyon -13530	915 ± 30 BP	1030 – 1189 ap. J.-C.
AMb02ch	45	Charbon	Lyon -13464	810 ± 30 BP	1169 – 1270 ap. J.-C.
AMb02chbis	45/50	Charbon	Lyon -14632	490 ± 30 BP	1404 – 1450 ap. J.-C.
AMb03ch	65	Charbon	Lyon -13465	615 ± 30 BP	1295 – 1401 ap. J.-C.
AMb05ch	120	Charbon	Lyon -13466	985 ± 30 BP	990 – 1154 ap. J.-C.
AMb06ch	135/140	Charbon	Lyon -14630	430 ± 30 BP	1421 – 1616 ap. J.-C.
AMb07ch	160	Charbon	Lyon -13467	1560 ± 30 BP	420 – 565 ap. J.-C.
AMb08ch	170	Charbon	Lyon -14631	765 ± 30 BP	1219 – 1283 ap. J.-C.
AMb10ch	195	Charbon	Lyon -13468	535 ± 30 BP	1318 – 1439 ap. J.-C.
AMb11ch	220	Charbon	Lyon -13469	515 ± 30 BP	1325 – 1445 ap. J.-C.
AMb12ch	248	Charbon	Lyon -13470	915 ± 30 BP	1030 – 1189 ap. J.-C.
AMb13ch	265	Charbon	Lyon -13471	880 ± 30 BP	1042 – 1222 ap. J.-C.
AMb14ch	293	Charbon	Lyon -13472	1275 ± 30 BP	661 – 800 ap. J.-C.
AMb16ch	330	Charbon	Lyon -13473	1785 ± 30 BP	129 – 345 ap. J.-C.
Da01ch	30	Charbon	Lyon -13474	500 ± 30 BP	1333 – 1449 ap. J.-C.
Da03ch	160	Charbon	Lyon -13475	2470 ± 30 BP	768 – 431 av. J.-C.
Da05ch	240	Charbon	Lyon -13476	3780 ± 30 BP	2296 – 2060 av. J.-C.
Da07ch	275	Charbon	Lyon -13477	3715 ± 30 BP	2201 – 2028 av. J.-C.
Da14ch	630	Charbon	Lyon -13478	6200 ± 40 BP	5295 – 5045 av. J.-C.

Tab. 2 – Radiocarbon dates used in this study. The sample code gives indications on the valley in which the section is situated (fig. 2). AMa and AMb: Ambare; Da: Damhalle.

quantité de matériel disponible a justifié le recours à la datation par la méthode AMS, mais n'a pas permis d'envisager une identification anthracologique systématique des échantillons. Dans certains cas, quelques morceaux ont été réservés et envoyés au Muséum d'Histoire Naturelle pour y être identifiés. Ces deux premières orientations donnent des indices quant aux processus à l'œuvre durant la seconde moitié de l'Holocène (VI^e millénaire av. n. è. – XVII^e siècle de n. è.).

À une échelle temporelle plus fine, le recours aux archives a reposé sur la lecture de récits de conquêtes et de voyages du XVI^e au XIX^e siècles et sur la consultation de gravures et illustrations qui les accompagnaient, mais aussi de cartes postales et photographies au sol anciennes, en cherchant les informations relatives aux paysages et à l'environnement, ainsi qu'aux techniques culturelles, en particulier aux terrasses, dans le Tigray. Ces archives ont aussi permis de recueillir différentes estimations démographiques pour quelques villes du Tigray, afin d'illustrer les évolutions démographiques de la fin du XVIII^e siècle au XXI^e siècle (tab. 1). Pour les périodes plus récentes, des photographies aériennes de 1964-1965 ont été comparées à celles de 1994 et aux images satellitaires actuelles, afin de mettre en évidence les évolutions dans l'occupation des vallées par les cultures et de repérer d'éventuelles traces de terrasses anciennes. Les photographies ont été recueillies auprès de la *National Mapping Agency* (NMA) à Addis-Abeba, les images satellitaires sont disponibles en ligne via *Google Earth*.

Enfin, afin de mettre en relation les évolutions des paysages et des environnements avec les pratiques agricoles actuelles et passées, des entretiens ethnogéomorphologiques (Wilcock et al., 2013) et ethnoarchéologiques (Aurenche, 2012) ont été menés dans la zone d'étude. Il s'est agi de trente entretiens semi-directifs auprès des

agriculteurs, dans la partie tigréenne de la zone de prospection, avec l'aide de traducteurs parlant amharique, tigrinya et anglais. Ici, nous ne présentons de ces enquêtes que les informations relatives à l'évolution du paysage et aux techniques agricoles de terrassement.

4. Résultats

4.1. Descriptions chronostratigraphiques

Les coupes étudiées présentent un certain nombre de points communs concernant la sédimentologie, que l'on retrouve d'une coupe à l'autre (fig. 8-10), malgré des âges très différents (tab. 2-5). Les coupes étudiées ici peuvent être rassemblées en deux groupes, qui représentent à la fois les âges des échantillons qu'on y a trouvés et leur appartenance à un sous-bassin versant. Ainsi, les coupes AMa et AMb se trouvent dans la vallée d'Ambare et sont assez récentes : AMa, II^e-XV^e siècles de n. è. (tab. 2-3), AMb, VII^e-XVII^e siècles de n. è. (tab. 2, 4). À Damhalle, en revanche, la chronologie des échantillons de la coupe Da est beaucoup plus étendue : les âges courent du VI^e millénaire av. n. è. au XV^e siècle de n. è. (tab. 2, 5). Tous ces dépôts sont situés dans la partie aval de l'hydrosystème local (fig. 2).

Dans les deux coupes d'Ambare (tab. 2-4), les âges ne suivent pas une chronologie « normale » (le plus ancien dessous, le plus récent dessus). Ces inversions, quand elles concernent des dates très proches, peuvent être liées à l'« effet vieux bois » (Stouvenot et al., 2013). Les perturbations de la chronologie peuvent également indiquer le remaniement des sédiments voire leur bioturbation. Les inversions stratigraphiques ne se trouvent pas de façon aussi nette pour Da (tab. 2, 5). Dans les paragraphes suivants (4.1.1. et 4.1.2.),



Fig. 7 – Érosion dans des accumulations détritiques en fond de vallons.

A : Terrasse alluviale dans la vallée d’Ambare ; B : Front de l’érosion régressive à Damhalle, donnant accès à la stratigraphie en long et en travers. Le personnage dans le cercle donne l’échelle. La flèche indique la position de la coupe visible en C ; C : Coupe stratigraphique à Damhalle (N. Blond 2014, 2015, 2017).

Fig. 7 – Erosion of detritic accumulations in valley bottoms.

A: Alluvial terrace in Ambare valley; B: Front of headward erosion in Damhalle. The scale is given by the person in the circle. The arrow locates the section which is visible on C; C: Stratigraphic section in Damhalle (N. Blond 2014, 2015, 2017).

les âges seront présentés par groupes de dates, témoins de périodes de remaniement des sédiments, et qui semblent cohérents pour l’interprétation.

4.1.1. Coupe AMA

Pour la coupe AMA, on peut identifier quatre groupes de dates (fig. 8, tab. 3) :

(i) groupe 1 : US01 – US02. Un seul charbon date cette phase : 1030–1189 de n. è., âge que l’on retrouve à AMb. Ici, il coiffe une US très grossière (US01, galets et graviers à matrice limoneuse) ;

(ii) groupe 2 : US03 – US06. Les âges sont compris entre 1415–1479 de n. è. et 1256–1385 de n. è., avec un jalon intermédiaire daté de 1311–1434 de n. è. Cette succession chronologique du XV^e aux XII^e–XIV^e siècles de n. è. semble correspondre à une inversion stratigraphique. Elle recoupe la transition, dans la stratigraphie, d’un matériau fin de couleur grise à des unités plus grossières (US04, sable très fin ; US05 et US06, sables grossiers et graviers dans une matrice de limons grossiers), de couleur beige ou brune ;

(iii) groupe 3 : sommet de l’US06 – US07. Cette phase est encadrée par deux dates qui semblent attester une seconde phase d’inversion stratigraphique : 1446–1633 de n. è. et 695–937 de n. è. La stratigraphie y est assez homogène (US06 et US07, sables grossiers et graviers dans une matrice de limons grossiers), avec une transition du beige au brun clair ;

(iv) groupe 4 : US11 à US13. On trouve deux âges, très proches de ceux des US précédemment évoquées : 1265–1388 de n. è. (US11, voir bas de l’US06) et 1446–1633 de n. è. (US13, voir sommet de l’US06). Ces trois US sont brun clair et composées de limons grossiers, qui servent de matrice à des graviers dans l’US12.

Les US08, US09 et US10 ne peuvent être incluses dans aucune phase car on ne connaît pas leur âge. Elles ont une texture semblable constituée de limons grossiers à très grossiers (tab. 3). Cette matrice fine, brun clair, enferme des éléments anguleux, peu roulés, dans l’US08. On observe aussi des graviers et des galets d’aspect roulé dans l’US10.

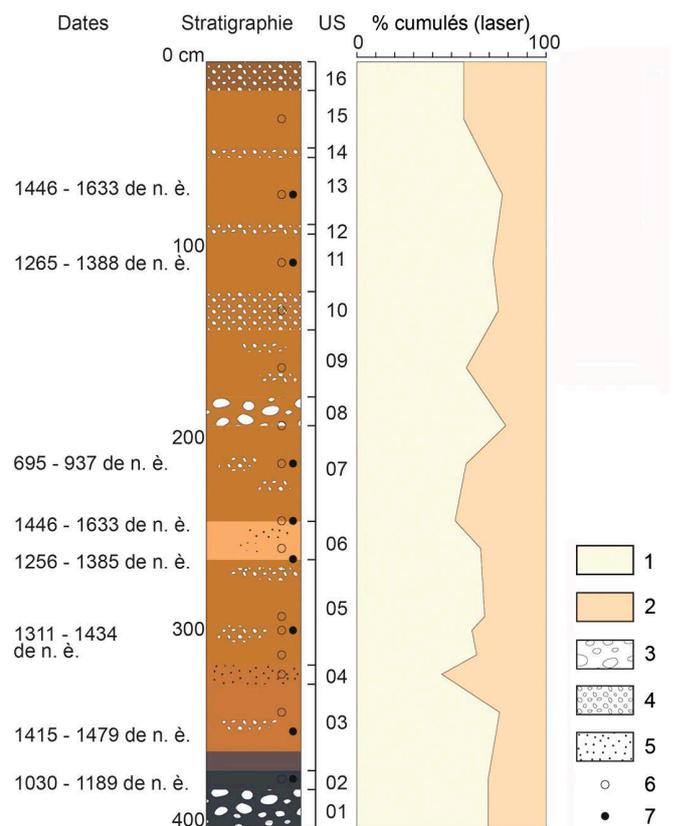


Fig. 8 – Coupe stratigraphique, dates calibrées et résultats de la granulométrie laser pour la coupe AMA. N. Blond, 2018.

1. Fraction fine ; 2. Fraction sableuse ; 3. Galets ; 4. Graviers ; 5. Sables grossiers ; 6. Échantillons sédimentaires ; 7. Échantillons de charbon.

Fig. 8 – Stratigraphic section, calibrated ages and laser granulometry results for AMA section. N. Blond, 2018.

1. Fines; 2. Sand; 3. Pebble; 4. Gravel; 5. Coarse sands; 6. Sedimentary samples; 7. Charcoal samples.

Tab. 3 – Description synthétique des séquences stratigraphiques de la coupe AMa.

Tab. 3 – Synthetic description of the stratigraphic sequences of the AMA section.

US	Profondeur (cm)	Texture	Couleur	Âge	Groupes de dates	Autre
16	0-15	Gravier - Matrice fine	Brun	/		Remanié
15	15-45	Limon très grossier	Brun clair	/		
14	45-50	Gravier - Matrice fine	Brun clair	/		
13	50-85	Limon grossier	Brun clair	1446 - 1633 de n. è.		Charbon
12	85-90	Gravier - Matrice fine	Brun clair	/	Groupe 04	
11	90-120	Limon grossier	Brun clair	1265 - 1388 de n. è.		Coquille, Charbon
10	120-140	Limon grossier - Gravier et galet	Brun clair	/		
9	140-175	Limon très grossier	Brun clair	/		
8	175-190	Limon grossier	Brun clair	/		
7	190-240	Limon très grossier - Sable grossier et gravier	Brun clair	695 - 937 de n. è.	Groupe 03	Coquille, Charbon
6	240-260	Limon très grossier - Sable grossier et gravier	Beige	1446- 1633 de n.è. (sommet) / 1256- 1385 de n. è. (base)		Coquille, Charbon
5	260-315	Limon très grossier - Sable grossier et gravier	Brun clair	1311 - 1434 de n. è.	Groupe 02	Charbon
4	315-325	Sable très fin	Brun clair	/		
3	325-370	Limon grossier	Brun clair / Base Gris clair	1415 - 1479 de n. è.		Charbon
2	370-380	Limon grossier	Gris bleuté	1030 - 1189 de n. è.		Charbon
1	380-400	Galet - Matrice limoneuse	Gris bleuté	/	Groupe 01	

4.1.2. Coupe AMb

Les faciès de la coupe AMb sont homogènes, avec des sédiments fins (limons moyens à grossiers) et plutôt compacts (fig. 9, tab. 4). Ces dépôts sont interrompus par quelques passées grossières horizontales. La chronologie est plus confuse, et les âges un peu plus dispersés qu'à AMa. Il est possible d'identifier quatre groupes de dates (fig. 9, tab. 4) :

(i) groupe 1 : US13d – US13a. Cinq dates jalonnent cet ensemble : 129–345 de n. è., 661–800 de n. è., 1042–1222 de n. è., 1030–1189 de n. è., et 1325–1439 de n. è. Les deux âges du XI^e siècle de n. è. (US13b et US13a) peuvent être rassemblés : ces deux échantillons sont très proches chronologiquement et stratigraphiquement, et la légère différence de date peut être liée à l'« effet vieux bois » (Stouvenot et al., 2013). On notera que l'âge attribué à la base de l'US13a est exactement le même que celui de l'US02 de la coupe AMa. Les quatre US sont fines (limon très grossier), l'US13c étant un peu plus grossière (sable fin / limon grossier). Les US13d et US13b sont gris bleuté, tandis que les US13c et US13a sont gris clair. Ces US étaient très humides lors des prélèvements (proximité de la nappe). Les deux US de la base (US13d et 13c) présentent aussi quelques traînées verticales plus claires qui, combinées à la texture, la continuité stratigraphique, la couleur et la continuité chronologique, semblent indiquer le développement d'un paléosol ;

(ii) groupe 2 : US12–US09. Ce sont trois dates qui présentent une inversion chronologique : 1318–439 de n. è., 1219–1283 de n. è., et 420–565 de n. è. Les phases auraient pu différer, notamment par le regroupement des deux échantillons du sommet de l'US13a et de l'US12, mais la présence d'une US grossière et ravinante (US12) nous a fait préférer l'organisation présentée ici. Cette séquence est assez

homogène stratigraphiquement : les sédiments sont brun clair et fins (limon grossier) à l'exception de l'US12 (blocs, galets et graviers dans une matrice de sable fin). On note aussi quelques passées de petits galets et graviers dans l'US10 ;

(iii) groupe 3 : US08–US07. Deux dates marquent ici aussi une inversion chronologique : 1421–1616 de n. è., et 990–1154 de n. è. Les sédiments sont brun clair et fins (limons grossiers à très grossiers). On observe également quelques passées de graviers à la base de chacune de ces deux US ;

(iv) groupe 4 : US05–US03. Cette dernière phase est moins claire. Les deux échantillons sont très proches (20 cm), avec des âges contemporains. Mais l'US03 pose quelques questions. L'échantillon ayant fourni une quantité relativement élevée de charbon, deux datations AMS ont été effectuées. Elles ont donné deux âges différents et assez éloignés : 1169–1270 de n. è. dans un premier temps, puis 1404–1450 de n. è., décalage qui pourrait être lié à l'« effet vieux bois » (Stouvenot et al., 2013) : il pourrait s'agir de deux fragments d'un même individu, mais situés plus ou moins proches du cœur de l'arbre. Il se peut aussi que les charbons de cet échantillon proviennent du mélange de sols, et qu'il s'agisse de charbons produits à des moments différents et incorporés à la même US lors de l'alluvionnement/du colluvionnement. Ces deux âges sont néanmoins cohérents avec celui de l'US05 (1295–1401 de n. è.). La texture des sédiments est assez hétérogène (limons grossiers, US05 ; graviers et petits galets, US04 ; limons très grossiers, US03), de même que la couleur, qui va du brun jaune (US05) au brun (US03) en passant par le brun clair (US04).

Les US01 et US02 correspondent à la zone régulièrement affectée par les labours, ce qui peut expliquer que la stratigraphie y soit perturbée et qu'on y trouve des galets, des gros graviers et du matériel plus fin (tab. 4). Le décalage temporel entre les inversions

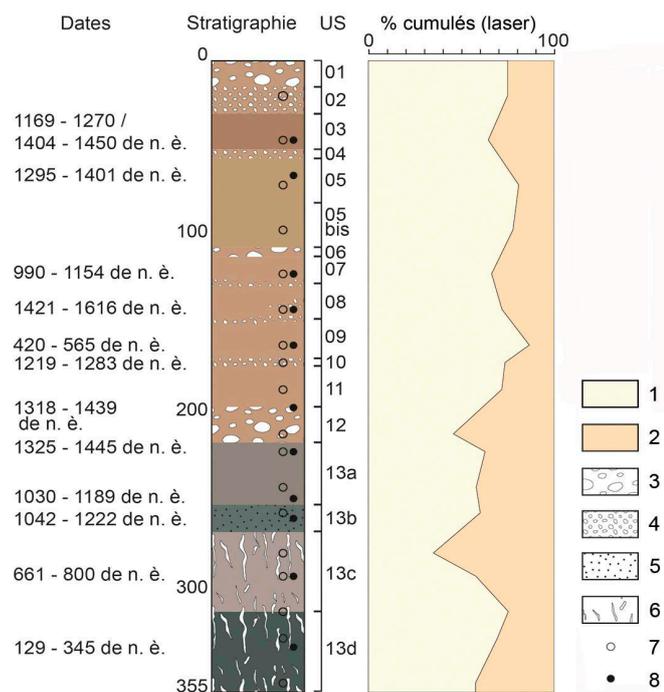


Fig. 9 – Coupe stratigraphique, dates calibrées et résultats de la granulométrie laser pour la coupe AMb. N. Blond, 2018.

1. Fraction fine ; 2. Fraction sableuse ; 3. Galets ; 4. Gravier ; 5. Sables grossiers ; 6. Traces blanchâtres ; 7. Échantillons sédimentaires ; 8. Échantillons de charbon.

Fig. 9 – Stratigraphic section, calibrated ages and laser granulometry results for section AMb. N. Blond, 2018.

1. Fines; 2. Sand; 3. Pebble; 4. Gravel; 5. Coarse sands; 6. Whitish traces; 7. Sedimentary samples; 8. Charcoal samples.

Tab. 4 – Description synthétique des séquences stratigraphiques de la coupe AMb.

US	Profondeur (cm)	Texture	Couleur	Âge	Groupes de dates	Autre
1	0-15	Galet, matrice fine	Brun clair	/		Remanié
2	15-30	Limon grossier	Brun clair	/		
3	30-50	Limon très grossier	Brun	1169 - 1270 de n. è. / 1404 - 1450 de n. è.		Charbon
4	50-55	Gravier, petit galet	Brun clair	/	Groupe 04	
5	55-80	Limon grossier	Brun jaune	1295 - 1401 de n. è.		Charbon
5 bis	80-105	Limon grossier	Brun jaune	/		
6	105-110	Galet, matrice fine	Brun clair	/		
7	110-125	Limon très grossier	Brun clair	990 - 1154 de n. è.	Groupe 03	Charbon
8	125-145	Limon grossier	Brun clair	1421 - 1616 de n. è.		Charbon
9	145-168	Limon grossier	Brun clair	420 - 565 de n. è.		Coquilles, Charbon
10	168-172	Limon grossier	Brun clair	1219 - 1283 de n. è.		
11	172-195	Limon grossier	Brun clair	1318 - 1439 de n. è.	Groupe 02	Charbon
12	195-215	Bloc, galet, gravier, matrice sable fin	Brun clair	/		
13a	215-250	Limon très grossier	Gris clair	1325 - 1445 de n. è. (sommet) / 1030 - 1189 de n. è. (base)		Charbon
13b	250-265	Limon très grossier	Gris bleuté	1042 - 1222 de n. è.	Groupe 01	Coquilles, Charbon
13c	265-310	Sable fin / Limon grossier	Gris clair	661 - 800 de n. è.		Traces blanchâtres verticales, Charbon
13d	310-355	Limon très grossier	Gris bleuté	129 - 345 de n. è.		Traces blanchâtres verticales, Charbon

de ces deux coupes (AMa et AMb), pourtant situées dans la même vallée, peut s'expliquer par un différentiel amont/aval, mais aussi par la localisation d'AMb après une confluence avec une vallée dont les apports aussi peuvent avoir été enregistrés dans la coupe AMb : les charbons peuvent provenir de deux bassins versants, au sein desquels les vitesses de transport peuvent différer, expliquant ainsi que des âges plus anciens puissent recouvrir des âges plus récents (US07 et US08, par exemple).

4.1.3. Coupe Da

Avec 6,5 m de hauteur, cette coupe est la plus haute de la zone étudiée (fig. 10). Elle est très homogène du point de vue de la texture des fines, qui sont des limons moyens et des limons grossiers. Dans l'ensemble des échantillons, les fines représentent entre 73,7 et 91,7 % des particules inférieures à 2 mm.

La durée plus importante de l'enregistrement dans la coupe Da (VI^e millénaire av. n. è. – XV^e siècle de n. è.) (tab. 2, 5) peut s'expliquer par la taille plus faible du bassin versant et sa moindre amplitude altitudinale, caractéristiques entraînant des écoulements moins compétents et favorisant la conservation de dépôts sur une longue durée. Pour cette coupe, la chronologie est cohérente et ne présente pas de traces d'inversions (fig. 10, tab. 5). Il est en revanche possible de distinguer des sections par la stratigraphie (et non par la chronologie comme cela a été fait pour les deux coupes d'Ambare) :

(i) les US13 et US12 forment la base, gris clair (US13) et gris bleuté (US12) de la section. L'US13, formée de cailloutis cimentés, a un aspect très gris, cendreuse, avec des passées blanchâtres verticales qui semblent être des concrétions. La base de l'US12 est datée de 5295-5045 av. n. è. Elle est constituée de limons ayant l'apparence de vases séchées voire indurées ; elle est coiffée par des plaquettes de

Tab. 4 – Synthetic description of the stratigraphic sequences of AMb section.

schiste litées horizontalement et présentant des traces d'oxydation. Cette séquence a une pente de dépôt qui suit la paléotopographie du versant (fig. 7C) et marque l'origine colluviale des limons. Ces apports latéraux semblent avoir connu une longue période de stabilité ayant permis le développement d'un paléosol ;

(ii) une part importante de la partie basale de la coupe n'a pas pu être datée, faute d'une quantité suffisante de matériel (sommet de l'US12 et l'US09). La transition se fait par une US comportant une matrice fine et du cailloutis peu émoussé gris clair (US11). Dans cet ensemble, les sédiments sont brun clair (US10 et US09) à

brun (US08) et fins (limons moyens, US10 et US08), avec quelques passées grossières (US09, cailloutis dans une matrice de limon grossier) ;

(iii) le sommet de l'US08 et l'US07 peuvent être rapprochés. Datés respectivement de 2201–2028 av. n. è., et 2296–2060 av. n. è., ces deux charbons ne sont séparés que de 35 cm, la texture est identique (limon moyen) et la couleur proche (brun, US08 ; beige, US07). L'apparente inversion chronologique peut être le résultat de l'« effet vieux bois » (Stouvenot et al., 2013). L'US07 forme la base d'un ensemble stratigraphique beige de limons moyens (US07 et US06) ou grossiers (US04 et US03), séparés par une unité un peu plus grossière de graviers dans une matrice limoneuse (US05). L'US03, 160 cm sous le sommet, est datée de 768–431 de n. è. ;

(iv) enfin, les deux dernières US sont très homogènes (limons grossiers beige) et le charbon le plus haut dans la coupe (US01) date de 1333–1449 de n. è.

Pour compléter ces analyses, on peut noter qu'aucune trace de muret n'a été trouvée dans ces accumulations sédimentaires, que ce soit dans les coupes présentées ici, dans les stratigraphies visibles aux alentours ou dans les quelques puits creusés à proximité de la confluence des vallées de May Weini et May Ayni (fig. 2). On n'y observe pas non plus de matériel culturel (tessons, objets), pas plus que d'outillage agricole dans les sites archéologiques fouillés. Enfin, la zone prospectée ne présente pas de trace archéologique d'une d'occupation antérieure à la période pré-axoumite.

4.2. Enseignements des données historiques

Les remplissages, en particulier ceux d'Ambare, sont relativement jeunes et aucun ne comporte de trace d'une mise en terrasse ancienne ou d'une quelconque gestion agricole des eaux de crues. On retrouve ce trait durant la période moderne, pendant laquelle les paysages éthiopiens semblent très riches aux explorateurs qui les ont traversés, tant du point de vue de la végétation que de la faune. Toutefois, si l'agriculture y est largement évoquée et détaillée, l'aménagement en terrasse est absent des descriptions comme des représentations iconographiques (gravures, cartes postales anciennes), soit qu'il n'ait pas attiré l'attention des auteurs, soit qu'il n'ait pas existé (Bruce, 1790 ; Lefebvre, 1845 ; Rüppell, 1840 ; Girard, 1873 ; Chihâb Al-Dîn, 1897 ; D'Abbadie, 1980, 1999 ; Lobo, 1984 ; Bard et al., 2000). La seconde hypothèse semble la plus vraisemblable car, dans tous les récits de voyageurs de cette époque, l'attention aux pratiques rurales est extrême et la description du soin accordé aux cultures et aux jardins est presque un *topos*. Il en va de même des récits plus récents (Brown, 1965 ; Henze, 2001) : les terrasses ne sont pas non plus évoquées, bien qu'elles semblent déjà apparaître, au moins sur le plateau.

La comparaison des photographies aériennes disponibles (1965 et 1994), centrée sur la vallée de Ka Ebile (fig. 2) met en lumière quelques différences notables (fig. 11) : au milieu des années 1960, ce vallon est déjà partiellement comblé par des sédiments, qui ne semblent pas mis en culture, alors que ceux de l'extrême aval de May Weini le sont, comme le montre la délimitation des parcelles sur la Figure 11A. En revanche, on distingue dans la vallée de Ka Ebile le tracé du lit d'un cours d'eau, et même, le long de ce tracé, des taches plus sombres, qui pourraient indiquer des écoulements de surface (fig. 11A-A'). Sur la photographie de 1994 (fig. 11B), ces écoulements de surface n'existent plus, le lit incisé a été comblé, à l'exception d'un petit secteur, dans le coin inférieur droit du rectangle blanc (fig. 11B-B'). Dans certaines portions plus pentues des vallées, les traces d'incision demeurent cependant. Par ailleurs, sur les photographies de 1965, la couverture végétale, notamment sur les versants, est plus dense ; on n'y recense presque

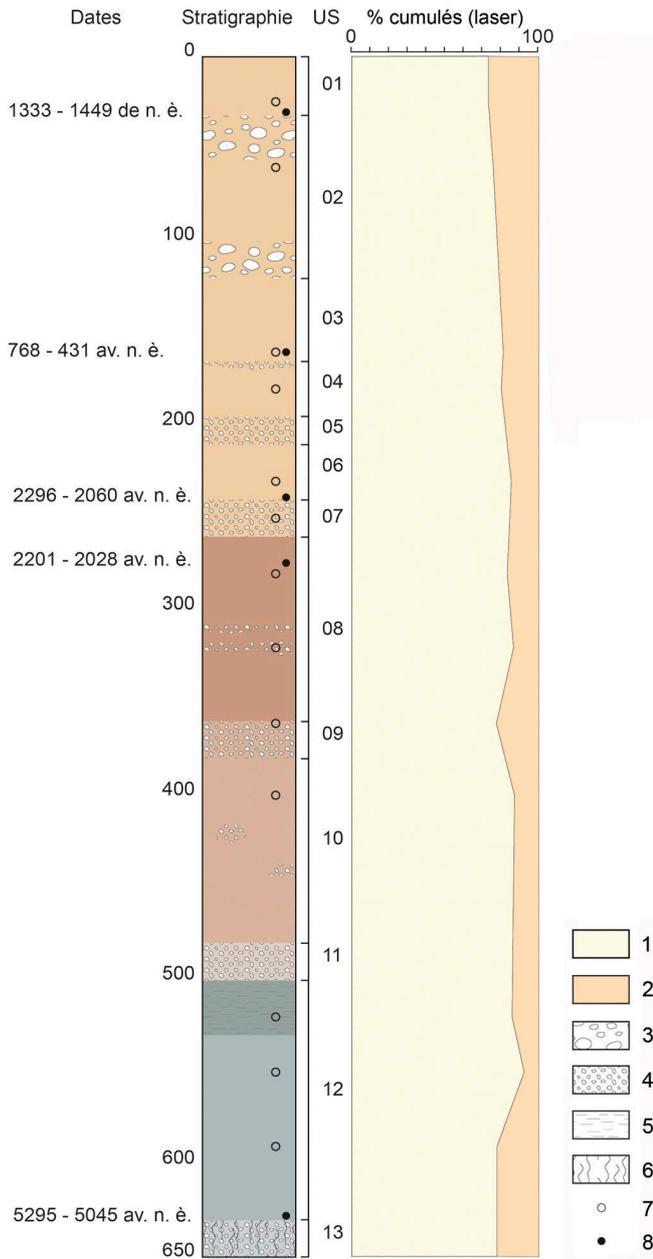


Fig. 10 – Coupe stratigraphique, dates calibrées et résultats de la granulométrie laser pour la coupe Da. N. Blond, 2018.

1. Fraction fine ; 2. Fraction sableuse ; 3. Galets ; 4. Graviers ; 5. Plaquettes de schiste litées ; 6. Concretions ; 7. Échantillons sédimentaires ; 8. Échantillons de charbon.

Fig. 10 – Stratigraphic section, calibrated ages and laser granulometry results for section Da. N. Blond, 2018.

1. Fines; 2. Sand; 3. Pebble; 4. Gravel; 5. Bedded shale chips; 6. Concretions; 7. Sedimentary samples; 8. Charcoal samples.

Tab. 5 – Description synthétique des séquences stratigraphiques de la coupe Da.

Tab. 5 – Synthetic description of the stratigraphic sequences of Da section.

US	Profondeur (cm)	Texture	Couleur	Âge	Autre
1	0-32	Limon grossier	Beige	1333 - 1449 de n. è.	Charbon
2	32-120	Limon grossier	Beige	/	
3	120-165	Limon grossier	Beige	768 - 431 de n. è.	Charbon
4	165-195	Limon grossier	Beige	/	
5	195-210	Gravier, matrice limoneuse	Beige	/	
6	210-240	Limon moyen	Beige	2296 - 2060 av. n. è.	Charbon
7	240-260	Limon moyen	Beige	/	
8	260-360	Limon moyen	Brun	2201 - 2028 av. n. è.	Charbon
9	360-380	Cailloutis, matrice limon grossier	Brun clair	/	
10	380-480	Limon moyen	Brun clair	/	
11	480-500	Cailloutis anguleux	Gris clair	/	Oxydation
12	500-630	Limon moyen, limon grossier	Gris bleuté	5295 - 5045 av. n. è.	Charbon
13	630-650	Cailloutis induré	Gris clair	/	Oxydation ; tubes racinaires (?)

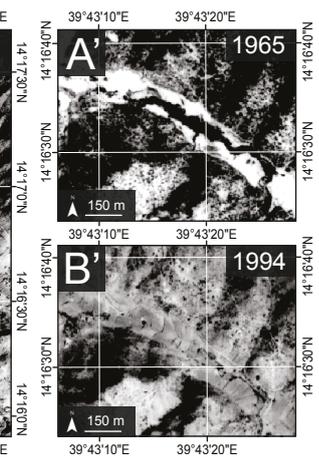
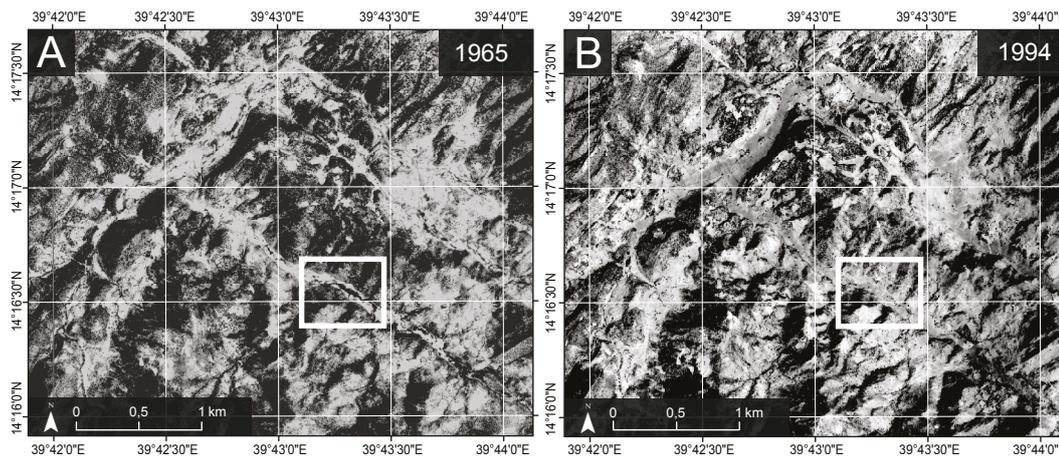


Fig. 11 – Photographies aériennes de la zone de Wakarida en 1965 et 1994. A : En 1965. B : En 1994. Les rectangles blancs signalent la zone évoquée dans le texte. A' : Extrait correspondant au rectangle blanc en A, 1965. Remarquer les vallées dépourvues de terrasses et entaillées de chenaux d'écoulement. B' : Extrait correspondant au rectangle blanc en B, 1994. Les terrasses ont colonisé les vallées où les écoulements de surface ne sont plus visibles. NMA, 2017

Fig. 11 – Aerial photographs of the area around Wakarida in 1965 and 1994. A: In 1965. B: In 1994. White rectangles show the location of the area mentioned in the text. A': Extract corresponding to the white rectangle on A, 1965. Notice the incised valleys with no terraces. B': Extract corresponding to the white rectangle on B, 1994. Terraces have colonized the valleys and the stream channels are not visible anymore. NMA, 2017.

pas d'habitations et on n'y observe pas de terrasses dans les vallées (fig. 11A'). La surexposition de la photographie rend le repérage des cultures dans les vallées et leur délimitation difficiles. Les terrasses agricoles semblent en revanche présentes en 1994 : on observe des champs dans les vallées, dont la séparation est nettement marquée (fig. 11B'). Il reste difficile d'affirmer la présence de murets, vu la résolution. Néanmoins, les textes attestent la dégradation de la végétation et la surexploitation des campagnes tigréennes dans les années 1960 (Brown, 1965 ; Henze, 2001). Sur le plateau, le long de la route entre Adigrat et Yeha, Henze (2001) mentionne les premiers efforts de conservation effectués par l'implantation de quelques terrasses. Celles-ci résultent d'une volonté de l'État de lutter contre l'importante érosion des sols qui a conduit à des famines récurrentes (Hurni, 1985).

4.3. Les apports des entretiens ethnogéomorphologiques

Il ne s'agit pas ici d'exploiter ni d'analyser l'ensemble des données acquises lors des entretiens, mais seulement celles qui ont un rapport avec la question traitée et qui apportent des compléments aux informations recueillies par l'analyse des photographies aériennes anciennes. Ces entretiens tendent à montrer que les aménagements en terrasses sont très récents et succèdent à des cultures sur les comblements sédimentaires non protégés par des ouvrages de conservation des eaux et des sols. Ils sont davantage le résultat de la redistribution des terres après la chute du Gouvernement militaire provisoire de l'Éthiopie socialiste (ou « Derg ») en 1991, qu'à des mouvements de populations. Sur les trente entretiens, vingt-six ont apporté une réponse datée. Parmi ces répondants, 55 %

ont commencé à exploiter leur terre après la chute du Derg et les redistributions (fig. 12A). En revanche, seuls 27 % d'entre eux se sont installés durant cette période (fig. 12B). L'installation et le début de l'exploitation ne sont pas concomitants, certains exploitants étant déjà présents dans la région (jeunes enfants, couples nouvellement mariés, entre autres) avant le moment où ils ont commencé à mettre en valeur leurs terres.

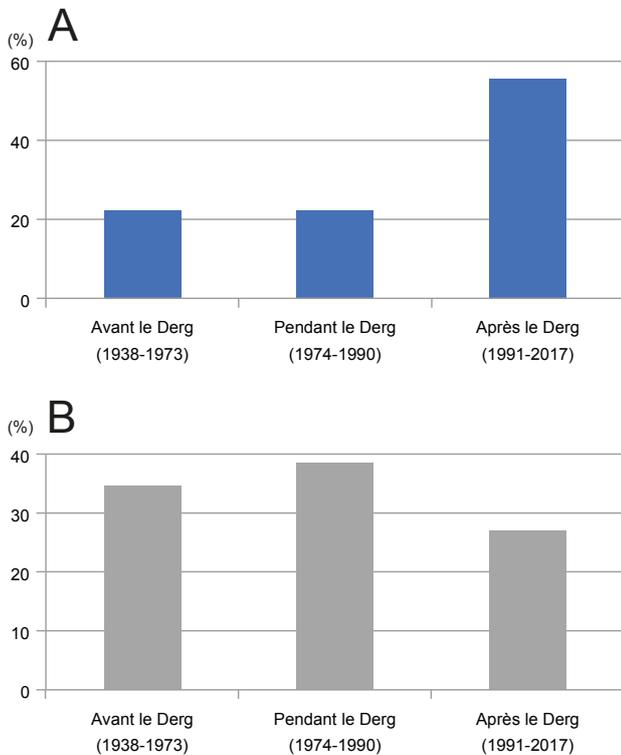


Fig. 12 – Arrivée récente des populations dans la région. N. Blond, 2018.

A : Début d'exploitation agricole des répondants. B : Installation des répondants dans la région.

Fig. 12 – Recent arrival of population in the area. N. Blond, 2018.

A: Beginning of agricultural exploitation of the interviewed persons. B: Installation of the interviewed persons in the area.

5. Interprétations et discussion

L'ensemble de ces résultats permet d'esquisser de premières hypothèses quant à la mise en place des paysages actuels. On peut y déceler le rôle des facteurs naturels et/ou anthropiques de l'érosion, les « traces » (Boissinot, 2000) de l'agriculture dans les enregistrements sédimentaires, mais aussi la marque légère de sociétés pourtant présentes sur le territoire.

5.1. Chronologie de la mise en place des remblaiements

Les analyses sédimentologiques ont montré que le matériel fin est dominant et presque exclusif en tête de bassin (cf. Damhalle), tandis que les dépôts plus grossiers sont plutôt en position supérieure et viennent coiffer les sédiments fins (AMb, notamment) ou s'y intercaler de façon irrégulière (Da). Il semble donc se dessiner deux grands types de dynamiques colluvio-alluviales :

(i) le début du colmatage semble très ancien et s'est poursuivi longtemps, comme en témoigne le site de Damhalle (presque 6 500 ans de sédimentation enregistrés). Il est le résultat de processus peu compétents de colluvionnement ou d'alluvionnement liés à

des écoulements d'énergie modérée, pouvant expliquer la mise en place de grandes épaisseurs de limon, continues sur la longue durée. À Damhalle, la paléotopographie du vallon, jadis beaucoup plus encaissé, a été fossilisée par une fourniture massive de sédiments limoneux dépassant la capacité d'évacuation du système. Ces sédiments proviennent de l'érosion des formations superficielles développées auparavant sur les versants qui sont aujourd'hui marqués par des affleurements rocheux sur des surfaces très étendues ; les placages de formations meubles, généralement minces, ne subsistent que dans les creux topographiques. Sur toute leur épaisseur, les limons présentent une pente de dépôt très marquée depuis le pied des versants jusqu'au centre du paléovallon, ce qui atteste un mode de fourniture dominé par les apports latéraux et une redistribution longitudinale très limitée. Les teintes gris-bleutées de la base de la séquence évoquent un milieu maintenu longtemps dans des conditions réductrices, suggérant la présence d'une nappe permanente. Cette teinte épouse fidèlement la pente de dépôt jusqu'au centre du vallon (fig. 7C), ce qui indiquerait une évolution synchrone ou peu postérieure à la mise en place de ces strates inférieures. On peut donc penser que les premiers mètres de la séquence se sont déposés dans un milieu plus humide que ceux qui lui ont succédé. Sur ce site, l'accumulation s'arrête nettement après le XV^e siècle de n. è. et est suivie d'une incision par érosion régressive qui dégage la grande séquence aujourd'hui observable. Cette érosion régressive continue d'agir mais on ne peut en dater le début de façon précise. La confrontation des datations et de l'analyse des photographies aériennes le place cependant entre le XV^e siècle de n. è., et les années 1960 (fig. 11A).

(ii) à Ambare, le stock alluvial commence à se mettre en place beaucoup plus récemment. À AMb, la partie inférieure ne présente pas de rupture stratigraphique très nette et elle s'accumule sur une durée assez longue, approchant le millénaire, qui témoigne peut-être d'une certaine stabilité du milieu dans les bassins. Les inversions chronologiques, décrites *supra*, suivent des conditions normales de sédimentation. On observe, dans chacune des coupes, deux phases de stratification inversée : à AMa, du XV^e aux XII^e-XIV^e siècles de n. è. d'une part, et des XV^e-XVII^e aux VII^e-X^e siècles de n. è. d'autre part ; à AMb, des XIV^e-XV^e aux V^e-VI^e siècles de n. è., puis des XV^e-XVII^e aux X^e-XI^e siècles de n. è. Ces deux coupes mettent ainsi en lumière deux *terminus ante quem*, périodes principales de perturbation dans la sédimentation : les XII^e-XIV^e siècles de n. è. d'abord, puis les XV^e-XVII^e siècles de n. è. Pour ces périodes, compte tenu de la texture grossière des sédiments et de ces incohérences chronologiques, il semble que l'accumulation ait été essentiellement alimentée par le déstockage de remblaiements mis en place antérieurement, avec transport et dépôt secondaire des charbons qu'ils contenaient. Les éléments ont en effet l'éroussé fluvial typique dans les deux sites d'Ambare, indice d'un transport effectué à l'échelle du réseau hydrographique étudié. Dans la majorité des cas, les lentilles ou lits grossiers sont en position ravinante dans l'unité sous-jacente et évoquent un fonctionnement avulsif, assez proche du tressage (sans être totalement caillouteux). Il est aussi possible d'envisager cette inversion stratigraphique comme la marque d'amendements de zones cultivées par le prélèvement de sols, déplacés d'un secteur à un autre, bien que rien dans les pratiques actuelles ni les entretiens n'atteste cette hypothèse. On peut noter une très bonne concordance entre la date la plus récente à Damhalle (1333-1449 de n. è.), qui est proche de la fin de la dynamique d'accumulation en tête de bassin, et celle qui marque le début des dynamiques d'avulsion à AMb, à l'aval (1325-1445 de n. è.).

L'absence de tout dépôt antérieur au début de notre ère, dans la vallée d'Ambare, pose la question des raisons de cette lacune de près de 5 000 ans par rapport à un site d'amont comme celui de Damhalle.

Il est difficile de faire l'hypothèse qu'aucun dépôt ne s'est produit durant des millénaires, pour plusieurs raisons :

(i) dans le même temps, le bassin amont, très proche, était marqué par des flux très peu compétents et une accumulation généralisée des limons. On expliquerait mal comment ces sédiments ne seraient pas parvenus à engorger aussi le réseau vers l'aval ;

(ii) des épaisseurs alluviales sont présentes aujourd'hui dans des gorges, bien qu'elles soient en voie de déstockage par érosion latérale. Le stockage a donc pu se produire à d'autres moments de l'histoire de la vallée, et il n'est pas à exclure qu'il subsiste des lambeaux de très vieilles séquences qui échappent encore à l'observation ;

(iii) le cailloutis présent dans les séquences actuelles montre que le transport solide est efficace et que l'expulsion au moins partielle d'une nappe ancienne n'est pas impossible. On a en effet pu observer sur le terrain la présence d'un barrage en pierre sèche d'environ 5 m de hauteur dans la vallée de Ka Ebile, emporté par une crue en 2014 et relevé en 2015.

Selon cette hypothèse, les séquences d'Ambare que nous observons actuellement correspondraient à une reprise de l'accumulation, au plus tard vers le début de n. è., après une période marquée par une pénurie sédimentaire dans le bassin. Cette accumulation, comme cela est évoqué plus haut, pourrait avoir été alimentée, notamment au tournant des XIV^e-XV^e siècles, par la destruction de remblaiements plus anciens mais aussi de phénomènes torrentiels (qui fournissaient le matériel grossier, qui reste rare dans les séquences comme Damhalle). Il y a sans doute le passage d'un seuil à cette époque ; il est intéressant de relever que la base de la séquence d'AMb semble assez continue précisément jusqu'aux événements avulsifs des XIV^e-XV^e siècles. A-t-on alors le passage d'un chenal assez étroit et incisé dans une plaine alluviale limoneuse à un lit plus instable latéralement et charriant plus fréquemment des cailloutis ? Dans ces tronçons de l'aval, cette phase d'aggradation est suivie par une reprise récente de l'incision (XV^e-XX^e siècles de n. è. ?) dans les remblaiements. Elle n'a pas encore atteint les drains les plus pentus du réseau mais il faut souligner que les chenaux qu'elle forme sont actuellement aménagés par les terrassements agricoles contemporains.

Il y a donc, au cours du temps, succession ou alternance entre, d'une part des phases caractérisées par des processus de compétence faible ou modérée et associés peut-être à des distances de transport assez limitées, et, d'autre part, des phases aux dynamiques érosives plus puissantes, de type torrentiel.

5.2. Facteurs de contrôle climatiques et anthropiques du détritisme holocène

Le schéma d'évolution que nous venons d'établir doit être discuté à la lumière des connaissances disponibles sur les évolutions paléoenvironnementales de la région. La longue séquence de Damhalle indique que les colluvionnements limoneux ont été précoces. Dans ce site, la partie inférieure du remplissage, compte tenu des indices d'évolution en milieu réducteur qui suggèrent la présence d'une nappe permanente, s'est très vraisemblablement mise en place sous un climat humide. La datation disponible (5295–5045 av. n. è., 6200 ± 40 BP) (tab. 2) tend à le confirmer : de nombreux auteurs indiquent en effet qu'à cette période, l'Afrique de l'est connaît encore les conditions climatiques de l'optimum humide africain (Lézine et Bonnefille, 1982 ; Dramis et al., 2003 ; Nyssen et al., 2004 ; Shanahan et al., 2015). Celui-ci, nommé *African Humid Period* (AHP) s'étend de 12500 à 5000 BP (Gillespie et al., 1983) et est interrompu par des phases plus sèches qui se sont traduites par des stades d'abaissement du niveau des lacs (Dramis et al., 2003), aux alentours de 11000–10000 BP, puis vers 8500–6500 BP et enfin vers 6200–5800 BP dans la vallée du Rift (Gillespie et al., 1983).

L'intervalle humide entre ces deux dernières phases correspond bien à la période de mise en place de la base de Damhalle. Sur le plateau du Tigray et à faible distance du site de Wakarida, Dramis et al. (2003) indiquent deux hiatus dans la formation de sols, autour de 6670–5800 BP sur le site de Tsabati Mariam et vers 6510–5610 BP sur celui de Mai Makden, en lien avec les épisodes secs de cette phase humide. Les auteurs indiquent un changement vers un climat plus aride autour de 5500–4000 BP, période pour laquelle nous n'avons pas de datations (tab. 2). En Afrique du nord et dans la Péninsule Arabique, la phase humide (correspondant au « Sahara vert », *Green Sahara*) s'étend d'environ 15000 à 9000 BP, et le tournant vers l'aridification intervient vers 6500–3500 BP (Lüning et Vahrenholt, 2019), tandis qu'en Égypte, le passage d'une période pluviale vers une phase d'aridité est daté d'environ 5800 BP (Brookes, 2003 ; Bubenzer et Riemer, 2007 ; Crépy et Callot, 2016 ; Sanlaville, 1997 ; Wendorf et Schild, 1980).

À Damhalle, la fossilisation de la première séquence colluviale sous une accumulation de limons bruns, dans lesquels les conditions réductrices et l'induration disparaissent, et où s'intercalent quelques passées caillouteuses, pourrait être imputable à cette évolution qui tend vers une ambiance de plus en plus sèche à partir du tournant des III^e et II^e millénaires av. n. è. Ceci concorderait bien avec l'assèchement que Pietsch et Machado (2014) mettent en évidence dans une séquence alluviale à Yeha, dans le nord du Tigray. Les enregistrements (Da07ch, Da05ch et Da03ch) donnent à penser que des pulsations plus humides sont intervenues au cours de la phase d'aridification (tab. 2), autour de 3700 BP et de 2400 BP (tab. 2) (Dramis et al., 2003). Bien que l'on ne dispose d'aucune datation pour toute cette partie de la séquence, on peut noter que les deux jalons chronologiques qui marquent le passage entre des limons bruns et des limons beige clair (Da08ch et Da07ch), se situent après la fin de l'*African Humid Period*. La terminaison de cette phase diffère selon les régions et les auteurs : en Afrique de l'ouest, où les travaux récents ont été les plus nombreux, Armitage et al. (2015) indiquent une fin brutale aux alentours de 5000 BP, fin abrupte située par Collins et al. (2017) vers 5800–4800 BP, tandis que la transition, située entre 6000 et 4000 BP, est considérée par Hély et al. (2009) comme plus progressive à l'est qu'à l'ouest. De la même manière, Shanahan et al. (2015) mettent en évidence l'asynchronisme spatial de la fin de l'*African Humid Period*, plus précoce aux latitudes supratropicales que près de l'Équateur. En Afrique de l'est, où les informations sont moins complètes, ces mêmes auteurs soulignent le fait que les contrôles climatiques sont plus complexes du fait de la proximité de l'Océan Indien et que les fluctuations climatiques pourraient s'écarter du modèle proposé pour l'ouest du continent. Pour Tierney et al. (2011) et Tierney et deMenocal (2013), cet épisode finit de façon abrupte aux alentours de 5500 BP, tandis que pour Liu et al. (2017), la fin est progressive, datée entre 5500 et 3500 BP. Pour Lézine et al. (2011), les décalages chronologiques entre les reconstitutions sont en partie tributaires de la nature des paléoindicateurs utilisés.

L'apport spécifique de la géomorphologie à ce débat est de pouvoir aider à détecter si les évolutions climatiques instaurent des ruptures, que pourraient signaler par exemple l'expression et la nature des processus morphogéniques (Lespez et al., 2008, 2011). Dans le secteur étudié, d'après le cadre qui a déjà été proposé dans d'autres régions du Tigray, cette évolution vers des milieux plus secs peut avoir induit une relative ouverture du couvert végétal et une moindre protection des versants vis-à-vis de l'érosion hydrique. À la charnière 5500–4500 BP, des travaux signalent en effet, concomitamment à l'abaissement du niveau des lacs (Nyssen et al., 2004), la fin de la turfigenèse dans des milieux humides (Dramis et al., 2003), l'enfouissement de sols sous des apports détritiques et l'interruption de la pédogenèse (Machado et al., 1998). La séquence étudiée

à Wakarida reste marquée par une accumulation de matériel majoritairement fin jusqu'à cette époque, et même au-delà, ce qui signale que les processus qui mettent en place ces remplissages sont la plupart du temps de faible énergie. Toutefois, la présence de passées plus grossières contenant des graviers ou de petits galets indique que des épisodes plus compétents sont alors intervenus de façon sporadique. Ceci peut suggérer une sensibilité accrue des bassins versants vis-à-vis de l'érosion hydrique. En revanche, la continuité du remblaiement sur la longue durée exclurait *a priori* un couvert végétal très clairsemé de milieu sec et les conditions d'écoulement qui lui sont généralement associées : des temps de concentration plus courts, des flux compétents et, par conséquent, des facteurs plutôt favorables à l'incision dans les chenaux dans la mesure où les débits liquides peuvent être relativement augmentés par rapport aux débits solides (Garnier et al., 2015). Dans leur état actuel, nos observations iraient donc plutôt dans le sens d'auteurs (Hély et al., 2009 ; Liu et al., 2017 ; Shanahan et al., 2015) qui considèrent que ces changements ont été progressifs et que le climat est resté encore humide jusqu'au III^e millénaire av. n. è. lorsqu'intervient le véritable tournant vers des conditions plus sèches (Gebu et al., 2009). Il est également éclairant d'établir un parallèle avec les remblaiements alluviaux limoneux des wadis de l'Hadramaout (Yémen), très proches du Tigray oriental (environ 1 000 km à l'est) et soumis au même balancement saisonnier de la mousson de l'Océan Indien. Berger et al. (2012) montrent que l'aggradation y domine jusque vers 5200 BP, avant que s'instaure une phase d'incision. Jusqu'à 6800 BP, l'alluvionnement se fait dans des conditions réductrices et propices à la cimentation, que les auteurs attribuent au maintien d'une nappe alluviale à des niveaux élevés. Les sédiments bruns à jaunes qui coiffent cette unité sont marqués par des phases d'instabilité latérale des chenaux dans un régime d'aggradation. Les phases que nous observons à Damhalle sont très comparables, mais les datations suggèrent que les changements environnementaux ont été un peu plus tardifs dans le Tigray. D'autre part, bien que l'on n'ait pour l'heure aucune preuve archéologique de mise en culture ou d'occupation de ce territoire à la fin de l'Holocène moyen, il ne faut pas exclure que de premiers défrichements aient pu jouer leur rôle assez tôt dans les bassins versants étudiés. L'apparition d'épisodes détritiques plus compétents peut en effet être liée à des ouvertures anthropiques pratiquées dans le couvert végétal, à la disparition des horizons supérieurs du sol et à une meilleure connectivité entre les surfaces productrices de sédiments et les fonds de vallée. Les phénomènes qui ont été signalés peuvent en effet coïncider avec une augmentation de la pression anthropique (déforestation, mise en culture) que de nombreux auteurs ont mise en évidence dans le Tigray (Berakhi et al., 1998 ; Bard et al., 2000 ; Darbyshire et al., 2003 ; Gebu et al., 2009). On peut dès lors interpréter les dépôts anciens (VI^e–III^e millénaires av. n. è.) comme les indices d'une empreinte légère de populations nomades ou semi-nomades durant le début et le milieu de l'Holocène, combinée aux évolutions environnementales de cette période.

Les jalons présents dans la partie supérieure de la séquence la placent à la fin de l'Holocène récent et dans l'Holocène terminal. Par rapport à la période qui précède, la fourniture détritique semble s'affaiblir puisque sur une période de trois millénaires et demi, seuls deux mètres et demi de sédiments s'accumulent. On ne peut pas écarter l'hypothèse que des conditions climatiques plus sèches aient contribué à limiter l'abondance sédimentaire, comme cela a été montré dans la vallée du Yamé pour la période comprise entre 2350 et 1700 BP (Garnier et al., 2015). En l'absence de jalons chronologiques nombreux, il est impossible de proposer un phasage précis de cette séquence ni même d'y distinguer des hiatus de sédimentation. Par ailleurs, le signal climatique est inévitablement moins clair dans un contexte où l'anthropisation est désormais très

affirmée. L'accumulation limoneuse autour de 768–431 av. n. è., qui correspond, selon Fattovich (2010), à la période pré-axoumite, à laquelle succèdent des apports grossiers, pourrait en effet traduire les effets des défrichements agricoles et des prélèvements de bois (ouvertures de clairières pour l'agriculture, brûlis, construction, chauffage, cuisine) entraînant l'ablation des sols sur les versants et leur stockage dans les vallons à partir du VIII^e siècle av. n. è. Une fois la fraction la plus fine emportée, les éléments plus grossiers ont pu être pris en charge à leur tour. Il ne faut toutefois pas exclure la causalité climatique, dans la mesure où cette phase correspond à une petite pulsation humide qui marque les plateaux éthiopiens entre la deuxième moitié du premier millénaire avant n. è. et le V^e siècle de n. è. (Nyssen et al., 2004). Des conditions humides entre 3800 et 1400 BP ont aussi été enregistrées dans le sud du pays grâce aux dépôts de lacs (Gasse et Street, 1978 ; Gillespie et al., 1983 ; Bonnefille et al., 1986 ; Bonnefille et Umer, 1994). La seconde phase d'apports détritiques apparaissant ensuite dans cette séquence est juste antérieure à 1333–1449 de n. è. Un semblable phénomène de reprise de la fourniture sédimentaire a pu intervenir aux alentours des XIV^e–XV^e siècles, concomitamment avec une période plus humide, liée au Petit Âge Glaciaire (Nash et al., 2016). Néanmoins, la proximité de cette dernière date avec la surface incite à la prudence : son âge peut être celui d'un charbon stocké sur le versant mais érodé plus tardivement, lors de la (re)mise en culture de la région ; il peut avoir été remanié par les labours, le fond de cette vallée étant actuellement cultivé.

Plus à l'aval, les deux séquences d'Ambare donnent des éléments pour restituer des dynamiques plus récentes mais aussi envisager les modalités de la connectivité longitudinale dans le bassin. D'après les éléments dont nous disposons, le thalweg a connu une purge sédimentaire assez complète avant que l'accumulation reprenne au début de notre ère en étant alors dominée par des processus de compétence modérée (limon, faible taux d'aggradation au départ). Là encore, en raisonnant par analogie avec ce que Berger et al. (2012) ou Garnier et al. (2015) signalent respectivement dans les bassins de l'Hadramaout et du Yamé, il est possible que l'affirmation de climats plus secs après l'optimum humide africain ait pu conduire à une incision des accumulations alluviales antérieures, en changeant le rapport entre les débits liquides et les débits solides. Le fait de ne pas détecter de traces d'une incision correspondante dans la séquence de Damhalle, située en tête de bassin, pourrait suggérer que les conditions d'écoulement n'atteignaient pas les seuils de compétence nécessaires pour déclencher le phénomène en deçà d'une certaine surface réceptrice. Quant à la reprise de l'aggradation qui intervient ensuite, il est assez tentant de la mettre en lien avec le développement du royaume axoumite et des formes d'érosion liées aux défrichements ou à l'extension des surfaces agricoles, d'autant plus que cette période semble connaître un regain d'humidité comme nous l'évoquons plus haut (Nyssen et al., 2004). Il est également possible que cette dynamique débute plus tôt que le montrent les jalons disponibles puisque le contact avec le lit rocheux n'a pas été atteint dans la séquence d'Amb. Dans cette hypothèse, l'accumulation commencerait dès la période pré-axoumite (Fattovich, 2010) et on ne peut donc exclure une correspondance entre l'enregistrement daté de 768–431 av. n. è. à Damhalle et la partie inférieure des dépôts d'Ambare. La déforestation pointée par Darbyshire et al. (2003) dès 500 av. n. è. pourrait être un facteur de contrôle non négligeable dans la reprise de la fourniture sédimentaire à l'échelle des bassins versants. Par la suite, l'orientation vers des processus plus compétents, qui remanient la partie supérieure de cette accumulation ou qui la font disparaître au moins localement (AMa avec cailloutis dès la base) montrent que l'hydrosystème est marqué par d'autres dynamiques et l'apparition, peut-être, d'une forme de torrentialité, cohérente avec des conditions plus humides en Afrique de l'est (Nash et al., 2016). Compte tenu

des jalons chronologiques disponibles, il est tentant de les attribuer aux XII^e-XIV^e siècles de n. è. et aux XV^e-XVII^e siècles de n. è., avec là encore, une correspondance possible entre l'existence de dépôts plus grossiers dans la partie supérieure de la séquence de Damhalle et les dépôts caillouteux dans la vallée d'Ambare. Cette relation pourrait suggérer qu'à ce moment, les transferts sédimentaires se sont effectués assez rapidement entre les têtes de bassin et la branche principale du réseau hydrographique. L'origine de ces dynamiques reste toutefois incertaine. Les indices de torrentialité pourraient signaler que les versants avaient alors atteint un état de dégradation avancé, permettant le déclenchement de processus qui n'agissaient pas – ou plus sporadiquement – auparavant. Avec la dilapidation des sols, l'érosion mobilise désormais plus aisément les éléments grossiers, d'une part car elle puise dans la partie inférieure des formations superficielles, au contact de la roche en place, d'autre part car le temps de réponse du bassin à des averses peut être réduit, entraînant la formation d'écoulements plus compétents. Cette évolution pourrait être rapprochée de l'extension des couverts herbacés qui se manifeste vers 1200-1400 de n. è. au détriment de des arbres, un peu plus au sud (Darbyshire et al., 2003). N'écarterons pas non plus l'hypothèse qu'aient pu se manifester, avec retard, les effets du déclin de la culture axoumite, attribué à un épuisement du milieu et un affaiblissement des précipitations (Butzer, 1981).

Il reste à expliquer l'origine de l'incision régressive qui marque la plupart des vallons amont comme Damhalle, mais qui affecte aussi les gorges d'Ambare. Ces incisions semblent représenter un phénomène sans précédent dans l'histoire sédimentaire des petits vallons, car elles entament un stock qui a été dominé par la stabilité sur une durée plurimillénaire ; elles correspondent donc sans doute au franchissement d'un seuil dans les bassins versants. Dans l'état actuel des connaissances, plusieurs facteurs pourraient se combiner :

(i) les évolutions antérieures qui, sur la longue durée, ont déjà largement épuisé le stock de formations superficielles sur les versants, et ne peuvent donc plus alimenter les chenaux en matériel détritique. On doit rappeler ici que les versants actuels ne comportent plus que des placages discontinus de matériel meuble ;

(ii) la reprise de la végétation arborée qui d'après Darbyshire et al. (2003) intervient vers 1400-1700 de n. è. Elle peut être mise en lien avec une pulsation humide, notamment du Petit Âge Glaciaire (Nash et al., 2016) dans cette région mais aussi un déclin démographique, hypothèse soutenue par l'absence de vestige archéologique relatif aux *dark ages*. Ces facteurs en se combinant, pourraient avoir déconnecté les surfaces réceptrices et les thalwegs, favorisant la reprise de charge dans les vallons par un changement du rapport entre les débits liquides et les débits solides ;

(iii) l'aménagement agricole contemporain, qui paraît n'avoir pas d'équivalent dans le passé et qui, par sa densité dans l'espace s'oppose aussi très efficacement aux couplages versants-chenaux.

Dans ces conditions, il résulterait des évolutions qui ont commencé dans les trois derniers siècles une faible connectivité dans les hydrosystèmes qui permet à l'érosion régressive d'agir à présent efficacement, du moins tant que les incisions ne sont pas aménagées par les agriculteurs.

5.3. Impacts et « traces » de l'agriculture sur et dans ces comblements sédimentaires

Ces premières hypothèses quant à la formation des remplissages de vallons et à l'évolution du paysage, sont essentielles pour aborder la question de la construction – ou non – de terrasses de culture antérieurement au XX^e siècle. Ces comblements semblent en effet avoir été mis en place sans recours à des ouvrages de conservation

des eaux et des sols. Si les facteurs ayant concouru à la déstabilisation des sols, à leur ablation et à leur stockage dans les fonds de vallées sont naturels et anthropiques, le processus de stockage, lui, ne semble pas reposer sur une volonté humaine de conserver les sols pour les cultiver ensuite.

L'absence de murets dans les comblements ou d'outils dans les vestiges archéologiques ne suffit toutefois pas à affirmer qu'il n'y avait pas d'agriculture à Wakarida et dans ses alentours durant les phases d'occupation pré-, proto-axoumite et axoumite. Il est fort probable qu'à une époque où la population était moins nombreuse qu'aujourd'hui, les cultures aient été situées à proximité des habitations, sur les points hauts des croupes ou des cols (comme sur la fig. 4B) (Gajda et al., 2017), dans des zones relativement planes donc, où il n'était pas nécessaire de construire des murets pour retenir l'eau et les sols. Il semble en effet logique que les populations aient cherché à localiser leurs cultures le moins loin possible de leurs habitations et à éviter les fonds de vallons, à une époque où les écoulements ont pu être plus fréquents, plus réguliers, et où l'accumulation sédimentaire était encore active. Celle-ci aurait en effet détruit les cultures, alors qu'elles ont pu être préservées sur les points hauts, tandis que les précipitations plus abondantes rendaient superflu le recours à des ouvrages de conservation des eaux. Par ailleurs, au début de l'ouverture de la couverture végétale, les sols encore en place sur les versants étaient probablement plus riches que les dépôts alluviaux et colluviaux de fonds de vallées. En partant d'analogues contemporains, on peut simplement rappeler qu'existent, sur le seul continent africain, de nombreux exemples de campagnes densément peuplées où les espaces agricoles sont essentiellement, voire exclusivement, situés sur les versants : le Pays bamiléké (Hurault, 1970), les hautes terres de l'Afrique de l'est qui vont du sud de l'Éthiopie (Demeulenaere, 2009) à la région des grands lacs. L'hypothèse d'un déploiement récent des espaces cultivés vers les vallons est appuyée par les entretiens, qui montrent que l'agriculture, telle qu'on l'observe de nos jours, ne résulte pas de la transmission pluriséculaire d'un paysage fossile, mais de l'aménagement assez récent, à la suite de décisions politiques, d'un territoire peu peuplé et marginal au début du XX^e siècle. Néanmoins, dans l'état actuel des connaissances, on ne peut pas exclure que les dépôts de fond de vallons aient été cultivés à des époques antérieures, et notamment durant les périodes pré-axoumite et axoumite, où la pression démographique a pu être relativement importante. Cette agriculture aurait reposé, par exemple, sur un système d'abattis-brûlis, les fonds de vallons étant déforestés ponctuellement, par places, puis laissés en friche tandis qu'un autre espace était mis en culture. Ce système n'aurait pas nécessité le recours à des ouvrages de conservation des eaux et des sols, dans la mesure où les champs n'étaient pas exploités ni entretenus pendant une longue durée.

Quant aux outils, des gravures rupestres (Graziosi, 1941) et des éléments de mobiliers, notamment des céramiques axoumites (Phillipson, 2014) attestent que la culture attelée est pratiquée dans le nord de l'Éthiopie et l'Érythrée depuis l'Holocène moyen à tardif (Finneran, 2007). Les recherches sur d'autres sites tendent à montrer que l'araire était déjà utilisé à l'époque axoumite (Ciampalini et al., 2012). Toutefois, nulle part n'est mentionnée l'hypothèse qu'elle aurait été pratiquée sur des champs en terrasses. Mais on peut envisager la mise en culture à l'aide d'un pieu à labourer (ou bâton à fouir) de type *Dangwara*, actuellement surtout utilisé en pays Oromo (Gascon, 1977), dont le bois n'aura pas été conservé dans les sédiments. Gascon (1977) distingue d'ailleurs à ce sujet les terrains plats où la densité de population est faible et où on utilise l'araire, des zones où le peuplement dense, dans un milieu au relief accidenté, a conduit au développement d'une agriculture intensive sur des parcelles plus petites et cultivées à la houe et au bâton à fouir.

6. Conclusion

Les premiers résultats de nos investigations géomorphologiques, géoarchéologiques et paléoenvironnementales dans le nord du Tigray permettent de mettre en lumière des éléments de réponses aux questions relatives au paysage et à l'agriculture à Wakarida aux périodes anciennes. Ainsi, les remplissages sédimentaires des alentours de Wakarida ont probablement été mis en place en partie avant la formation de fortes densités de population dans la région. Cela correspond à des périodes de sédimentation « normales », peu ou pas perturbées par les populations, et où la connectivité entre les sources de production sédimentaire (*i.e.*, les versants) et les sites de piégeage (*i.e.*, les vallées) est bonne et s'effectue sans retard. Les accumulations semblent ainsi être la conséquence d'une longue phase d'érosion des sols (Bard et al., 2000), entre 5295–5045 av. n. è. et 1446–1663 de n. è. L'implantation des populations pré-axoumites et axoumites semble se traduire nettement dans le paysage, et marque le début d'un déboisement plus étendu (Bard et al., 2000 ; Gascon, 1998 ; Gascon, 2006). L'habitat a pu prendre la forme, dans les premiers temps, de constructions légères en bois (*tukul*), comme on en trouve encore aujourd'hui, et qui demandent la coupe de nombreux arbres pour leur construction (Nyssen et al., 2010). Cette occupation croissante de l'espace, entraînant le défrichement pour la culture, la construction ou les besoins domestiques, a favorisé l'érosion sur les versants et l'alluvionnement dans les vallées. Dans la difficulté que l'on éprouve à relier les phénomènes sédimentaires à des causalités simples, il apparaît assez clairement qu'à partir de la fin de l'Holocène récent, l'évolution du bassin versant sur la longue durée est devenue une des variables de contrôle de son comportement vis-à-vis des processus morphogéniques.

À l'époque pré-axoumite et axoumite, les sols en place sur les versants étaient probablement encore assez épais pour être cultivés. Il semble que les vallées n'aient été colonisées pour l'agriculture que très récemment, suite à l'ablation presque totale des sols développés sur les versants. Si la discussion a montré que l'érosion avait une composante anthropique très nette dès cette période, rien n'indique que des terrasses agricoles aient été édifiées dans les fonds de vallons pour maintenir les sols et favoriser la culture. Au contraire, éléments d'archives, photographies aériennes et entretiens semblent indiquer que ces ouvrages, omniprésents dans le paysage actuel et qui sont presque aujourd'hui des géosymboles (Bonnemaison, 1981) pour les populations du nord du Tigray, sont ici de construction plutôt récente (XX^e siècle). La population reste en effet assez faible dans la région de Wakarida jusqu'au XX^e siècle, période à laquelle la pression démographique augmente nettement. Par la suite, la redistribution des terres par le gouvernement, les sécheresses et les efforts entrepris pour améliorer les rendements agricoles, poussent les populations à tenter de tirer le meilleur parti de leurs exploitations. Dès lors, l'aménagement agricole passe par l'implantation d'ouvrages de conservation des eaux et des sols, parmi lesquels les terrasses. Il semble donc que, dans l'ensemble, elles soient très récentes et ne proviennent pas d'un héritage ou d'une tradition culturelle ancienne.

Cette conclusion va à l'encontre des idées reçues sur les paysages de terrasses, généralement considérés comme anciens, fossiles, témoignant d'une importante maîtrise et nécessitant une transmission, un héritage sur de nombreuses générations. Elle rejoint les résultats de Blanchemanche (1990) sur l'Europe méridionale : des ouvrages dont la construction peut être rapide, de même que peut l'être leur destruction lorsqu'elles ne sont plus entretenues, et qui peuvent émerger même si la main d'œuvre est relativement réduite. Ces hypothèses ne concernent évidemment que les alentours de Wakarida, des terrasses anciennes ayant été

découvertes dans d'autres régions du monde, comme le rappelle l'introduction de cet article. Il serait dès lors intéressant d'effectuer des sondages dans des terrasses abandonnées, afin de pouvoir confirmer ou infirmer ces premières conclusions. La poursuite des investigations sur d'autres terrains permettrait aussi d'affiner les hypothèses par comparaison avec des cas similaires. Il n'en reste pas moins que, dans la zone d'étude, les paysages actuels peuvent être considérés comme des palimpsestes, les modifications récentes prenant appui sur des comblements anciens, issus de l'interaction entre processus anthropiques et naturels sur le temps long.

Remerciements

Cette étude a été conduite grâce à la mission archéologique franco-éthiopienne de Wakarida, financée par le Ministère des Affaires Étrangères, le LABEX ResMed et le projet RAPATIO (Université Lumière Lyon 2). Une partie des données a pu être acquise grâce à une bourse de terrain accordée par le Centre Français des Études Éthiopiennes (CFEE) d'Addis-Abeba en novembre 2017. Nous remercions aussi le laboratoire Archéorient (UMR 5133) pour son soutien matériel et financier, ainsi que la plateforme OMEAA où les analyses ont pu être effectuées. Nous exprimons aussi notre gratitude aux traducteurs ainsi qu'aux agriculteurs dans les parcelles desquels nous avons travaillé et/ou que nous avons interviewés. Nous souhaitons aussi remercier A. Garnier et L. Lespez d'avoir eu l'initiative de ce numéro spécial et d'avoir considéré notre proposition avec bienveillance. Enfin, nous remercions chaleureusement les rapporteurs pour leurs conseils et remarques pertinentes qui ont permis l'amélioration de ce texte et l'approfondissement de la réflexion. Merci aussi à A. Garnier pour ses relectures rigoureuses et ses nombreuses suggestions.

Références

- Abbate E., Bruni P., Sagri M. (2015) – Geology of Ethiopia: A Review and Geomorphological Perspectives. In Billi P., Landscape and Landforms of Ethiopia. World Geomorphological Landscapes, Springer, Dordrecht, 33-64.
DOI : 10.1007/978-94-017-8026-1_2
- Amat J.-P., Dorize L., Gautier E. (2008) – Éléments de géographie physique. Éditions Bréal, Paris, 461 p.
- Andree R. (1869) – Abessinien, das Alpenland unter den Tropen und seine Grenzländer. Otto Spamer, Leipzig, 488 p.
- Anfray F. (1990) – Les anciens Éthiopiens : siècles d'histoire. A. Colin (Collection Civilisations), Paris, 277 p.
- Armitage S.J., Bristow C.S., Drake N.A., (2015) – West African monsoon dynamics inferred from abrupt fluctuations of Lake Mega-Chad. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112 (28), 8543-8548.
DOI : 10.1073/pnas.1417655112
- Aurenche O. (2012) – Vous avez dit ethnoarchéologue ? Choix d'articles (1972-2007). Maison de l'Orient et de la Méditerranée - Jean Pouilloux (CMO - Série archéologique), Lyon, 524 p.
- Bard K.A., Coltorti M., DiBlasi M.C., Dramis F., Fattovich R. (2000) – The Environmental History of Tigray (Northern Ethiopia) in the Middle and Late Holocene: A Preliminary Outline. African Archaeological Review, 17 (2), 65-86.
DOI : 10.1023/A:1006630609041
- Bard K.A., Fattovich R., Manzo A., Perlingieri C. (2014) – The chronology of Aksum (Tigray, Ethiopia): a view from Bieta Giyorgis. Azania: Archaeological Research in Africa, 49 (3), 285-316.
DOI : 10.1080/0067270X.2014.943484



- Baldy C. (1997)** – Systèmes traditionnels d'arboriculture et conservation des sols dans le bassin méditerranéen. *Cahiers Agricultures* 6 (1), 31-44.
- Barker G. (1993)** – The UNESCO Libyan Valleys Survey: environmental change and human settlement in Tripolitania. In Krzyżaniak L., Kobusiewicz M., Alexander J., Muzeum Archeologiczne w Poznaniu (Eds.), *Environmental Change and Human Culture in the Nile Basin and Northern Africa until the Second Millennium B.C, Studies in African Archaeology*. Poznań Archaeological Museum, Poznań, 15-24.
- Bascom J. (dir.) (2015)** – National Atlas of Ethiopia. 3^{ème} édition. Ethiopian Mapping Agency, Addis-Abeba, 175 p.
- Beckers B., Schütt B., Tsukamoto S., Frechen M. (2013)** – Age determination of Petra's engineered landscape – optically stimulated luminescence (OSL) and radiocarbon ages of runoff terrace systems in the Eastern Highlands of Jordan. *Journal of Archaeological Science*, 1, 333-348.
DOI : 10.1016/j.jas.2012.06.041
- Benoist A., Charbonnier J., Gajda I. (2016)** – Investigating the eastern edge of the kingdom of Aksum: architecture and pottery from Wakarida. In Janet Starkey et Ohran Elmaz (Eds.), *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies, Papers from the forty-seventh meeting of the Seminar for Arabian Studies held at the British Museum, London, 24 to 26 July 2015*, 46, 25-40.
- Benoist A., Gajda I. (2015)** – Recherches archéologiques et épigraphiques dans la région du Tigray (Éthiopie). Le site de Wakarida et sa région. *Compte-rendu préliminaire de la campagne de terrain (3 novembre – 1^{er} décembre 2015)*, 40 p. (non publié).
- Berakhi O., Brancaccio L., Calderoni G., Coltorti M., Dramis F., Mohammed U.M. (1998)** – The Mai Maikden sedimentary sequence: a reference point for the environmental evolution of the Highlands of Northern Ethiopia. *Geomorphology*, 23 (2-4), 127-138.
DOI : 10.1016/S0169-555X(97)00108-6
- Berger J.-F., Bravard J.-P., Purdue L., Benoist A., Mouton M., Braemer F. (2012)** – Rivers of the Hadramawt watershed (Yemen) during the Holocene: Clues of late functioning. *Quaternary International*, 266, 142-161.
DOI : 10.1016/j.quaint.2011.10.037
- Bezu S., Holden S. (2008)** – Can food-for-work encourage agricultural production? *Food Policy*, 33, 541-549.
DOI : 10.1016/j.foodpol.2008.06.004
- Blanc J.-F. (1984)** – Paysages et paysans des terrasses de l'Ardèche. Imprimerie du Vivarais, Annonay, 321 p.
- Blanchemanche P. (1990)** – Bâisseurs de paysages : terrassement, épierrage et petite hydraulique agricoles en Europe, XVII^e-XIX^e siècles. Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 329 p.
- Blott S.J., Pye K. (2001)** – GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26 (11), 1237-1248.
DOI : 10.1002/esp.261
- Boissinot P. (2000)** – À la trace des paysages agraires. L'archéologie des façons culturales en France. *Études rurales*, 153-154, 23-38.
- Bonnefille R., Robert C., Lezine A.M., Perinet G., Delibrias G., Elenga C., Herbin J.P., Tiercelin J.J. (1986)** – Palaeoenvironment of Lake Abijata, Ethiopia, during the past 2000 years. Geological Society, London, Special Publications, 25, 253-265.
DOI : 10.1144/GSL.SP.1986.025.01.21
- Bonnefille R., Umer M. (1994)** – Pollen-inferred climatic fluctuations in Ethiopia during the last 3000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109, 331-343.
DOI : 10.1016/0031-0182(94)90183-X
- Bonnemaison J. (1981)** – Voyage autour du territoire. *L'Espace géographique* 10, 249-262.
DOI : 10.3406/spgeo.1981.3673
- Bonvalot J. (1986)** – *Tabias et jessour* du Sud tunisien : agriculture dans les zones marginales et parade à l'érosion. *Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, 22, 163-171.
- Bonvalot J. (1992)** – Plaidoyer pour les *jessour*. Tunisie du sud. In Le Floch E., Grouzis M., Cornet A., Bille J.-C. (Eds.) : *L'aridité : une contrainte au développement : caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés*. ORSTOM, Paris, 507-518.
- Branch N.P., Kemp R.A., Silva B., Meddens F.M., Williams A., Kendall A., Pomacanchari C.V. (2007)** – Testing the sustainability and sensitivity to climatic change of terrace agricultural systems in the Peruvian Andes: a pilot study. *Journal of Archaeological Science*, 34 (1), 1-9.
DOI : 10.1016/j.jas.2006.03.011
- Breton J.-F. (2017)** – Chapter 1. Ethiopia and South Arabia: Geographical similarities. In *Les Bâisseurs sur les deux rives de la Mer Rouge. Annales d'Éthiopie hors-série / Special issues. Centre français des études éthiopiennes, Addis-Abeba*, 185-191.
- Brookes I.A. (2003)** – Geomorphic indicators of Holocene winds in Egypt's Western Desert. *Geomorphology*, 56, 155-166.
DOI : 10.1016/S0169-555X(03)00076-X
- Brown L. (1965)** – Ethiopian Episode. Country Life Limited, London, 160 p.
- Bruce J. (1790)** – Voyage aux sources du Nil, en Nubie et en Abyssinie : pendant les années 1768, 1769, 1770, 1771 et 1772. Hôtel de Thoud, Paris.
- Bubbenzer O., Riemer H. (2007)** – Holocene climatic change and human settlement between the central Sahara and the Nile Valley: Archaeological and geomorphological results. *Geoarchaeology*, 22, 607-620.
DOI : 10.1002/gea.20176
- Butzer K.W. (1981)** – Rise and Fall of Axum, Ethiopia: A Geo-Archaeological Interpretation. *American Antiquity*, 46 (3), 471-495.
DOI : 10.2307/280596
- Central Statistical Authority (1995)** – The 1994 Population and Housing Census of Ethiopia. Results for Tigray Region. Federal Democratic Republic of Ethiopia - Office of Population and Housing Commission, Addis Ababa, Ethiopia, 368 p.
- Charbonnier J., Purdue L., Benoist A. (2017a)** – Taming Surface Water in Pre-Islamic Southeast Arabia: Archaeological, Geoarchaeological, and Chronological Evidence of Runoff Water Channeling in Masāfi (UAE). *Journal of Field Archaeology*, 42 (1), 13-28.
DOI : 10.1080/00934690.2016.1256172
- Charbonnier J., Purdue L., Calastrenc C., Régagnon E., Sagory T., Benoist A. (2017b)** – Ancient agricultural landscapes in Southeast Arabia: Approach and first results of an archaeological, geo-archaeological, and spatial study of the Masāfi Palm Grove, Emirate of Fujairah. In Al Tikriti W.Y. et Yule P.A. (Eds.): *Proceedings of the Water and Life in Arabia Conference 14th-16th December, 2014, Abu Dhabi (Émirats Arabes Unis)*, 45-65.
- Chihāb Al-Dīn Ahmad ibn 'Abd Al-Qādir ibn Salim ibn Othman (1897)** – Histoire de la conquête de l'Abyssinie, (XVI^e siècle), trad. R. Basset. E. Leroux, Paris.
- Ciampalini R., Billi P., Ferrari G., Borselli L., Follain S. (2012)** – Soil erosion induced by land use changes as determined by plough marks and field evidence in the Aksum area (Ethiopia). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 146, 197-208.
DOI : 10.1016/j.agee.2011.11.006

- Collins J.A., Prange M., Caley T., Gimeno L., Beckmann B., Mulitza S., Skonieczny C., Roche D., Schefuß E. (2017)** – Rapid termination of the African Humid Period triggered by northern high-latitude cooling. *Nature Communications*, 8, 1372.
DOI : 10.1038/s41467-017-01454-y
- Combes E., Tamisier M. (1838)** – Voyage en Abyssinie, dans le pays des Galla, de Choa et d'Ifat : précédé d'une excursion dans l'Arabie-Heureuse, et accompagnée d'une carte de ces diverses contrées, 1835-1837. Louis Desessart, Paris, 383 p.
- Cooke A.C. (1867)** – Routes in Abyssinia. Harrison and Sons, London, 260 p.
- Crépy M., Callot Y. (2016)** – Les dépôts de sédiments fins dans le sud de la dépression de Kharga (désert libyque, Égypte) : indices d'une morphogenèse éolienne et anthropique. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 22, 325-342.
DOI : 10.4000/geomorphologie.11499
- D'Abbadie A. (1980)** – Douze ans de séjour dans la Haute-Éthiopie (Abyssinie), Tome 1. Biblioteca apostolica vaticana, Citta del Vaticano.
- D'Abbadie A. (1999)** – Douze ans de séjour dans la Haute-Éthiopie (Abyssinie), Tome 4. Biblioteca apostolica vaticana, Citta del Vaticano.
- D'Andrea A.C., Manzo A., Harrower M.J., Hawkins A.L. (2008)** – The Pre-Aksumite and Aksumite Settlement of NE Tigray, Ethiopia. *Journal of Field Archaeology*, 33 (2), 151-176.
- Darbyshire I., Lamb H., Umer M. (2003)** – Forest clearance and regrowth in northern Ethiopia during the last 3000 years. *The Holocene*, 13 (4), 537-546.
DOI : 10.1191/0959683603hl644rp
- Demeulenaere E. (2009)** – Les Konso du sud-ouest de l'Éthiopie - Des montagnards à la conquête des basses terres. In Hirsch B. et Roussel B. (Eds) : *Le rift est-africain, une singularité plurielle*. Éditions IRD, Montpellier ; Publications scientifiques du Muséum, Paris, 287-293.
- Doolittle W.E. (2000)** – Cultivated Landscapes of Native North America. Oxford University Press, 574 p.
- Dramis F., Umer M., Calderoni G., Haile M. (2003)** – Holocene climate phases from buried soils in Tigray (northern Ethiopia): comparison with lake level fluctuations in the Main Ethiopian Rift. *Quaternary Research*, 60, 274-283.
DOI : 10.1016/j.yqres.2003.07.003
- Dugast F., Gajda I. (2010)** – Report on fieldwork - Preliminary survey in Tigray Region, Ethiopia (March 22nd - April 2nd 2010). Research report, French-Ethiopian project of archaeological and epigraphic investigations in Tigray region, Ethiopia, Pre-Aksumite and Aksumite period (8th c. BC-AD 7th c.), 23 p.
- Dugast F., Gajda I. (2011)** – Report on fieldwork - First investigation on the site of Wakarida (March 21st - April 2nd 2011). Research report, French-Ethiopian project of archaeological and epigraphic investigations in Tigray region, Ethiopia. Pre-Aksumite and Aksumite period (8th c. BC-AD 7th c.), 27 p.
- Dugast F., Gajda I. (2013)** – Recherches archéologiques et épigraphiques dans la région du Tigray (Éthiopie). Le site de Wakarida : étude du site et approche environnementale [I]. Rapport de la 2^e campagne (11 novembre - 15 décembre 2012). Research report, French-Ethiopian project of archaeological and epigraphic investigations in Tigray region, Ethiopia, 126 p.
- Dugast F., Gajda I. (2014)** – Recherches archéologiques et épigraphiques dans la région du Tigray (Éthiopie). Le site de Wakarida : étude du site et approche environnementale [II]. Rapport de la 3^e campagne (3 novembre - 6 décembre 2013). Research report, French-Ethiopian project of archaeological and epigraphic investigations in Tigray region, Ethiopia, 46 p.
- Edwards S., Egziabher T.B.G., Araya H. (2007)** – Successes and Challenges in ecological agriculture : experiences from Tigray, Ethiopia. In Ching L.L., Edwards S., Scialabba N.E.-H. (Eds.), *Climate change and food systems resilience in Sub-Saharan Africa*. FAO, Rome, Italy, 231-294.
- Fattovich R. (2010)** – The Development of Ancient States in the Northern Horn of Africa, c. 3000 BC-AD 1000: An Archaeological Outline. *Journal of World Prehistory*, 23 (3), 145-175.
DOI : 10.1007/s10963-010-9035-1
- Fazzini M., Bisci C., Billi P. (2015)** – The Climate of Ethiopia. In Billi P. (Ed.): *Landscapes and Landforms of Ethiopia*. Springer, Dordrecht, 65-87.
DOI : 10.1007/978-94-017-8026-1_3
- Federal Democratic Republic of Ethiopia Population Census Commission (2008)** – Summary and Statistical Report of the 2007 Population and Housing Census - Population Size by Age and Sex. United Nations Population Fund, Addis Ababa, 113 p.
- Ferret P.V.A., Galinier J.G. (1847)** – Voyage en Abyssinie dans les provinces du Tigré, du Samen et de l'Amhara. Paulin, Paris, 526 p.
- Finneran N. (2007)** – The Archaeology of Ethiopia. Routledge, London, New York, 312 p.
- French C., Sulas F., Madella M. (2009)** – New geoarchaeological investigations of the valley systems in the Aksum area of northern Ethiopia. *Catena*, 78 (3), 218-233.
DOI : 10.1016/j.catena.2009.02.010
- Gajda I., Benoist A., Charbonnier J., Antonini S., Peixoto X., Verdelle C., Bernard V., Barge O., Régagnon E., Callot Y. (2017)** – Wakarida, un site aksumite à l'est du Tigray : fouilles et prospections 2011-2014. In *Women, Gender and Religions in Ethiopia*, Editions de Boccard (Annales d'Éthiopie Special issue), Paris, 175-222.
- Gale S.J., Hunt C.O. (1986)** – The hydrological characteristics of a floodwater farming system. *Applied Geography*, 6, 33-42.
DOI : 10.1016/0143-6228(86)90027-5
- Garnier A., Lespez L., Ozainne S., Ballouche A., Mayor A., Drézen Y.L., Rasse M., Huysecom E. (2015)** – L'incision généralisée de la vallée du Yamé (Mali) entre 2350 et 1700 ans cal. BP : quelle signification paléoenvironnementale et archéologique ? *Quaternaire. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 26 (1), 49-66.
DOI : 10.4000/quaternaire.7155
- Gascon A. (1977)** – Le *dangwara*, pieu à labourer d'Éthiopie. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 24, 111-124.
DOI : 10.3406/jatba.1977.3275
- Gascon A. (1998)** – La forêt perdue d'Éthiopie : un mythe contemporain. In Chastanet M. (Ed.) : *Plantes et paysages d'Afrique : une histoire à explorer*. Éditions Karthala, Paris, 383-408.
- Gascon A. (2006)** – Sur les hautes terres comme au ciel : Identités et territoires en Éthiopie. Publications de la Sorbonne, Paris, 335 p.
- Gasse E., Street F.A. (1978)** – Late Quaternary Lake-level fluctuations and environments of the northern Rift valley and Afar region (Ethiopia and Djibouti). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 24, 279-325.
DOI : 10.1016/0031-0182(78)90011-1
- Gebru T., Eshetu Z., Huang Y., Woldemariam T., Strong N., Umer M., DiBlasi M., Terwilliger V.J. (2009)** – Holocene palaeovegetation of the Tigray Plateau in northern Ethiopia from charcoal and stable organic carbon isotopic analyses of gully sediments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 282 (1-4), 67-80.
DOI : 10.1016/j.palaeo.2009.08.011

- Gedamu A. (2006)** – Food for Work Program and its Implications on Food Security: A Critical Review with a Practical Example from the Amhara Region, Ethiopia. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*, 107, 177-188.
- Ghaleb A.O. (1990)** – Agricultural practices in ancient Radman and Wadi al-Jubah (Yemen). Dissertation available from ProQuest, 548 p.
- Gibson M., Wilkinson T.J. (1995)** – The Dhamar plain, Yemen: a preliminary study of the archaeological landscape. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies*, 25, 159-183.
- Gillespie R., Street-Perrott F.A., Switsur R. (1983)** – Post-glacial arid episodes in Ethiopia have implications for climate prediction. *Nature*, 306, 680-683.
DOI : 10.1038/306680a0
- Girard A.-R.-A. (Capitaine) (1873)** – Souvenirs d'un voyage en Abyssinie (1868-1869). Ebner, Le Caire, 312 p.
- Gobat S. (1834)** – Journal d'un séjour en Abyssinie, pendant les années 1830, 1831 et 1832. Jean-Jacques Risler, Paris, 458 p.
- Graziosi P. (1941)** – Le Pitture rupestri dell'Amba Focadà (Eritrea). *Rassegna di Studi Etiopici*, 1 (1), 61-70.
- Guillet D., Browman D.L., D'Altroy T.N., Hunt R.C., Knapp G.W., Lynch T.F., Mitchell W.P., Oliver-Smith A., Parsons J.R., Quilter J., Sherbondy J.E., Treacy J. (1987)** – Terracing and Irrigation in the Peruvian Highlands [and Comments and Reply]. *Current Anthropology*, 28 (4), 409-430.
- Haiman M. (2012)** – Dating the agricultural terraces in the southern Levantine deserts – The spatial-contextual argument. *Journal of Arid Environments, Ancient Agriculture in the Middle East*, 86, 43-49.
DOI : 10.1016/j.jaridenv.2012.01.003
- Harrower M.J. (2016)** – Water Histories and Spatial Archaeology: Ancient Yemen and the American West. Cambridge University Press, New York, 229 p.
- Hély C., Braconnot P., Watrin J., Zheng W. (2009)** – Climate and vegetation: Simulating the African humid period. *Comptes Rendus Géoscience*. 341 (8-9), 671-688.
DOI : 10.1016/j.crte.2009.07.002
- Henze P.B. (2001)** – Ethiopian journeys: travels in Ethiopia, 1969-72. 2^{ème} édition. Shama Books, Addis Ababa, Ethiopia, 288 p.
- Hilali A. (2011)** – Le système des « *jessour* ». Témoignage d'un patrimoine hydro-agricole dans les oasis tunisiennes. Colloque international « Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en Méditerranée : quels enjeux pour quels services ? », Marseille, 13 p.
- Humphrey L. (1998)** – Food-for-work in Ethiopia: challenging the scope of project evaluations. Institute of Development Studies, University of Sussex, Brighton, UK, 38 p.
- Hurault J. (1970)** – L'organisation du terroir dans les groupements Bamiléké. *Études rurales*, 37-39, 232-256.
DOI : <https://doi.org/10.3406/rural.1970.1525>
- Hurni H. (1985)** – Erosion - productivity - conservation systems in Ethiopia. *Proceedings of 4th International Conference on Soil Conservation*. Maracay, Venezuela, 654-674.
- Kazmin V. (1976)** – Geological Map of Ethiopia - Adigrat (ND 37-7), 1: 250 000. Geological Survey of Ethiopia, Ministry of Mines, Energy and Water Ressources, Addis-Abeba.
- Köppen W.P. (1900)** – Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. *Geographische Zeitschrift*, 6 (11), 593-611.
- Lefebvre T. (1845)** – Voyage en Abyssinie exécuté pendant les années 1839, 1840, 1841, 1842, 1843. Arthus Bertrand, Paris, 1535 p.
- Lewis N.N. (1953)** – Lebanon. The Mountain and Its Terraces. *Geographical Review*, 43 (1), 1-14.
DOI : 10.2307/211535
- Lespez L., Le Drézen Y., Garnier A., Rasse M., Eichhorn B., Ozainne S., Ballouche A., Neumann K., Huysecom E. (2011)** – High-resolution fluvial records of Holocene environmental changes in the Sahel : the Yamé River at Oujoungou (Mali, West Africa). *Quaternary Science Reviews*, 30 (5-6), 737-756.
DOI : 10.1016/j.quascirev.2010.12.021
- Lespez L., Rasse M., Le Drézen Y., Tribolo C., Huysecom E., Ballouche A. (2008)** – L'évolution hydromorphologique de la vallée du Yamé (Pays Dogon, Mali) : signal climatique et hydrosystème continental en Afrique de l'Ouest entre 50 et 4 ka cal. BP. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 14 (3), 169-186.
DOI : 10.4000/geomorphologie.7053
- Lezine A.M., Bonnefille R. (1982)** – Diagramme pollinique holocène d'un sondage du Lac Abiyata (Éthiopie, 7 degrés 42' nord). *Pollen et spores*, 24 (3-4), 463-480.
- Lézine A.-M., Hély C., Grenier C., Braconnot P., Krinner G. (2011)** – Sahara and Sahel vulnerability to climate changes, lessons from Holocene hydrological data. *Quaternary Science Reviews*, 30, 3001-3012.
DOI : 10.1016/j.quascirev.2011.07.006
- Liu X., Rendle-Bühning R., Kuhlmann H., Li A. (2017)** – Two phases of the Holocene East African Humid Period: Inferred from a high-resolution geochemical record off Tanzania. *Earth and Planetary Science Letters*, 460, 123-134.
DOI : 10.1016/j.epsl.2016.12.016
- Lobo J. (1984)** – The Itinerário of Jerónimo Lobo. Traduit par Lockhart D.M., d'après le texte portugais établi et édité par Da Costa M.G. (Ed.), Second Series, 162. Hakluyt Society, London, 453 p.
- Lüning S., Vahrenholt F. (2019)** – Holocene Climate Development of North Africa and the Arabian Peninsula. In Bendaoud A., Hamimi Z., Hamoudi M., Djemai S., and Zoheir B. (Eds.): *The Geology of the Arab World-An Overview*. Springer International Publishing Switzerland, 507-546.
DOI : 10.1007/978-3-319-96794-3_14
- Machado M.J., Pérez-González A., Benito G. (1998)** – Paleoenvironmental Changes during the Last 4000 yr in the Tigray, Northern Ethiopia. *Quaternary Research*, 49, 312-321.
DOI : 10.1006/qres.1998.1965
- Mollard E., Walter A. (dir.) (2008)** – *Agricultures singulières*, Paris, IRD Editions, 352 p.
- Nash D.J., De Cort G., Chase B.M., Verschuren D., Nicholson S.E., Shanahan T.M., Asrat A., Lézine A.-M., Grab S.W. (2016)** – African hydroclimatic variability during the last 2000 years. *Quaternary Science Reviews*, 154, 1-22.
DOI : 10.1016/j.quascirev.2016.10.012
- Nyssen J., Frankl A., Haile M., Hurni H., Descheemaeker K., Crummey D., Ritler A., Portner B., Nievergelt B., Moeyersons J., Munro N., Deckers J., Billi P., Poesen J. (2014)** – Environmental conditions and human drivers for changes to north Ethiopian mountain landscapes over 145 years. *Science of The Total Environment*, 485-486, 164-179.
DOI : 10.1016/j.scitotenv.2014.03.052
- Nyssen J., Frankl A., Munro R.N., Billi P., Haile M. (2010)** – Digital Photographic Archives for Environmental and Historical Studies : An Example from Ethiopia. *Scottish Geographical Journal* 126, 185-207.
DOI : 10.1080/14702541.2010.527856
- Nyssen J., Poesen J., Moeyersons J., Deckers J., Haile M., Lang A. (2004)** – Human impact on the environment in the Ethiopian and

- Eritrean highlands - a state of the art. *Earth-Science Reviews*, 64, 273-320.
DOI : 10.1016/S0012-8252(03)00078-3
- Phillipson D.W. (2009)** – The First Millennium BC in the Highlands of Northern Ethiopia and South-Central Eritrea: A Reassessment of Cultural and Political Development. *African Archaeological Review*, 26 (4), 257-274.
DOI : 10.1007/s10437-009-9064-2
- Phillipson D.W. (2014)** – Foundations of an African Civilisation: Aksum and the Northern Horn, 1000 BC - AD 1300. Boydell and Brewer Ltd., Woodbridge, Suffolk, 305 p.
- Pietsch D., Kühn P. (2014)** – Buried soils in the context of geoarchaeological research—two examples from Germany and Ethiopia. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1-13.
DOI : 10.1007/s12520-014-0180-9
- Pietsch D., Mabit L. (2012)** – Terrace soils in the Yemen Highlands: Using physical, chemical and radiometric data to assess their suitability for agriculture and their vulnerability to degradation. *Geoderma*, 185-186, 48-60.
DOI : 10.1016/j.geoderma.2012.03.027
- Pietsch D., Machado M.J. (2014)** – Colluvial deposits - proxies for climate change and cultural chronology. A case study from Tigray, Ethiopia. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementbände*, 119-136.
DOI : 10.1127/0372-8854/2012/S-00114
- Prost-Tournier J.-M. (1974)** – La population de l'Éthiopie. *Géocarrefour*, 49 (4), 311-342.
DOI : 10.3406/geoca.1974.1657
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Ramsey C.B., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Haflidason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M., van der Plicht J. (2013)** – IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, 55 (4), 1869-1887.
DOI : 10.2458/azu_js_rc.55.16947
- Rohlf G. (1883)** – Meine Mission nach Abessinien. F. A. Brockhaus, Leipzig, 355 p.
- Rüppell E. (1840)** – Reise in Abyssinien. Siegmund Schmerber, Frankfurt am Main.
- Salt H. (1816)** – Voyage en Abyssinie. Magimel, Paris, 423 p.
- Sanlaville P. (1997)** – Les Changements dans l'environnement au Moyen-Orient de 20000 BP à 6000 BP. *Paléorient*, 23, 249-262.
DOI : 10.3406/paleo.1997.4664
- Shanahan T.M., McKay N.P., Hughen K.A., Overpeck J.T., Otto-Bliesner B., Heil C.W., King J., Scholz C.A., Peck J. (2015)** – The time-transgressive termination of the African Humid Period. *Nature Geoscience*, 8, 140-144.
DOI : 10.1038/ngeo2329
- Snane M.H., Mecherqui M. (1996)** – Cultures pluviales des montagnes arides en Tunisie: rôle et dimensionnement des *jessours*. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 7, 203-208.
- Stern R.J. (1994)** – ARC Assembly and Continental Collision in the Neoproterozoic East African Orogen: Implications for the Consolidation of Gondwanaland. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 22, 319-351.
DOI : 10.1146/annurev.ea.22.050194.001535
- Stouvenot C., Beauchêne J., Bonnissent D., Oberlin C. (2013)** – Datations radiocarbone et le « problème vieux bois » dans l'arc antillais: état de la question. In 25th Congreso Internacional de Arqueología Del Caribe - 25th International Congress for Caribbean Archeology - 25^e Congrès International de l'Archéologie de La Caraïbe. Instituto de Cultura Puertorriqueña, el Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y el Caribe y la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, San-Juan, Puerto Rico, 459-494.
- Tierney J.E., deMenocal P.B. (2013)** – Abrupt Shifts in Horn of Africa Hydroclimate Since the Last Glacial Maximum. *Science*, 342, 843-846.
DOI : 10.1126/science.1240411
- Tierney J.E., Lewis S.C., Cook B.I., LeGrande A.N., Schmidt G.A. (2011)** – Model, proxy and isotopic perspectives on the East African Humid Period. *Earth and Planetary Science Letters*, 307, 103-112.
DOI : 10.1016/j.epsl.2011.04.038
- Udden J.A. (1914)** – Mechanical composition of clastic sediments. *GSA Bulletin*, 25 (1), 655-744.
DOI : 10.1130/GSAB-25-655
- Vogel H. (1987)** – Terrace farming in Yemen. *Journal of Soil and Water Conservation*, 42 (1), 18-21.
- Weldeab S., Menke V., Schmiedl G. (2014)** – The pace of East African monsoon evolution during the Holocene. *Geophysical Research Letters*, 41 (5), 1-8.
DOI : 10.1002/2014GL059361
- Wendorf F., Schild R. (1980)** – Prehistory of the eastern Sahara. Academic Press, New York, 414 p.
- Wentworth C.K. (1922)** – A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, 30 (5), 377-392.
- Wilcock D., Brierley G., Howitt R. (2013)** – Ethnogeomorphology. *Progress in Physical Geography*, 37 (5), 573-600.
DOI : 10.1177/0309133313483164
- Wilkinson T.J. (2005)** – Soil erosion and valley fills in the Yemen highlands and southern Turkey: Integrating settlement, geoarchaeology, and climate change. *Geoarchaeology*, 20 (2), 169-192.
DOI : 10.1002/geo.20042
- Wilkinson T.J., Edens C. (1999)** – Survey and Excavation in the Central Highlands of Yemen: Results of the Dhamār Survey Project, 1996 and 1998. *Arabian Archaeology and Epigraphy*, 10 (1), 1-33.
DOI : 10.1111/j.1600-0471.1999.tb00124.x
- Wilkinson T.J., Edens C., Gibson M. (1997)** – The Archaeology of the Yemen High Plains: A preliminary chronology. *Arabian Archaeology and Epigraphy*, 8 (1), 99-142.
DOI : 10.1111/j.1600-0471.1997.tb00149.x
- World Meteorological Organization (2017)** – WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO, 1203, Switzerland, 29 p.

Abridged English Version

The North-Ethiopian Plateau (fig. 1) bears evidences of human occupation since the Prehistory (French et al., 2009). In the archaeological site of Wakarida (fig. 1-2), buildings of the Aksumite period (50 BCE – 700 CE, D'Andrea et al., 2008; Fattovich, 2010) have

been found during archaeological excavations, as well as evidences of earlier - pre- and proto Aksumite (800 – 50 BCE, D'Andrea et al., 2008; Fattovich, 2010; Pietsch et Machado, 2014) - occupation (Dugast and Gajda, 2010, 2011, 2013, 2014; Benoist and Gajda, 2015;



Benoist et al., 2016; Gajda et al., 2017). This site is located on a spur, at the northernmost end of the plateau, in an area with high steep slopes and narrow valleys. Nowadays, valley bottoms are filled with partly eroded alluvial and/or colluvial sediments (fig. 3) that are cultivated through the building of terraces (fig. 4). These terraces (fig. 6) consist in dry-stone walls maintaining soil and water for a rain-fed agriculture (Mollard and Walter, 2008). They break the slope of the thalwegs in which they are constructed, building a step-like landscape (fig. 4A, 6). Such terraces are necessary given the climate of the area, a climate of hot semi-arid steppes (Fazzini et al., 2015). Rainfall is irregular throughout the year (Bascom, 2015) with kiremt (June – September, main rainy season) representing between 57 and 62% of the rains. In the area, they range from 379 mm.yr⁻¹ in Mechare to 575 mm.yr⁻¹ in Adigrat (fig. 5).

Ancient human occupation of the area, strong constraints for agriculture and the presence of numerous terraces in the thalwegs raise the question of the age of such structures and of their role in the sediment filling of the valleys. Such questions are consistent with other archaeological findings, for example in Yemen, a region which had close relations with northern Ethiopia during the pre-Aksumite and Aksumite periods. There, most ancient terraces date from 3rd millennium BCE (Ghaleb, 1990; Gibson and Wilkinson, 1995; Wilkinson et al., 1997; Wilkinson and Edens, 1999; Wilkinson, 2005; Pietsch and Mabit, 2012). These questions are also consistent with the structure itself. In Southern Tunisia, the jessour are dry-stone walls constructed inside the thalwegs, perpendicular to the flow direction. They are used to break the strength of the temporary streams and collect soils, in order to cultivate in the so created plots. Was it the same in Wakarida? Did the Aksumite populations build terraces to keep soil and moisture and be able to survive in a densely populated region (tab. 1)?

To answer these questions, we designed a systemic methodology relying on the combination of different approaches. Field work led to the cartography of deposits and geomorphological forms (fig. 3) and the sampling of three natural sections, chosen because of their accessibility and the possibility of taking samples without having to dig (fig. 7). Forty-six samples taken in the sections were analysed in laboratory (fig. 8-10, tab. 3-5) through laser granulometry for particles under 2 mm. Twenty-six charcoal samples were dated with the AMS (Accelerator Mass Spectrometry) method through the ARTEMIS program (tab. 2). This gives information about processes occurring since the second half of the Holocene (6th millennium BCE – 17th Century CE). For more recent periods, archives have been used: travel literature, prints and drawings, postcards. They have been completed, for the 20th Century, with the comparison of aerial photographs from the National Mapping Agency (Addis Ababa), dating from 1964–1965 and 1994 (fig. 11). Finally, ethnogeomorphological (Wilcock et al., 2013) and ethnoarchaeological (Aurenche, 2012) interviews have been conducted with thirty farmers in the survey area, with the help of a translator.

Results show lots of similarities in the grain size of the sections (very fine basis, the upper part being coarser, with sometimes pebbles and boulders, fig. 8-10). In AMa and AMb sections (fig. 8-9, tab. 3-4), ages are particularly young (2nd -15th Centuries CE for AMa; 7th -17th Centuries CE for AMb), some being inverted, older charcoals being located over younger ones: for example in AMa (fig. 8), the date of 695–937 CE lies over the one of 1446–1633 CE and under this of 1265–1388 CE. In these sedimentary accumulations, no evidence of wall has been found, neither of agricultural tools. Paradoxically enough, this tends to show that the fillings are quite recent and were accumulated without the help of terraces. These structures are also absent from descriptions or iconographic representations (Bruce,

1790; Lefebvre, 1845; Rüppell, 1840; Girard, 1873; Chihâb Al-Dîn, 1897; D'Abbadie, 1980, 1999; Lobo, 1984; Bard et al., 2000). Finally, aerial photographs (fig. 11) and recent writings (Brown, 1965; Henze, 2001) show the beginning of the implantation of terraces in response to strong erosion processes. In the 1960', surface streams are visible in Ka Ebile valley, but no terrace (fig. 11A, A'). Surface flows have disappeared in the 1990', covered by soils and terraces (fig. 11B, B'). The interviews confirm this: changes in the occupation of the valleys are recent and linked with the redistribution of land after the end of the Derg, at the beginning of the 1990' (fig. 12).

Older accumulations in Damhalle are consistent with the termination of the African humid Period. In East Africa this AHP (12.5–5.0 ky BP) is interrupted by drier phases 11–10 ky BP, 8.5–6.5 ky BP and 6.2–5.8 ky BP; Gillespie et al., 1983; Dramis et al., 2003). The basis of Damhalle corresponds to the interval between these two dry pulses. Dramis et al. (2003) also indicate a hiatus in soil formation in Tigray around 6.67–5.8 ky BP and around 6.51–5.61 ky BP, which could correspond to the hiatus observed in Damhalle between Da14ch and Da07ch (tab. 2). Authors also indicate the change towards a more arid climate around 5.5–4 ky BP, consistent with this hiatus. They finally indicate humid pulses during this arid period around 2.4 ky BP, consistent with the 2.47 ky BP sample (tab. 2); humid pulses probably occurred in the area of Wakarida in 3.7 ky BP and 2.4 ky BP (tab. 2). As for the termination of the AHP, it has been dated in East Africa around 5 ky BP (Gillespie et al., 1983), a progressive transition for Dramis et al. (2003), between 5.5 and 4 ky BP, humid conditions being spotted in the south of the country by Gasse and Street (1978), Gillespie et al. (1983), Bonnefille et al. (1986) and Bonnefille and Umer (1994). In Northern Africa and the Arab Peninsula, the shift towards arid conditions is dated around 6.5–3.5 ky BP (Lüning and Vahrenholt, 2019), whereas it occurs in Egypt around 5.8 ky BP (Brookes, 2003; Bubenzer and Riemer, 2007; Crépy et Callot, 2016; Sanlaville, 1997; Wendorf and Schild, 1980). In West Africa, this termination is thought abrupt by Armitage et al. (2015), around 5 ky BP or around 5.8–4.8 ky BP for Collins et al. (2017). For Hély et al. (2009), the shift is progressive between 6 and 4 ky BP. In East Africa, Tierney et al. (2011) and Tierney and deMenocal (2013) consider the shift as abrupt and situated around 5.5 ky BP, whereas Liu et al. (2017), see it as progressive, between 5.5 and 3.5 ky BP. In Wakarida, the few dated information at this time does not allow for more precise determination nor of the abruptness or progressivity of this termination, neither of its age.

In the downstream part of the valley, the inversion of dates can be evidence of the erosion of former deposits, associated with heterogeneous connectivity between sediment sources and storage areas, leading to the mixing of older and younger sediments. These inverted dates give important information on land use: they are evidences of important anthropisation, of a growing demographic pressure, that led to renewed erosion in an inherited material and its later deposit. These processes testify from changes in the human occupation in the area, from a light footprint before the arrival of Aksumite populations, to a strong demographic pressure during Aksumite times, followed by abandonment phase (post-Aksumite period) and very recent reoccupation (20th Century). Aksumite populations certainly used agriculture, but probably not terraces. This conclusion about Wakarida is in contradiction with common belief that nowadays landscapes are fossil ones and that terraces necessitate numerous workers on a very long time. It is consistent with Blanchemanche's (1990) findings in South Europe. Landscapes of Wakarida can be considered as palimpsests, recent modifications resting on ancient fillings originating in the interaction of anthropogenic and natural processes.