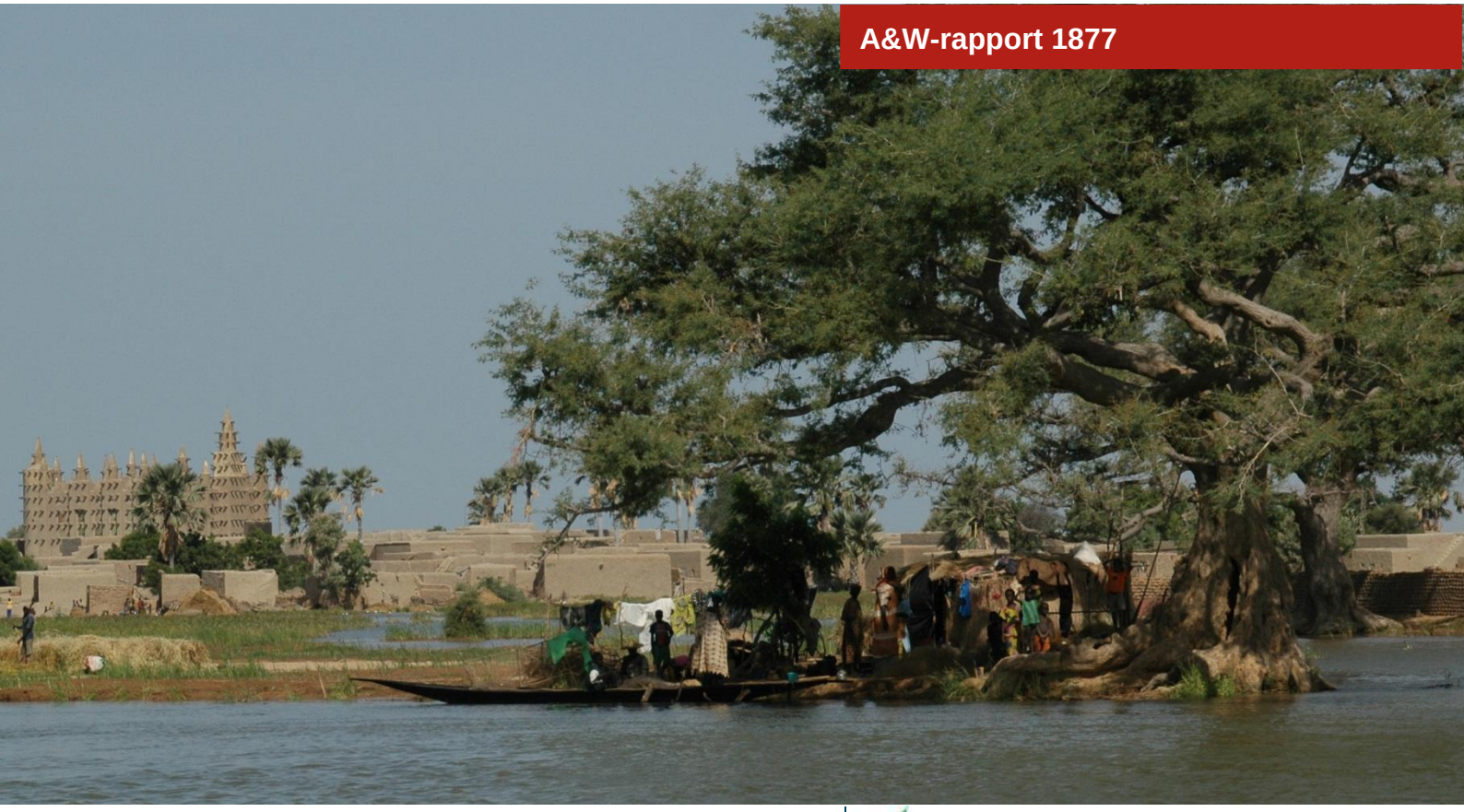
A&W ECOLOGICAL CONSULTANTS

L'impact d'un faible débit du fleuve sur l'inondation, la végétation et l'utilisation des terres dans le Delta Intérieur du Niger



A&W-rapport 1877

commandité par

WETLANDS INTERNATIONAL

UICN

Sida
SWEDISH INTERNATIONAL DEVELOPMENT COOPERATION AGENCY

L’impact d’un faible débit du fleuve sur l’inondation, la végétation et l’utilisation des terres dans le Delta Intérieur du Niger

A&W-report 1877

L. Zwarts

Photo de couverture

Il y aura un grand changement dans le Delta Intérieur du Niger avec la réduction prévue de l'inondation mais presque rien pour le meilleur. Photo: Leo Zwarts

L. Zwarts 2012

L'impact d'un faible débit du fleuve sur l'inondation, la végétation et l'utilisation des terres dans le Delta Intérieur du Niger. A&W-rapport 1877 http://www.altwym.nl/en.php/docs/aw-rapporten/
Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Le même rapport en anglais :
The impact of a lower river flow on the inundation, vegetation and land use in the Inner Niger Delta.
A&W-report 1868 http://www.altwym.nl/en.php/docs/aw-rapporten/
Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Commandité par
Wetlands International
Horapark 9
6717 LZ Ede
Pays-Bas
Tel. +31 318 660910

Realisée par
Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv
BP 32
9269 ZR Feanwâlden,
Pays-Bas
Tel +31 511 47 47 64
Fax +31 511 47 27 40
info@altwym.nl
www.altwym.nl

L'étude a été réalisée dans le cadre du projet *Réhabilitation des Ecosystèmes du Delta Intérieur du Niger* (REDDIN) de l'IUCN et de Wetlands International, financé par l'Agence Suédoise de Coopération Internationale pour le Développement (SIDA).

Numéro de projet	Chef de projet	Statut du document
1954dim	E. Wymenga	Rapport final

Autorisation	Autographe	Date
Approuvé	E. Wymenga	3 janvier 2013

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv
Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

Sommaire

1	**Introduction**	**1**
2	**Cartes hydrographiques**	**3**
3	**Végétation**	**11**
4	**Terres agricoles**	**17**
5	**Forêts**	**23**
6	**Conclusions**	**28**
7	**Bibliographie**	**29**

1 Introduction

Le fleuve Niger et le fleuve Bani montrent une grande variation saisonnière due à la courte saison des pluies en Afrique de l'Ouest (juin–octobre) et à la longue saison sèche (novembre–mai). Sans cette grande variation saisonnière du débit du fleuve, il n'y aurait pas de Delta Intérieur du Niger (Fig. 1) et il n'y aurait pas de crue et décrue dans cette vaste zone. La pluviométrie locale est trop limitée pour pouvoir avoir un effet sur le niveau de la crue dans le Delta Intérieur du Niger. Son inondation est donc déterminée par les arrivées d'eau provenant du fleuve Niger et du fleuve Bani (Fig. 1). Les eaux provenant des deux fleuves, tour à tour, se rapportent à la pluviométrie enregistrée à 600-900 km au Sud-Ouest du Delta Intérieur du Niger.

Depuis le milieu des années 1950, le débit moyen du fleuve Bani aussi bien que du fleuve Niger en août-octobre a varié entre 1850 et 7200 m^3/s, équivalant à un débit saisonnier total de 14,7 et 57,2 km^3, respectivement (données de la DNH). En 1984, le niveau de l'eau relevé à l'échelle d'Akka, au centre du Delta Intérieur du Niger, a légèrement dépassé les 3 mètres. Par contre, en 1957 et en 1964, le niveau de l'eau relevé à l'échelle d'Akka a atteint le niveau très élevé de plus de 6 mètres (Fig. 2).

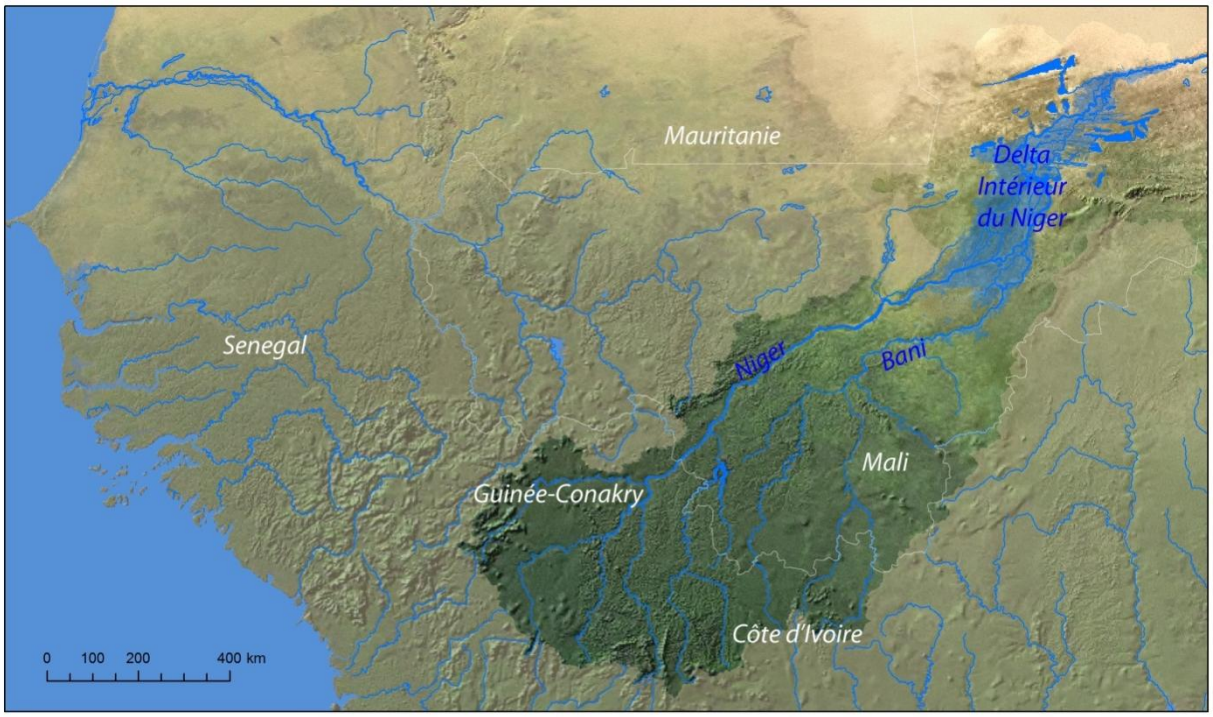


Fig. 1. Le Niger prend sa source dans les Monts Guinéens. Le principal affluent du fleuve Niger est le Bani qui arrose le Sud-Ouest du Mali et le Nord-Est de la Cote d'Ivoire. Le bassin versant du Niger et du Bani est illustré en couleurs brillantes. L'inondation du Delta Intérieur du Niger est déterminée par l'arrivée d'eau en provenance de ces deux fleuves; ce qui se rapporte, pour chacun des deux fleuves, à la pluviométrie enregistrée à 600-900 km plus loin pendant la même année et à la nappe phréatique telle que déterminée par la pluviométrie pendant les années précédentes.

Dans le Sahel la pluviométrie varie d'une année à l'autre mais la tendance générale pendant les 120 dernières années est à la baisse. La plupart des modèles prédisent une baisse plus importante. Le Delta Intérieur du Niger est l'une des plus grandes plaines fluviales d'inondation au monde. Au niveau de réduction de 20% de la pluviométrie prévue au Sahel, le Delta Intérieur du Niger perdra 40% de ses plaines d'inondation à cause de la descente plus profonde prévue de la nappe phréatique. Les interventions hydrologiques prévues en amont (Barrage de Fomi, extension de l'Office du Niger, Barrage de Djenné) provoqueront une plus grande perte (Zwarts 2010).

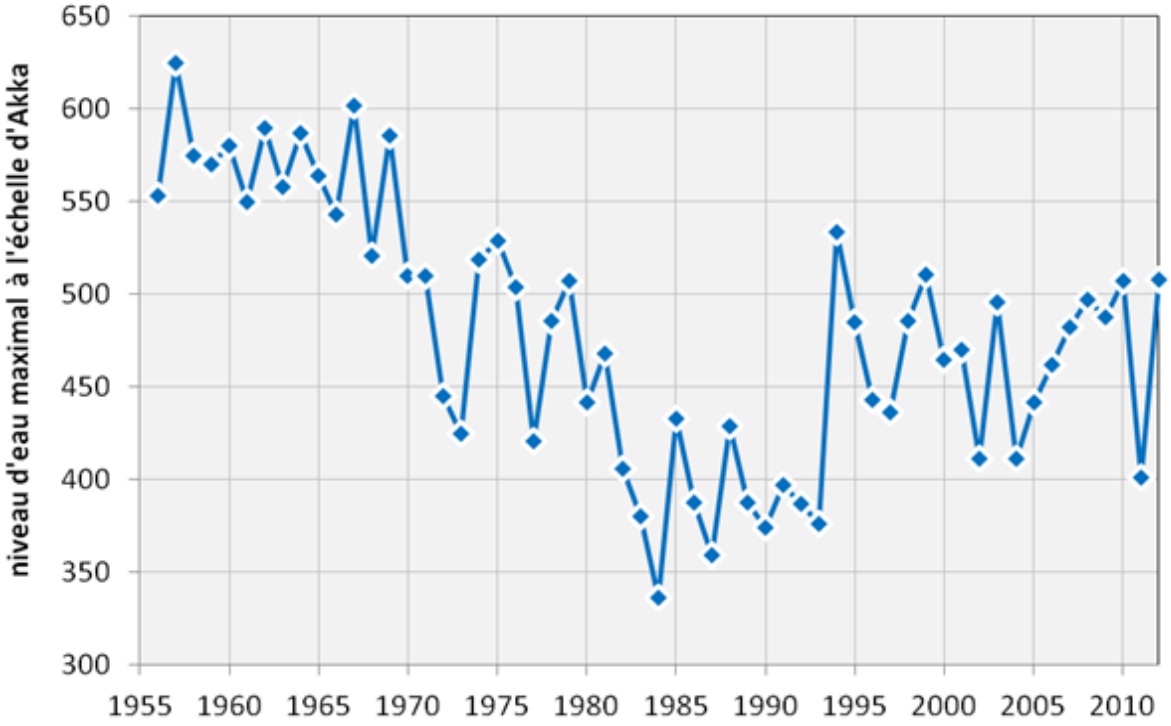


Fig. 2. Le niveau maximal annuel de la crue dans le Delta Intérieur du Niger à l'échelle d'Akka a varié entre 336 cm (en 1984) et 625 cm (en 1957) pendant les 60 dernières années; données de la DNH.

Ce rapport traite des changements attendus en ce qui concerne l'inondation, la végétation et l'utilisation des terres du Delta Intérieur du Niger lors de la baisse du débit du fleuve. Il montre l'énorme réduction de l'étendue de l'inondation du fleuve Niger si le niveau maximal de la crue à l'échelle d'Akka baissait de 500 cm à 400 cm, voire à 300 cm (Chapitre 2). Par contre, la superficie inondée pendant la saison sèche semble être à peine affectée si le niveau de l'eau pendant la période sèche diminue de 100 à 0 cm. Ce rapport montre aussi le changement attendu en ce qui concerne les régions de végétation et l'utilisation potentielle des terres si le niveau de l'eau baissait de 500 à 300 cm (Chapitre 3 – 5).

Le travail est réalisé dans le cadre du projet *Réhabilitation des Ecosystèmes Dégradés du Delta Intérieur du Niger* (*REDDIN*), qui est un programme de l'IUCN et de Wetlands International, financé par l'Agence Suédoise de Coopération Internationale pour le Développement (SIDA).

2 Cartes hydrographiques

Méthodes utilisées pour produire des cartes de la zone d'inondation
Les cartes topographiques du Delta Intérieur du Niger montrent la plaine d'inondation comme si elle est inondée à un niveau maximal. Zwarts & Grigoras (2005) ont scanné les cartes topographiques pour produire l'ensemble de la zone d'inondation (Fig. 3).

Zwarts & Grigoras (2005; pages 46-60) ont utilisé des images satellitaires pour produire des cartes hydrographiques du Delta Intérieur du Niger couvrant toute la gamme des niveaux d'eau. Ces cartes hydrographiques permettent la détermination de la relation entre l'étendue de l'inondation et le niveau de la crue (tel que mesuré à Mopti, Akka et Diré). Les cartes hydrographiques sont combines pour construire un modèle numérique d'inondation. Le modèle d'inondation est limité à la zone montrée sous forme rectangle oblique dans la Fig. 3. La position du rectangle oblique est déterminée par la trajectoire et les dimensions des images satellitaires (180 x 180 km). Le Delta Intérieur du Niger est couvert par deux images Landsat : une à partir de la zone entre Djenné et le Lac Débo (Colonne197/Ligne50) et l'autre à partir du nord du Lac Débo jusqu'à Tombouctou (Colonne 197/Ligne 49).

Les données présentées dans le présent document se rapportent aussi à la zone se trouvant à l'intérieur du rectangle oblique de la Fig. 3. Alors, les plaines d'inondation qui s'étalent le long du Bani en amont de Djenné aussi bien que celles le long du fleuve Niger en aval de Tombouctou sont ignorées. Toutes les deux plaines d'inondation riveraines sont adjacentes au Delta Intérieur du Niger mais habituellement considérées comme n'appartenant pas au Delta Intérieur proprement dit. Ainsi, certains lacs périphériques le long du coté Nord-Est du Delta Intérieur du Niger (Lac Haribongo, Lac Garou, Lac Niangaye) ne sont pas inclus.

La terre et l'eau ont été distinguées sur les images satellitaires en sélectionnant des longueurs d'onde spécifiques de Landsat TM -bandes 5 et 7. Comme expliqué par Zwarts & Grigoras (2005: pages 61-67), les cartes hydrographiques ont été combinées pour construire une carte commune ayant différents niveaux d'eau. Ceci a été fait séparément pour l'eau entrante et l'eau en diminution. Ici, nous utilisons la carte hydrographique composée pour l'eau entrante ayant des intervalles égaux de 10 cm pour montrer l'étendue de l'inondation aux différents niveaux maximaux annuels d'inondation.

Cartes hydrographiques à un niveau d'eau de 500, 400 et 300 cm à Akka
Les Figures 4-6 montrent la zone inondée à un niveau maximal d`inondation de 500, 400 ou 300 cm à l`échelle d`Akka, par rapport aux zones inondées de façon maximale, c`est à dire la zone inondée à un niveau maximal d`inondation d`environ 600 cm. Depuis 1956, le niveau annuel d`inondation le plus élevé à Akka a varié entre 336 et 625 cm (Fig. 2). Grosso modo, on peut distinguer quatre périodes (Table 1): un niveau d`inondation de 5-6 m dans les années 1960, 4-5 m dans les années 1970, 3-4 m dans les années 1980 et encore 4-5 m dans les années 1990 et les années 2000.

Periode	moyenne, cm	fourchette, cm
1956 – 1969	572	510 - 625
1970 –1981	481	421 - 529
1982 –1993	388	336 - 433
1994 –2012	470	404 - 534

Tableau 1. Le niveau maximum de l'eau à Akka lors des crues annuelles 1956-2012 : moyenne et fourchette (minimum and maximum) pendant quatre périodes.
Mêmes données que dans la Fig. 2.

A un niveau d'inondation de 300 cm, pas plus de 4832 km^2 ne sont inondés. Ceci est deux fois moins élevé que le niveau maximal d'inondation de 400 cm (9777 km^2). A 500 cm 17.313 km^2 sont inondés, et à 600 cm, la superficie inondée est estimée à 22.000 km^2. Cette dernière est une extrapolation puisque Zwarts & Grigoras (2005) ont fondé leur analyse sur les images satellitaires où la hauteur de la crue a varié entre -2 et 511 cm à l'échelle d'Akka.

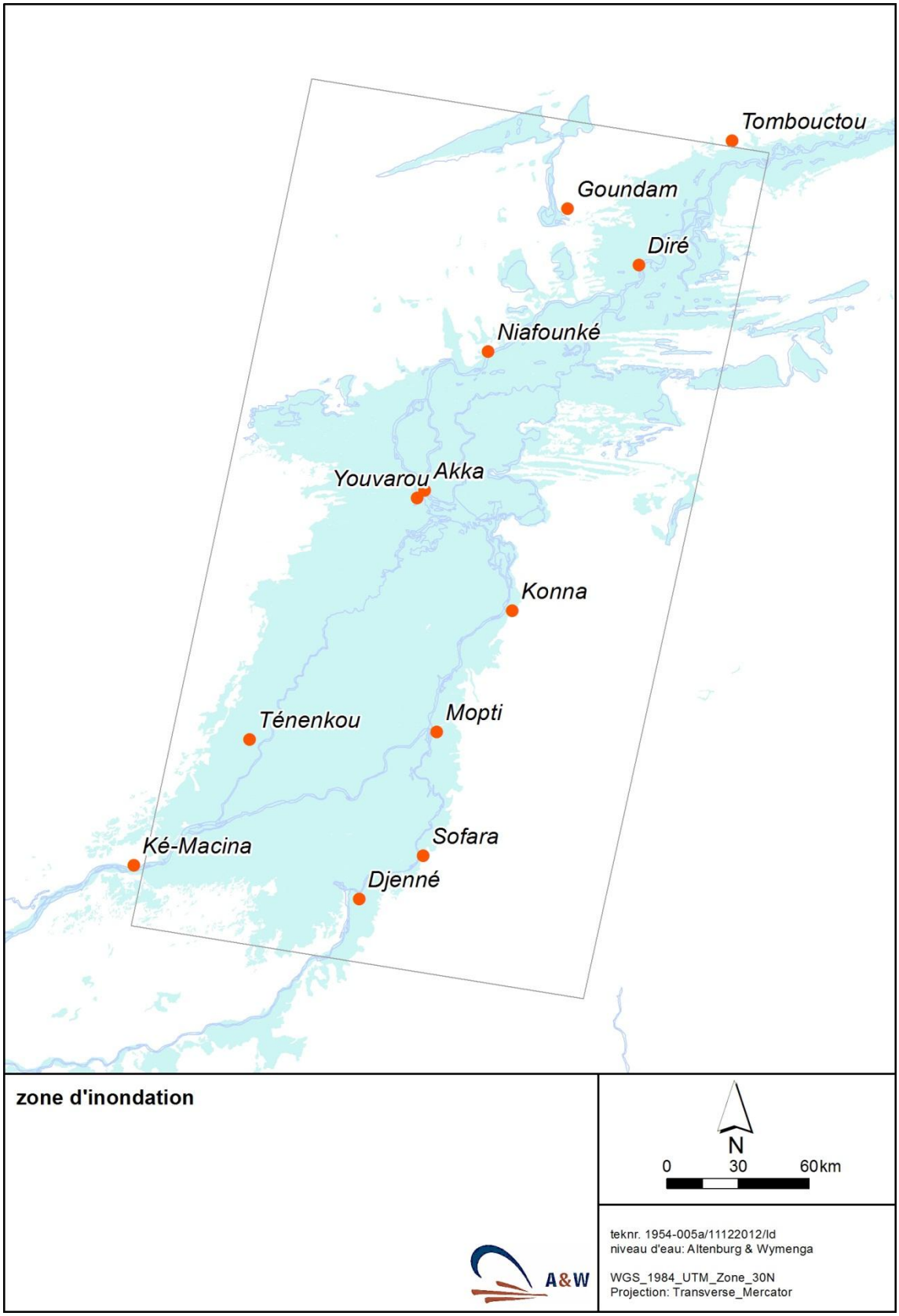


Fig. 3. La zone d'inondation du Delta Intérieur du Niger (en bleu) telle qu'indiquée sur les 11 cartes hydrographiques publiées par l'IGN en 1956. Les cartes sont fondées sur les photographies aériennes à partir du début des années 1950 quand les crues furent très élevées. La superficie totale des plaines d'inondation s'élève à 31.448 km^2. Le rectangle oblique se réfère à la zone pour laquelle nous avons déterminé la relation entre l'étendue de l'inondation et le niveau de la crue (voir Fig. 4-7). La superficie de la zone d'inondation à l'intérieur du rectangle s'élève à 27.352 km^2.

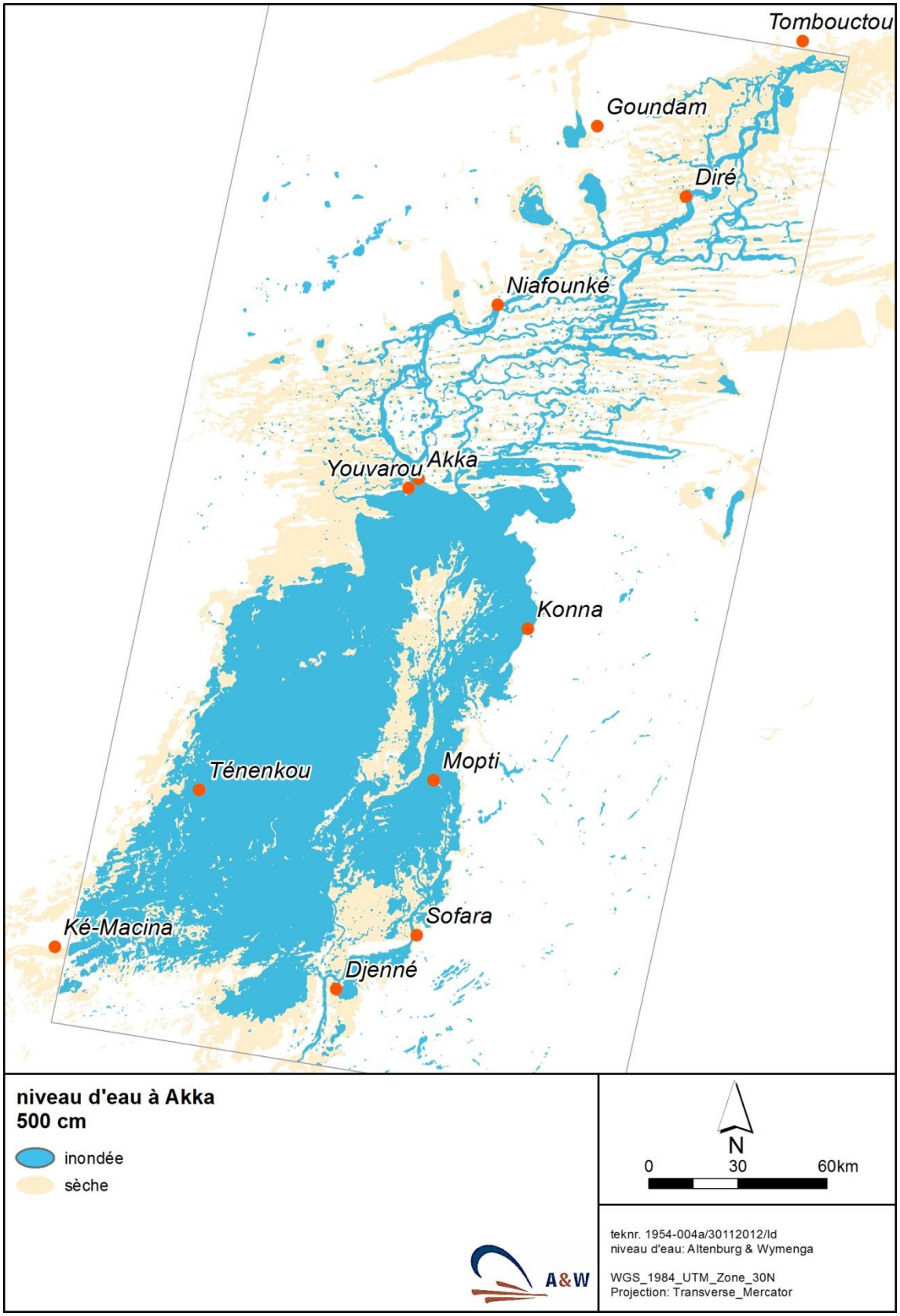


Fig. 4. La zone inondée à un niveau d'eau de 500 cm à l'échelle d'Akka (en bleu; superficie totale 17.313 km^2) à l'intérieur du rectangle oblique par rapport à la zone totale d'inondation à une grande crue d'environ 600 cm (Fig. 3; jaune).

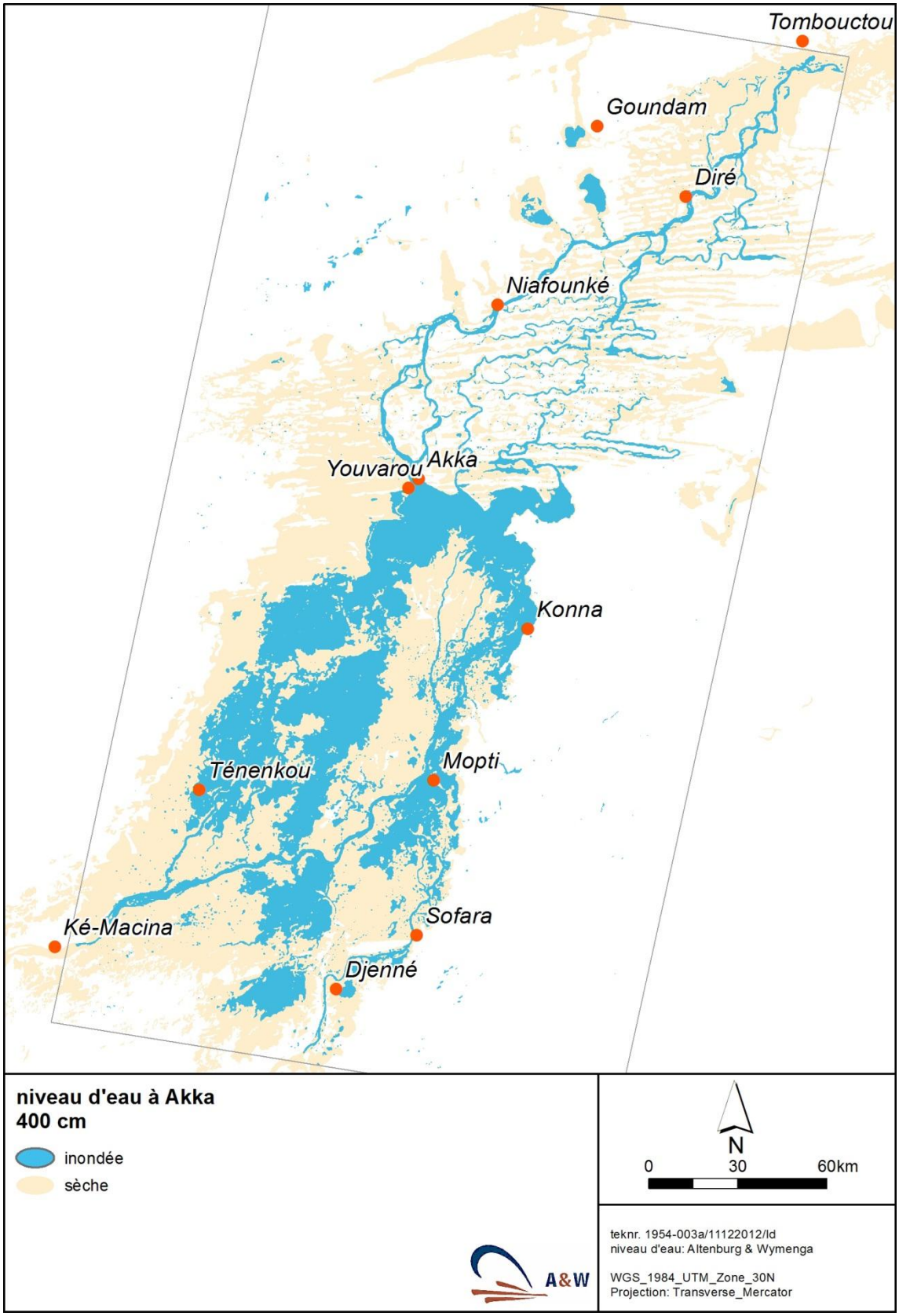


Fig. 5. La zone inondée à un niveau d'eau de 400 cm à l'échelle d'Akka (en bleu ; superficie totale 9777 km^2) à l'intérieur du rectangle oblique, par rapport à la zone totale d'inondation à une grande crue d'environ 600 cm (Fig. 3; jaune).

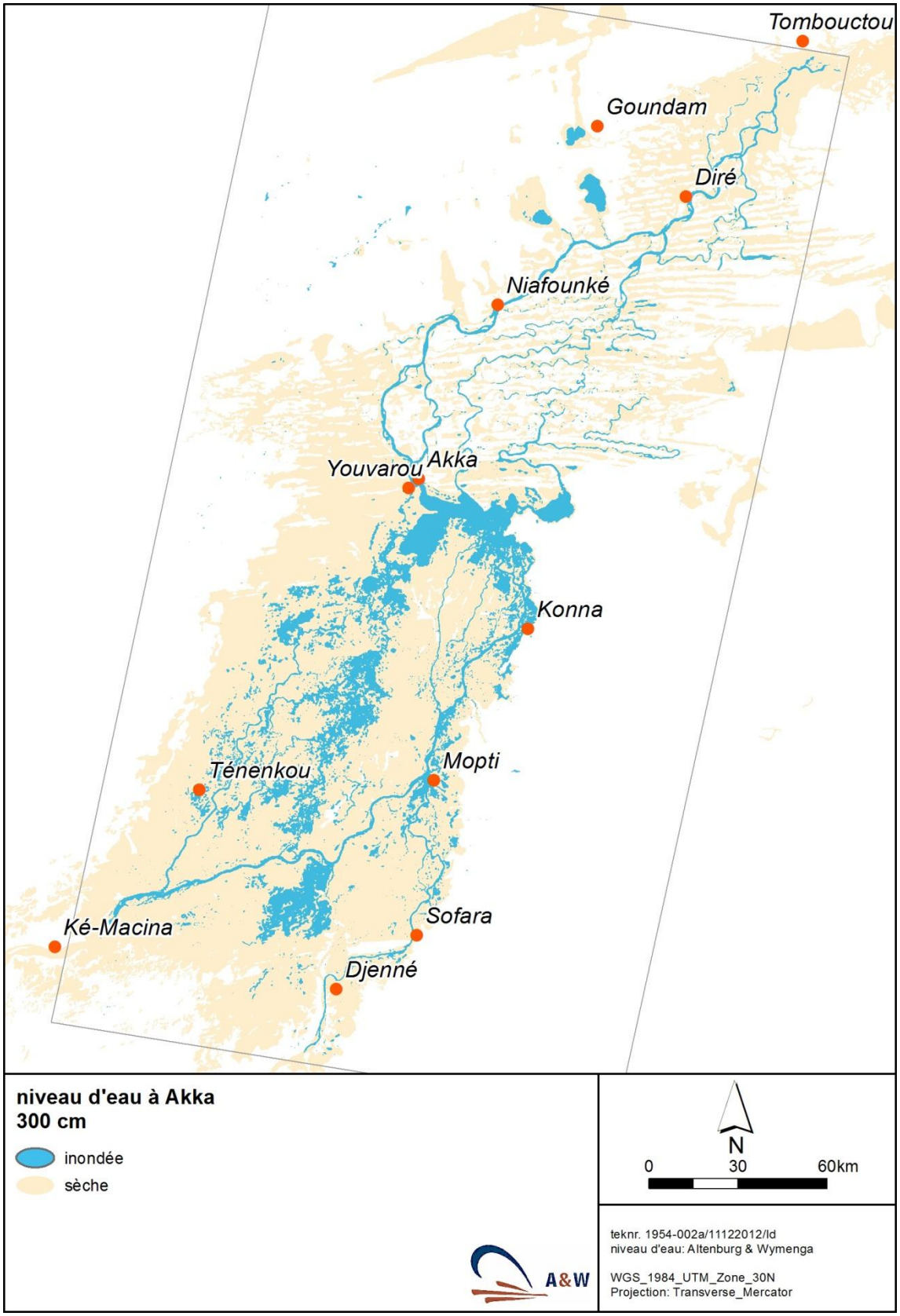


Fig. 6. La zone inondée à un niveau d'eau de 300 cm à l'échelle d'Akka (en bleu ; superficie totale 4832 km^2) à l'intérieur du rectangle oblique, par rapport à la zone totale d'inondation à une grande crue d'environ 600 cm (Fig. 3; jaune).

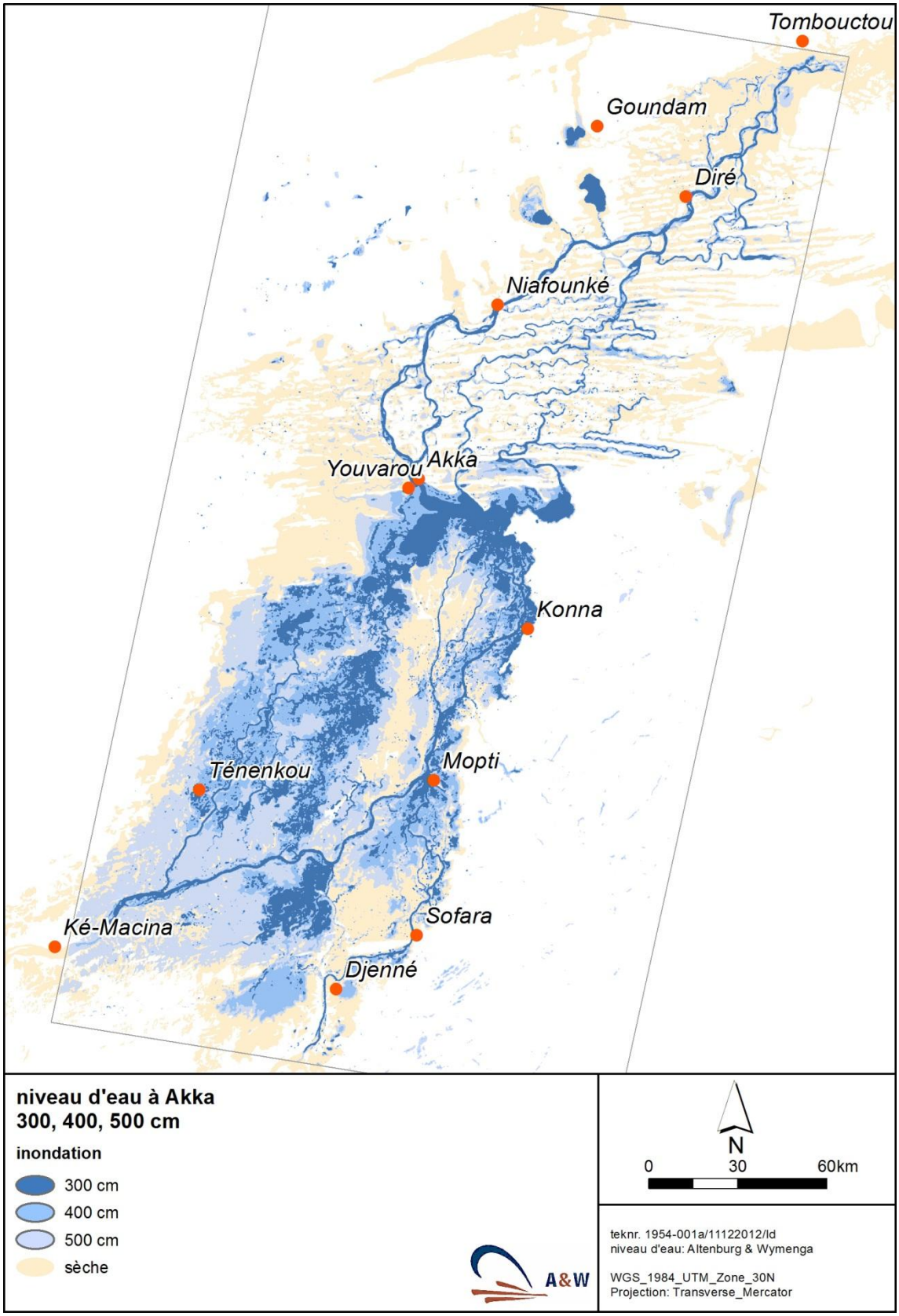


Fig. 7. La zone inondée à un niveau de 300, 400 ou 500 cm à l'échelle d'Akka (données provenant de la Fig. 4-6) à l'intérieur du rectangle oblique par rapport à la zone totale d'inondation à une grande crue d'environ 600 cm (Fig. 3; jaune).

Couverture d'eau à un niveau de 600 cm à Akka

Il est à noter que l'étendue maximale estimée de l'inondation est de 22.000 km^2 à une crue maximale de 600 cm est encore bien inférieure à la superficie totale des plaines d'inondation de 31.448 km2 telle qu'indiquée sur les cartes de l'IGN (Fig. 3). Cette apparente disparité est due à:

1. La Fig. 3 comprend les plaines d'inondation le long du fleuve Bani en amont de Djenné et les plaines d'inondation le long du fleuve Niger en aval de Tombouctou. Quand les plaines d'inondation en dehors du rectangle oblique dans la Fig.3 sont exclues, il y reste une superficie de 27.352 km^2.
2. La Fig. 3 montre la superficie totale inondée au maximum au cours de l'année tandis que les Fig. 4-7 montrent l'étendue de la crue quand l'inondation a atteint la crête de 300, 400 ou 500 cm. A cause de la pente peu profonde de la plaine d'inondation en direction du nord, l'inondation dans le Nord est retardée de trios mois. Pendant ce temps-là la plaine d'inondation du Sud est déjà bien drainée. En raison du fait que notre analyse par télédétection soit fondée sur la couverture hydrographique effective (Fig. 4-7), la zone inondée, à tout moment, est toujours inférieure à la superficie totale inondée au cours d'une année.

Bien que l'étendue de l'inondation au niveau maximal de crue ne soit pas précisément connue, nous pouvons présumer avec assurance que tous les lacs périphériques sont remplis par l'inondation. Par ailleurs la zone mise en exergue en jaune dans les Figures 4-7 ("zone jaune"), s'étendant de Mopti jusqu'à Niafunké est inondée au niveau maximal de la crue. En ce moment-là, la zone jaune du sud (entre Ké-Macina et Sofara) est déjà sortie de l'inondation tandis que l'inondation n'a pas encore les plus grandes plaines d'inondation (zone jaune dans les Fig. 4-7) situées au Nord de Diré.

Couverture hydrographique en saison sèche

Les Figures 4-7 montrent l'étendue de l'inondation quand la crue a atteint un certain niveau. Après cela, le niveau de l'eau du Delta Intérieur du Niger baisse progressivement jusqu'en mai-juin. Il n'y a pas de lien, au moins pendant les dernières années, entre le niveau annuel maximal de la crue et le niveau de l'eau une demi-année plus tard au début du mois de juin ; ce qui est probablement due aux quantités variables d'eau ajoutées ou prélevées du réseau fluvial en amont du Delta Intérieur du Niger en saison sèche : une grande quantité d'eau est lâchée du réservoir de Sélingué pendant les mois secs et aussi au même moment beaucoup d'eau est prélevée du fleuve à Markala par l'Office du Niger. Ainsi, le niveau de l'eau dans le Delta Intérieur du Niger pendant la saison sèche varie d'une année à l'autre et est indépendant de l'inondation maximale.

La zone encore couverte par l'eau à de tels faibles niveaux est limitée. Toutes les plaines d'inondation sont sèches et, à part les lacs et les cuvettes qui sont en voie d'être isolés à ce stade du cycle d'inondation, l'eau qui reste se trouve dans le lit du fleuve Niger et dans celui du fleuve Bani. Avant le début de la saison pluvieuse, le Diaka, principal affluent du fleuve Niger entre Diafarabé et le Lac Walado est à sec aussi bien que les nombreux petits affluents appelés les Mayos (dont le plus grand est le Mayo Dembi).

A un niveau d'eau de 100 cm, la superficie en train d'être couverte par l'eau s'élève à 1616 km^2. Ceci baisse à 758 km^2 à un niveau d'eau de 0 cm, soit une perte de 858 km^2 parce que les fleuves se rétrécissent et de plus en plus de bancs de sable apparaissent dans le lit du fleuve, par exemple dans le fleuve Niger au Sud-Ouest de Konna (Fig. 8).

A ces faibles niveaux d'eau, les trois lacs au centre du Delta Intérieur du fleuve Niger (Lac Débo, Lac Walado, Lac Korientzé) restent connecté au réseau fluvial. Le Lac Korientzé est un lac profond et sa forme ne change pas beaucoup à des niveaux extrêmement bas, mais le Lac Walado et particulièrement le Lac Débo devient plus petit (Fig. 8).

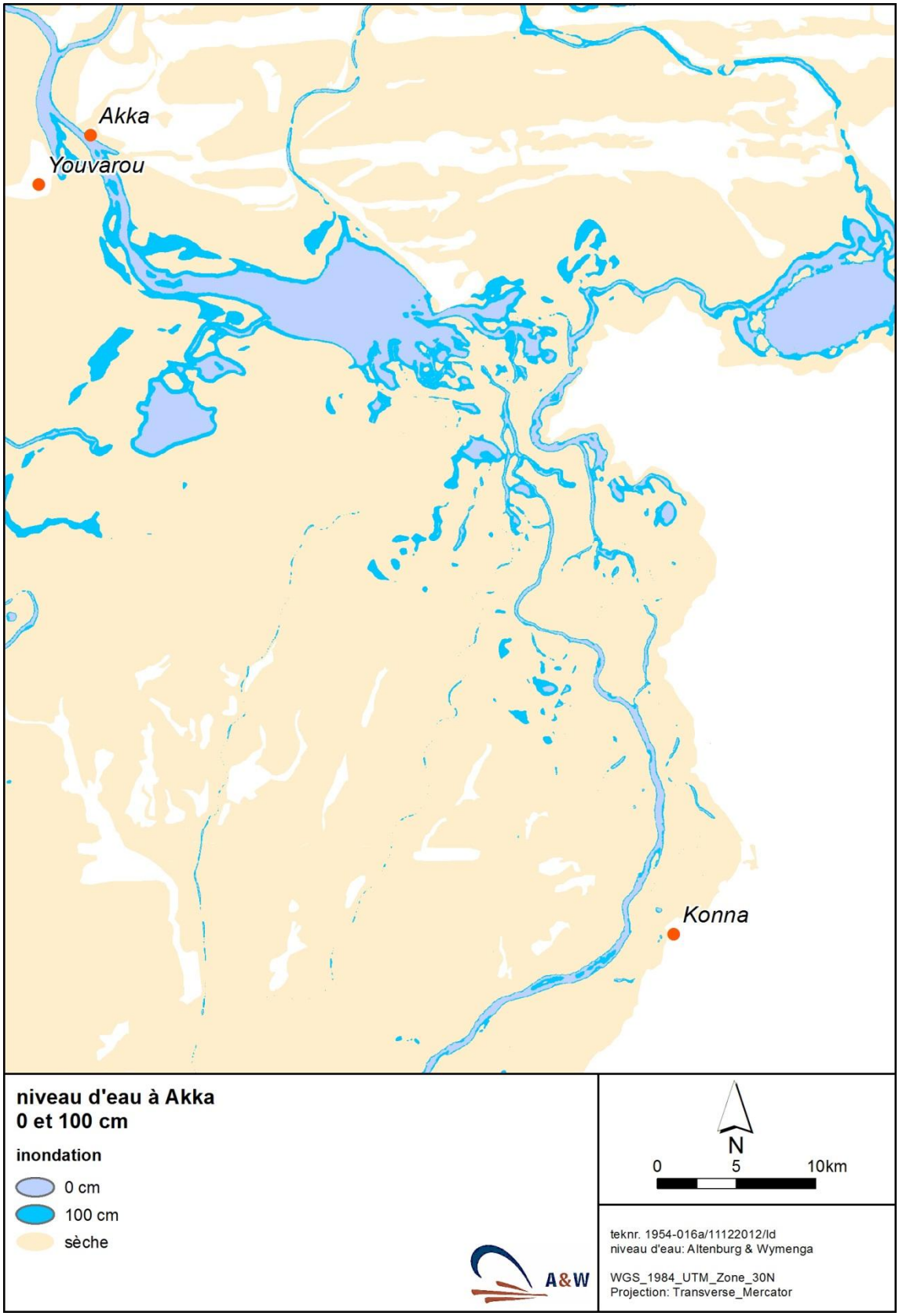


Fig. 8. La zone inondée à un niveau d'eau de 0 ou 100 cm à l'échelle d'Akka compare à la zone totale d'inondation à grande crue d'environ 600 cm (Fig. 3; jaune) Un choix a été fait pour la zone entre Akka et Konna. Il est à noter qu'au niveau d'eau de 100 cm, toutes les plaines inondables sont sèches, à l'exception des bordures du Lac Débo.

3 Végétation

Zonage de la végétation

Dans le Delta Intérieur du Niger poussent des espèces végétales et des espèces arboricoles qui sont adaptées aux fluctuations fortes du niveau de l'eau, de l'inondation saisonnière et des longues périodes sèches. Par exemple, le riz sauvage *Oryza barthii* produit des tiges de 2 mètres de longueur et occupe la zone ou la colonne d'eau atteint jusqu'à 2 mètres. Une autre espèce de graminée *Echinochloa stagnina*, communément connu sous le vocable de *bourgou,* a des tiges de 3-6 mètres et pousse là où l'eau est à une profondeur de 4 mètres en moyenne. Pendant l'inondation, le riz sauvage, le *bourgou* et aussi *Vossia cuspidata* (connu dans le Delta sous le vocable de *didéré*), forment d'énormes prairies flottantes. Le *bourgou* a une haute valeur nutritive et est donc également cultivé par les populations locales qui en font du fourrage pour le bétail pendant la saison sèche. Puisque la production de *bourgou* s'accroit avec la profondeur de l'eau, les populations le cultivent dans une eau plus profonde que celle qu'occupe normalement le *bourgou* sauvage (Zwarts *et al.* 2005).

Les populations cultivent du riz dans une portion de plus en plus importante des plaines inondables. Le riz cultivé *Oryza glaberrima* a besoin de la même profondeur d'eau que le riz sauvage et les forets inondées. Ainsi, l'extension des rizières se fait au détriment des habitats naturels. Pour des raisons similaires elles ont été éliminées dans beaucoup d'endroits (voir Chapitre 5).

Les plaines inondables les plus élevées sont couvertes par une espèce de haute herbe appelée Vétiver noir ou *Vetiveria nigritana*, et dans la région par les forêts d'acacia séyal. Les plaines inondables les plus basses deviennent souvent vertes dès qu'une végétation dense d'herbes et de *Cyperus articulatus* émerge après que l'inondation soit passée. Cependant, ces plaines inondables vertes sont éphémères et se transforment rapidement en une steppe sèche poussiéreuse ayant à peine une végétation, un effet combiné du soleil desséchant et du pâturage intensif des bovins, des ovins et des caprins.

La répartition des zones de végétation peut être décrite comme une fonction de la profondeur de l'eau, mais au fur et à mesure que le niveau de l'eau subit une variation annuelle considérable, trois questions se posent: (1) Les espèces de plantes colonisent-elles les différentes zones avec un changement du niveau de l'inondation; et si oui, est-ce que cela se produit immédiatement ou est-il retardé ? (2) Le changement de répartition est-il minoré par un changement de la superficie couverte par l'eau ? et (3) quel est l'impact humain sur ces changements naturels ?

En fait, il y a eu un changement de la répartition du *bourgou*, du *didéré* et du riz cultivé selon les changements du niveau de la crue. Par exemple, le Lac Walado qui est situé sur tes terres basses a toujours été un lac ou la végétation flottante était limitée à la zone frontalière. Le lac fut colonisé par le *bourgou* en 1985 et 1986 après que le niveau de la crue eut été bas pendant un certain nombre d'années (Zwarts & Diallo 2002). Pendant la même période, le *bourgou* s'est installé dans le Lac Walado et ailleurs de plus grands champs de *bourgou* ont été remplacés par le *didéré*. Pendant les années 1990 et les années 2000, nous avons établi des champs de *bourgou* pour lesquels nous avons calculé une profondeur maximale en utilisant les mesures de niveau à l'échelle d'Akka et le modèle numérique de l'inondation. Ces données montrent clairement que le *bourgou* pousse habituellement là où la profondeur d'eau maximale fluctue entre 3 et 5 mètres. Le *bourgou* a montré la colonisation attendue en réponse au changement du niveau de l'eau bien que cela soit un retard de deux ans environ.

Changement de végétation attendue en réponse à une crue réduite

Vu que le *bourgou* est dominant là où la profondeur maximale de l'eau atteint 3-5 m, la superficie de l'habitat optimal de *bourgou* peut être calculée pour les différents niveaux de l'eau en utilisant le modèle numérique de l'inondation. La zone où le *didéré* devrait dominer (profondeur d'eau 2-3 m) peur être déterminée selon la même approche. Le riz sauvage aussi bien que le cultivar se trouvent à une profondeur d'eau similaire (1-2 m) et le Vétiver se trouve à une profondeur d'eau inférieure (0-1 m).

Le zonage attendu pour ces quatre types de végétation dominants est montré dans les Fig. 9-12 pour le niveau maximal d'inondation de 600, 500, 400 et 300 cm à Akka. Les cartes montrent de façon évidente que les changements relativement mineurs du niveau de la crue dans le Delta Intérieur du Niger ont un grand impact sur la répartition des espèces de plantes, limitée à un éventail réduit de profondeurs d'eau.

Le Tableau 2 donne, pour les types distingués de la végétation globale, les superficies totales en km^2 aussi bien que la proportion de la totalité de la plaine inondable (%).

Tableau 2. La superficie (km^2) étant inondée à un niveau maximal annuel de crue de 600, 500, 400 ou 300 cm à l'échelle d'Akka, est donnée séparément pour cinq classes de profondeur d'eau. La végétation étant dominante dans les différentes classes de profondeur d'eau, est indiquée et se rapporte à la superficie se trouvant à l'intérieur du rectangle oblique montré en Fig.3. Les mêmes données sont montrées dans les Fig. 9-11, présentant le changement attendu des types de végétation à un faible niveau maximal annuel de crue. N.B. : la profondeur d'eau se réfère à la colonne d'eau pendant l'inondation maximale.

habitat, km^2	profondeur de l'eau, m	niveau maximal de la crue			
		600 cm	500 cm	400 cm	300 cm
eau libre	>5m	758	758	758	758
bourgou	3-5m	4074	2070	859	0
didéré	2-3m	4945	2004	1211	859
riz	1-2m	7536	4945	2004	1211
vétiver	0-1m	4687	7536	4945	2004
TOTAL		22000	17313	9777	4832

habitat, km^2	profondeur de l'eau, m	niveau maximal de la crue			
		600 cm	500 cm	400 cm	300 cm
eau libre	>5m	3.4%	4.4%	7.8%	15.7%
bourgou	3-5m	18.5%	12.0%	8.8%	0.0%
didéré	2-3m	22.5%	11.6%	12.4%	17.8%
riz	1-2m	34.3%	28.6%	20.5%	25.1%
vétiver	0-1m	21.3%	43.5%	50.6%	41.5%
TOTAL		100%	100%	100%	100%

Puisque nous n'avons pas de données sur la profondeur de l'eau de la zone qui reste couverte par l'eau à 0 cm à l'échelle d'Akka, nous devrions supposer que la zone (indiquée comme *eau libre* dans les Fig. 9-12), resterait eau libre, indépendante du niveau de l'eau. Cependant, cela n'est pas entièrement vrai. Comme déjà souligné plus haut, le *bourgou* a commencé à coloniser l'eau libre du Lac Walado au fil des années avec un très faible niveau d'eau. Aussi, le *bourgou* ne disparaitra pas du Delta Intérieur du Niger si le niveau de l'eau baisse à 300 cm, mais trouvera un dernier refuge dans le Lac Walado aussi bien que dans le Lac Débo. Ceci ne changera pas notre conclusion selon laquelle la superficie de *bourgou* subira une très grande diminution à un niveau réduit d'inondation.

Dans le Delta Intérieur du Niger, il n'y a pas d'écosystèmes naturels sans perturbation. Les champs d'herbes flottantes et les rizières de cultivars sur les plaines inondables semblent être pleinement naturels mais une partie du *bourgou* est cultivée année après année et les paysans travaillent dur pour éliminer le riz sauvage et le *didéré* de leurs rizières. En outre, deux millions de bovins et quatre millions d'ovins et de caprins pâturent dans les plaines inondables après que l'inondation soit passée. Tout compte fait, le Delta Intérieur du Niger est un habitat semi-naturel dont les ressources naturelles sont fortement exploitées par la population locale. Le riz sauvage et le riz cultivé sont mis ensemble comme une catégorie dans les Figures 9-12. Les chapitres suivants montreront là où les paysans cultivent le riz et là où se trouvent encore des forêts.

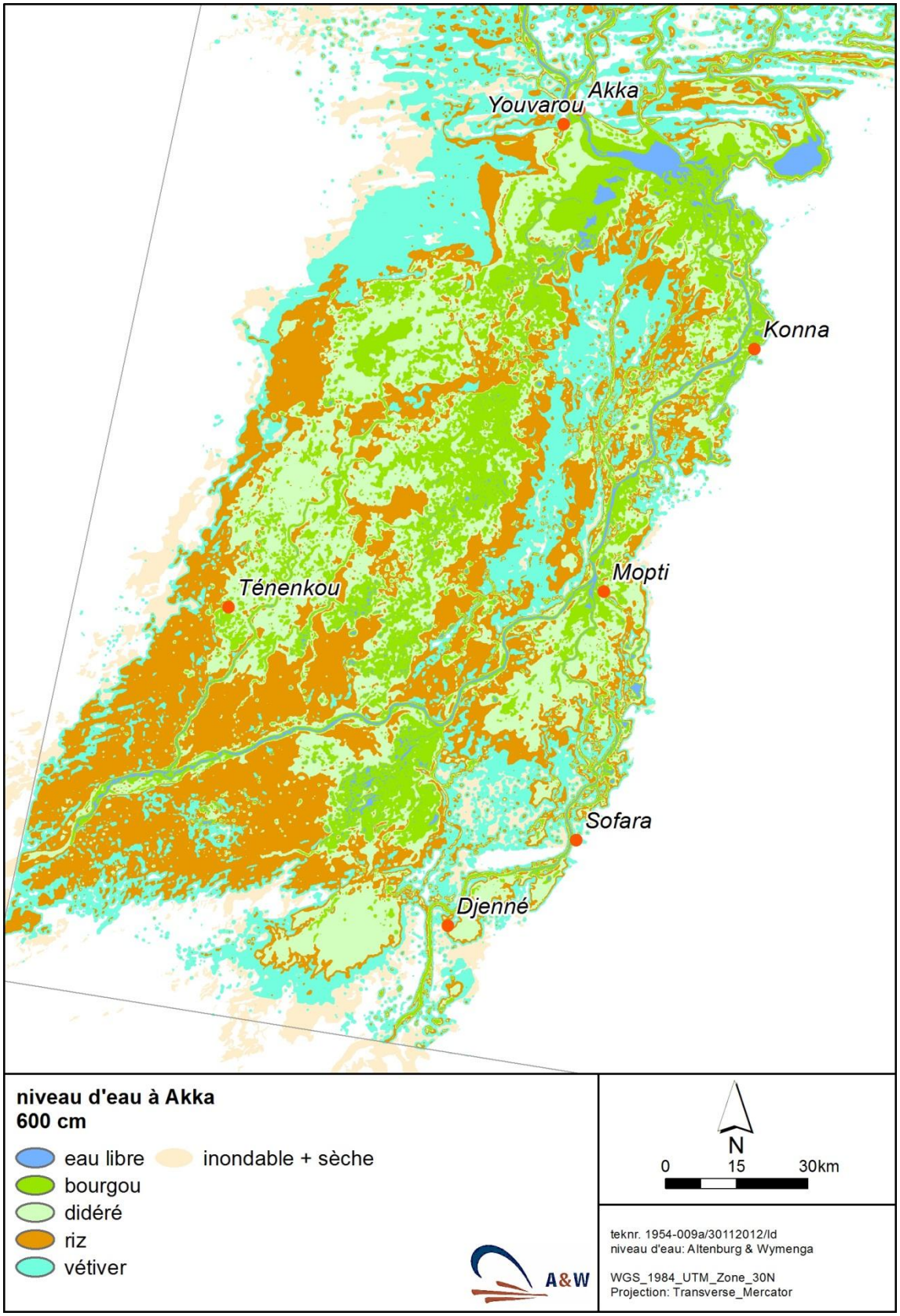


Fig. 9. Les types dominants de végétation dans la partie moitié-Sud du Delta Intérieur du Niger si le niveau maximal annuel de l'eau est de 600 cm en moyenne à l'échelle d'Akka : de plus amples informations sont dans le texte.

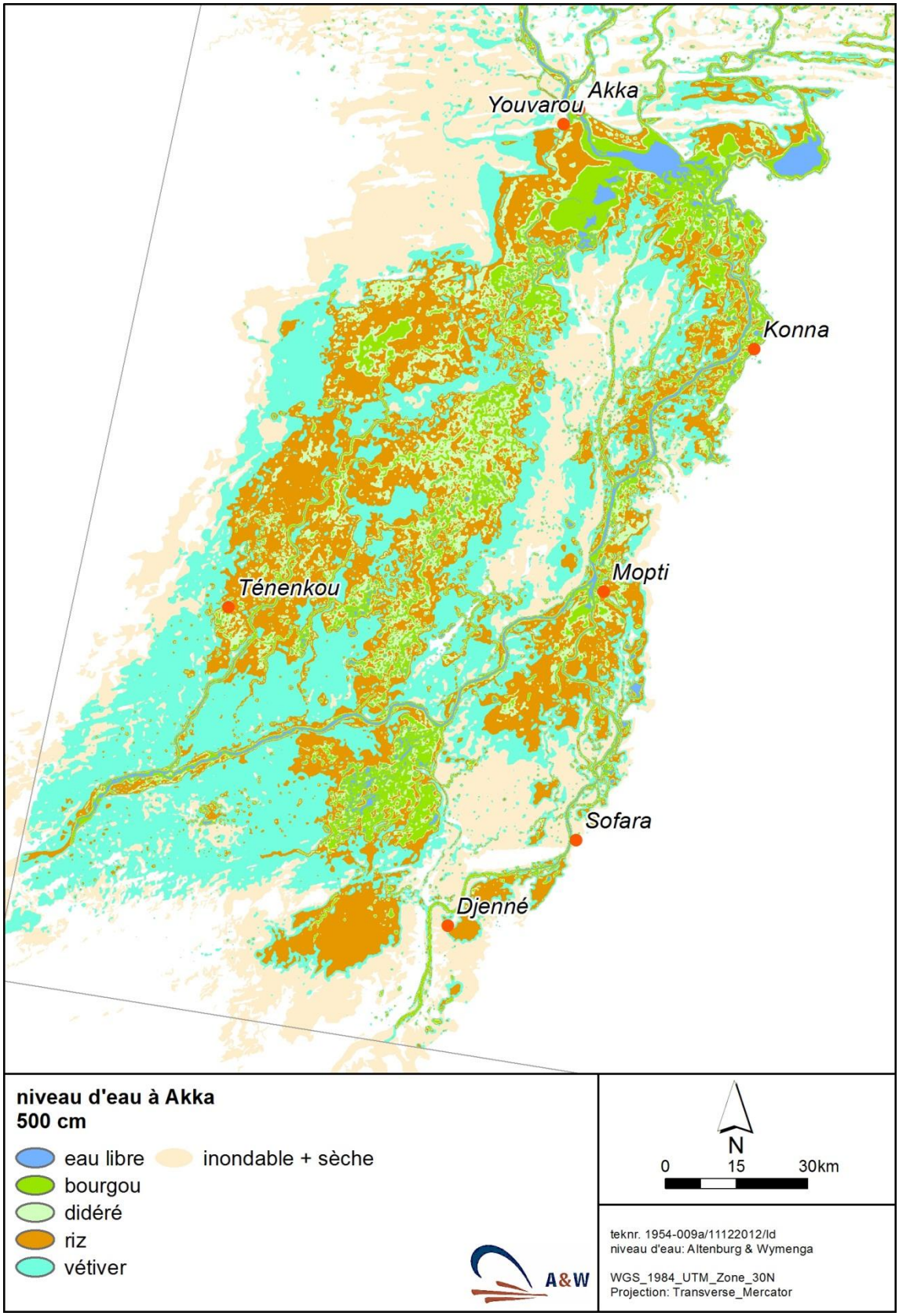


Fig. 10. Les types dominants de la végétation dans la moitié-Sud du Delta Intérieur du Niger si le niveau maximal annuel est de 500 cm à l'échelle d'Akka : de plus amples informations sont dans le texte.

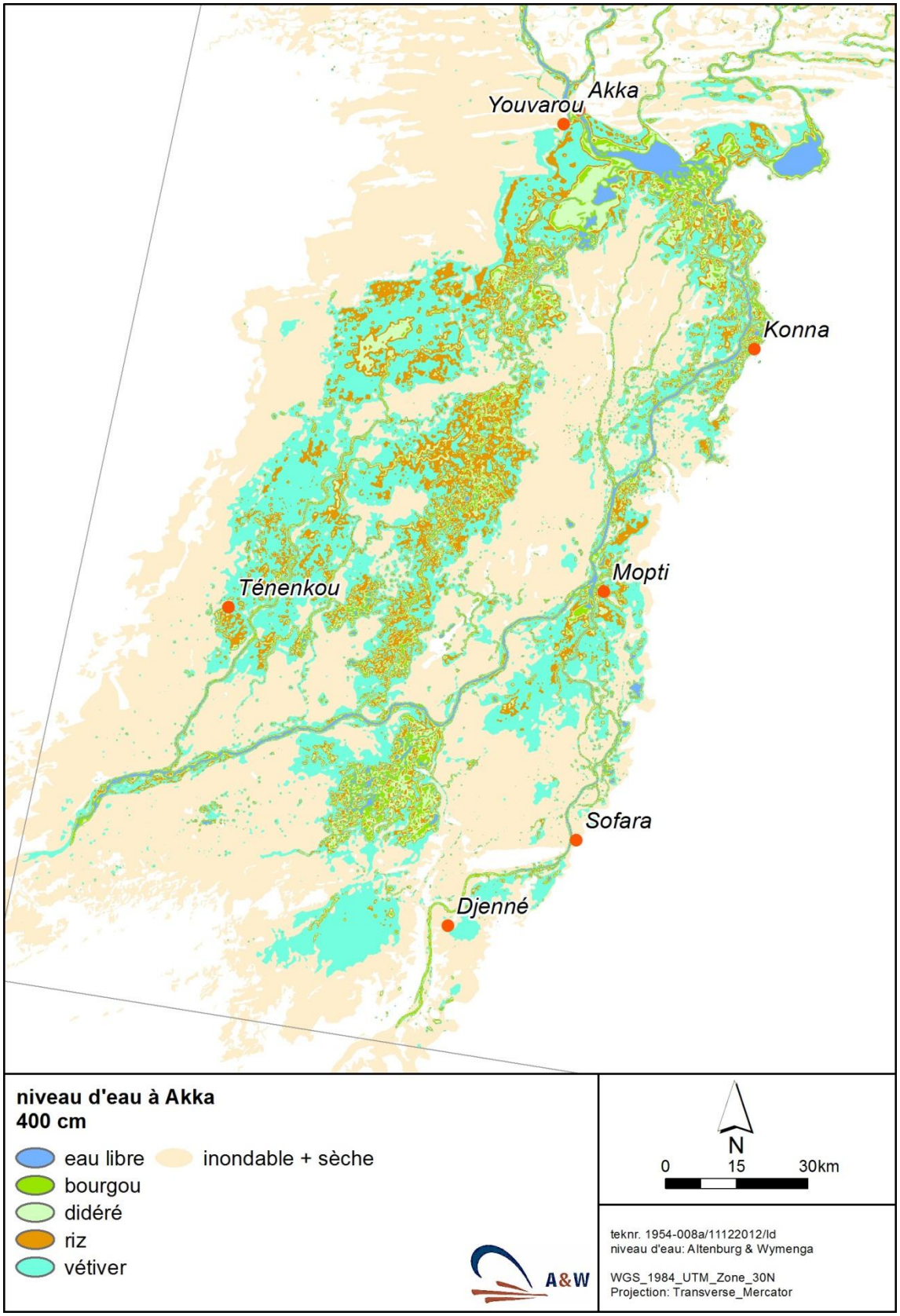


Fig. 11. Les types dominants de végétation dans la moitié-Sud du Delta Intérieur du Niger si le niveau maximal d'eau est de 400 cm à l'échelle d'Akka en moyenne :de plus amples informations sont dans le texte.

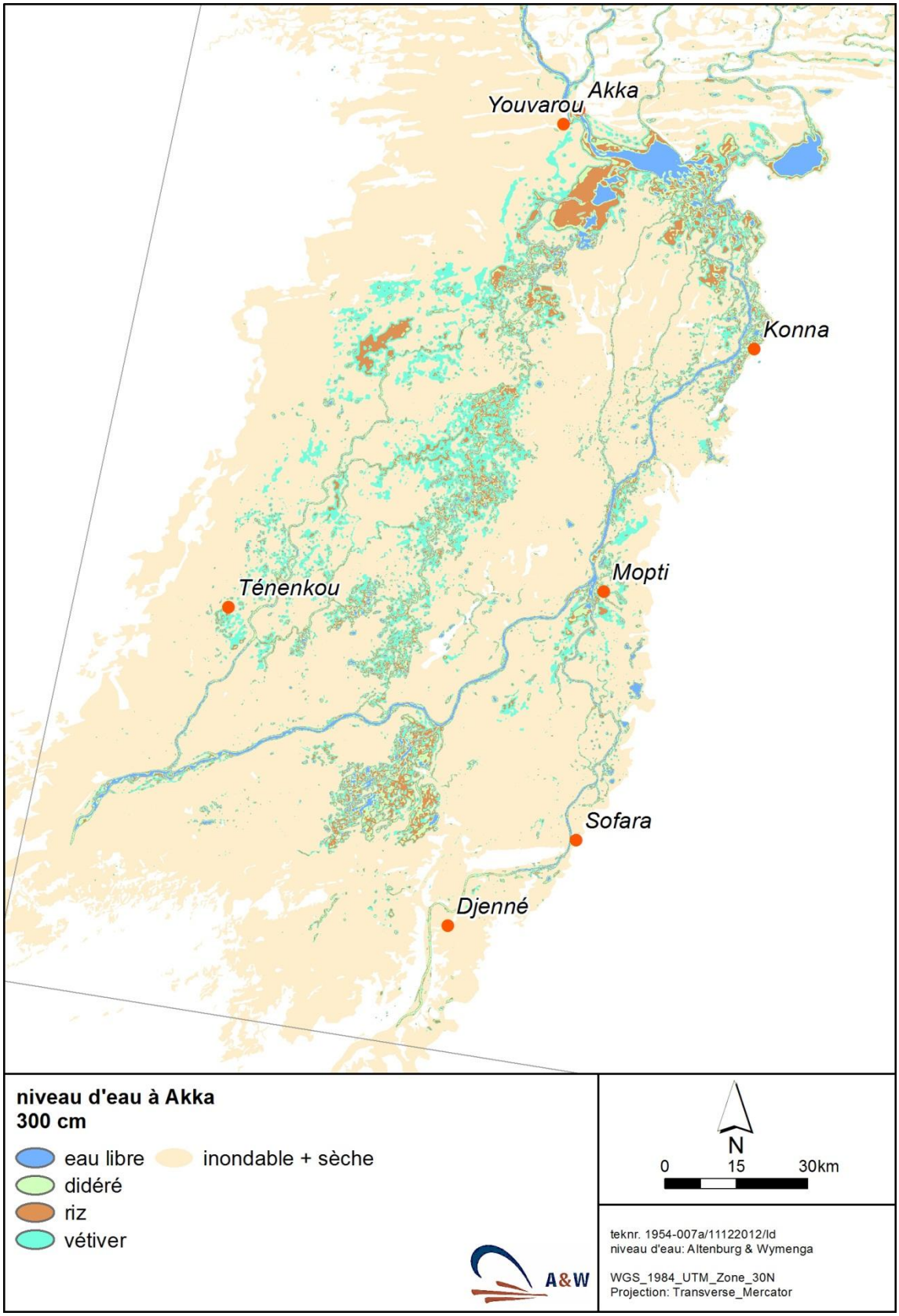


Fig. 12. Les types dominants de végétation dans la moitié –Sud du Delta Intérieur du Niger si le niveau maximal annuel d'eau est de 300 cm à l'échelle d'Akka : de plus amples informations sont dans le texte.

4 Terres agricoles

Les paysans du Delta Intérieur du Niger cultivent le riz dans les plaines inondables, et cultivent le mil et le sorgho sur les hautes terres et dans les environs du Delta. Les paysans se trouvant dans les plaines inondables cultivent une variété de riz appelée *Oryza glaberrima* ou riz flottant qui est bien adapté pour croitre au fur et à mesure de la montée de l'eau. Les paysans ne peuvent pas prédire le niveau de crue quand ils doivent semer leur riz au début de l'hivernage en juin-juillet, mais le niveau de la crue a montré une fluctuation de long terme Les paysans doivent semer le riz dans une zone qui est inondé par un, ou encore mieux, par deux mètres d'eau pour garantir une période d'inondation de trois mois et réaliser une bonne récolte (Fig. 2). Alors, les niveaux de crue des cinq ou dix années précédentes peuvent donc servir d'orientation pour leur prise de décision quant à l'endroit où ils doivent cultiver leur riz.

Le niveau maximal annuel de crue varie entre 400 et 500 cm dans la situation actuelle (Fig. 2). La zone à profondeur maximale pour le riz cultivar (1-2 m d'eau à la crue maximale) est indiquée pour un niveau de crue de 500 cm (Fig. 10) et de 400 cm (Fig. 11). Au total, 4945 km^2 seraient disponibles pour → *page 20*

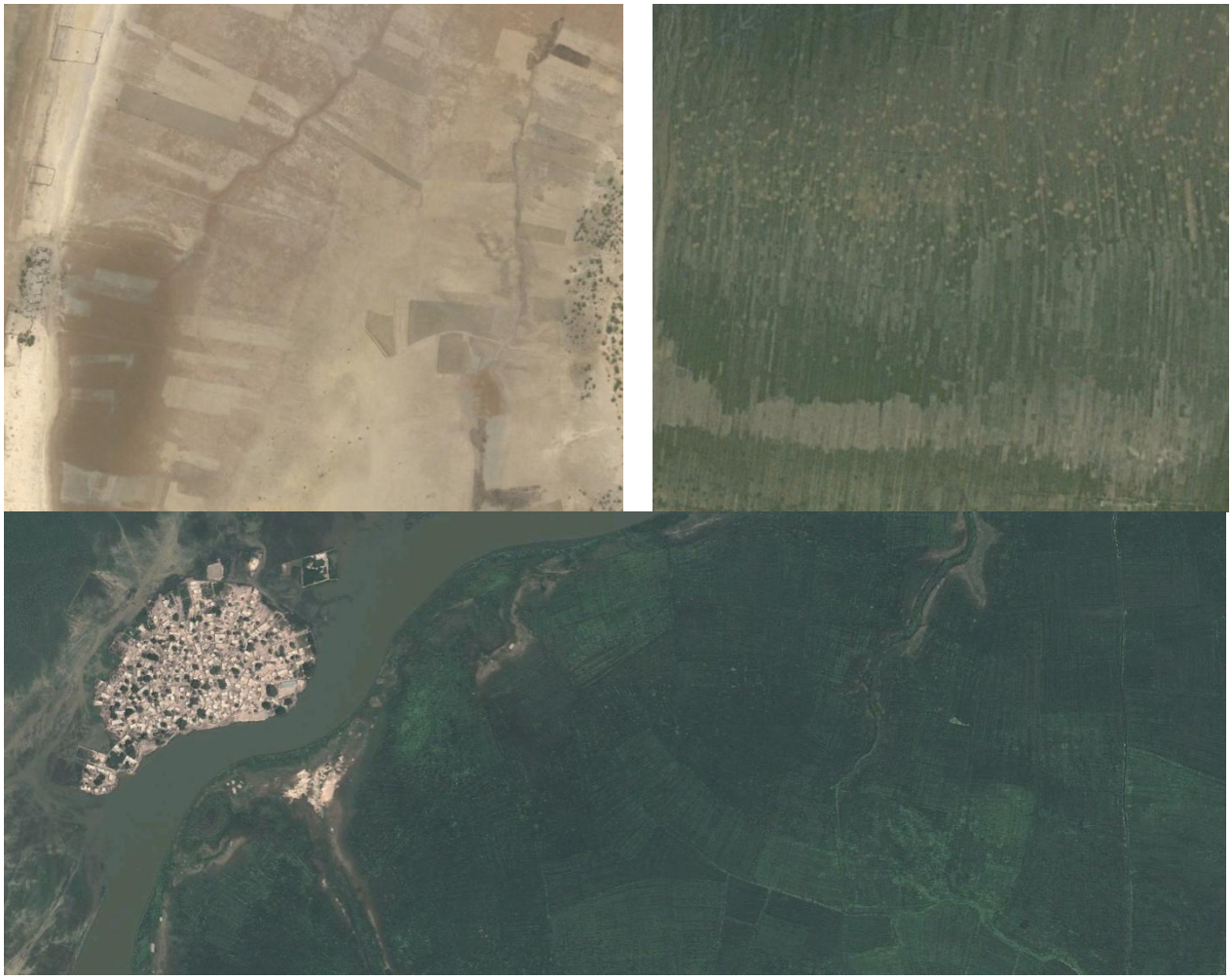


Fig. 13. Les terres agricoles sont clairement visibles sur les images satellitaires à grande résolution, pendant aussi bien qu'après la récolte. En haut et à gauche: vallée peu profonde ou, pendant la saison pluvieuse, le riz a été cultivé (riz de bas-fonds). En haut et à droite : des champs étendus du bord du lac à l'eau profonde, -utilisés par les paysans quand l'eau se retire des terres immergées (riz de décrue). En bas : rizières sur les plaines inondables (submersion libre) autour d'un village sur une digue.

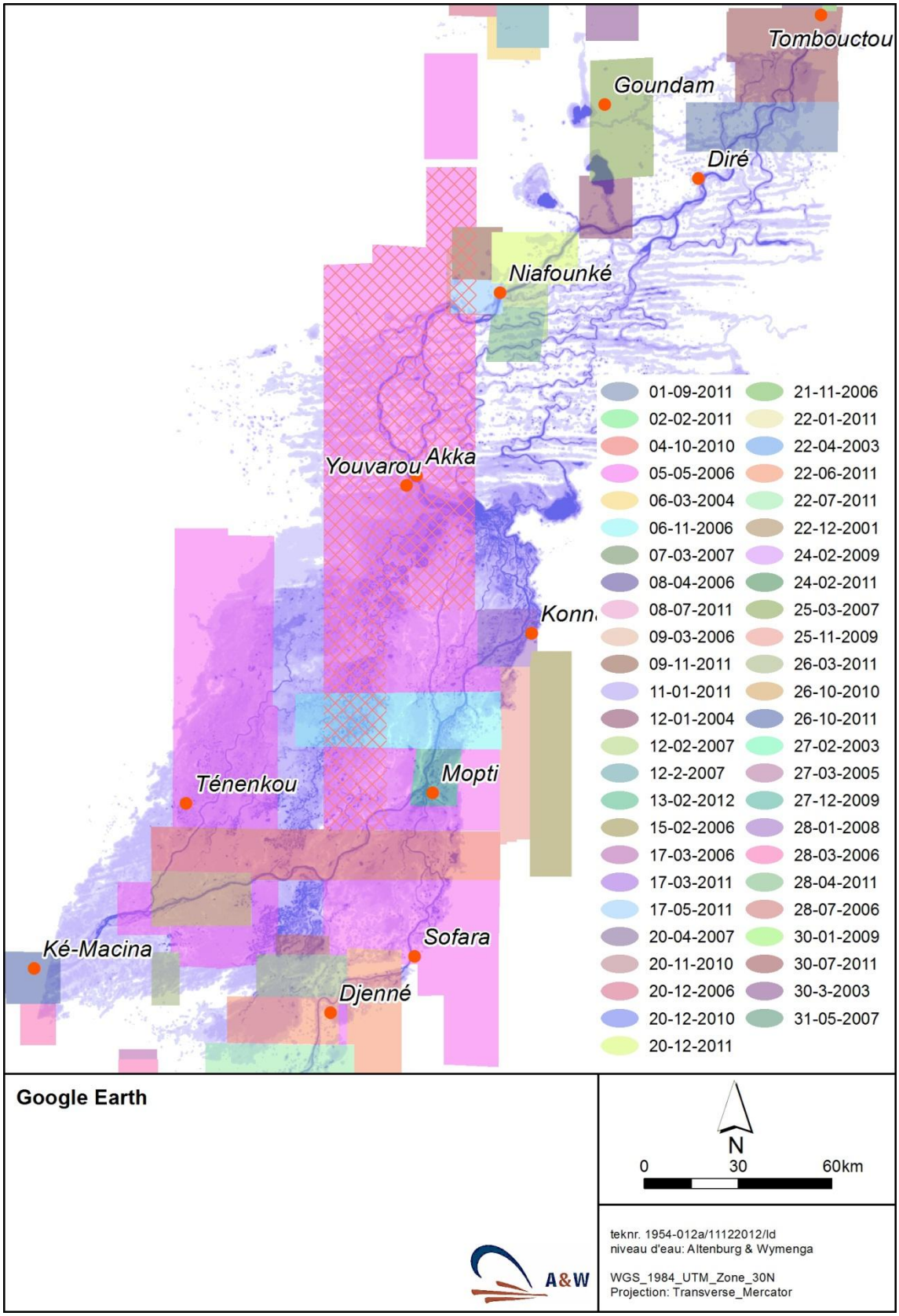


Fig. 14. La couverture du Delta Intérieur du Niger par les images Google Earth *à haute résolution à partir de 2003. La zone à hachures croisées se réfère à la zone pour laquelle le couvert arboricole a été déterminé (voir Chapitre suivant). Moins d'images récentes, habituellement à faible résolution, sont disponibles pour la partie restante du Delta Intérieur; heureusement, les anciennes images restent disponibles dans le système* Google Earth.

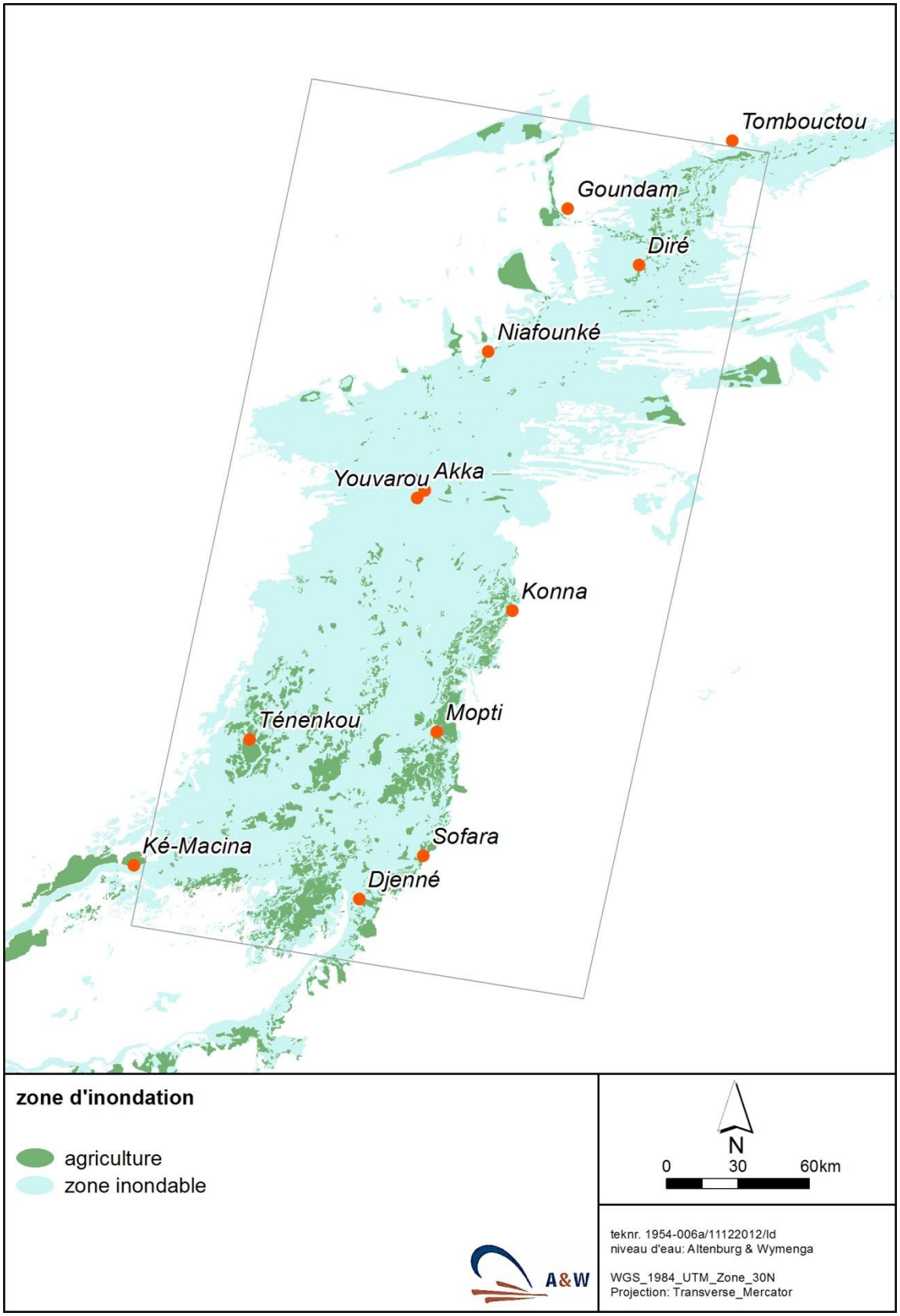


Fig. 15. Les terres agricoles (vertes) du Delta Intérieur du Niger (zone d'inondation (couleur bleue) de la Fig. 3). Les terres arables telles qu'elles sont visibles sur les images Google Earth *prises à différentes dates (voir Fig.14) ont été montrées en parcelles d'exploitation dans les détails sur une carte. La superficie totale des terres arables est de 5005 km^2 dont 4380 km^2 sur les plaines inondables et 624 km^2 sont adjacentes (exemple : la zone le long du Fleuve Niger au Sud-ouest de Ké-Macina). Que la terre soit cultivée pendant une année donnée, dépend, dans plusieurs parties, du niveau de l'eau. A un niveau élevé d'eau, il n'y a pas d'agriculture,*

ou seulement le long des bordures de l'eau, dans le Lac Faguibine (très au nord) et le long de plusieurs lacs périphériques, mais le fond du lac est cultivé à un faible niveau d'eau, -et localement encore sans terres arables ou peu de terres arables si le lac n'a pas été inondé pendant plusieurs années. Puisque les traces restent visibles pendant plus d'un an, la zone indiquée comme terres arables englobe aussi les terres en jachère.

le riz poussant à une crue de 500 cm et 2004 km^2 à une crue de 400 cm (Tableau 2). Une grande partie de cette zone n'est pas cultivée mais plutôt couverte par le riz sauvage. La zone du Delta Intérieur du Niger ou le riz est effectivement cultivé, a été accrue en passant de 160 km^2 en 1920 à environ 1600 km^2 en 1980-2000 (Gallais 1967, Marie 2002, Zwarts & Kone 2005).

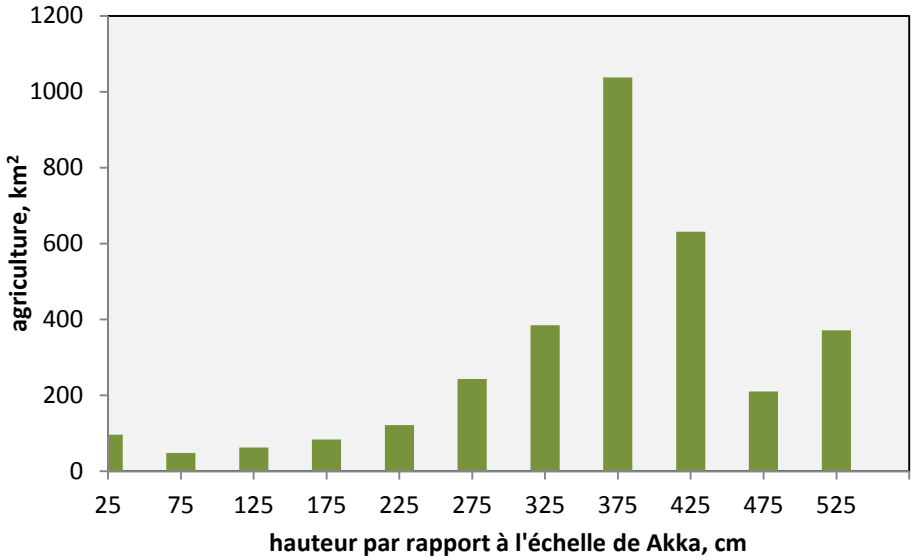


Fig. 16. La superficie cultivée dans le Delta Intérieur du Niger comme une fonction de l'élévation relative à l'échelle d'Akka.; 25 = 0-50 cm, 75 = 50-100 cm, etc. A la crue de 500 cm, la terre arable à 375 (350-400) cm est couverte par 100-150 cm d'eau. La superficie totale de terres arables à l'intérieur même du Delta du Niger (le rectangle oblique en Fig. 3) est de 3285 km^2.

Les rizières domine dans les plaines inondables basses. Leur superficie totale dépasse depuis des années les 1600 km^2 annoncés, mais la superficie précise en sus est difficile à dire. Les zones catégorisées comme terres arables dans la Fig. 15 comprennent plusieurs types d'agriculture. Zwarts & Kone (2005) sont arrivés à estimer la superficie de terres arables du Delta Intérieur du Niger à 1800 km² of terres arables "humides" dont 1200 km^2 de rizières sur les plaines inondables (submersion libre) dans la partie Sud du Delta Intérieur du Niger, et dont, 350 km^2 sont gérés par l'Opération Riz Mopti (submersion contrôlée) entre Konna et Djenné, 126 km^2 de rizières irriguées (dont la grande partie se trouve entre Diré et Tombouctou), 106 km^2 de zones immergées dans les lacs (riz de décrue; essentiellement dans la partie Nord du Delta), 40 km^2 de cuvettes ou dépressions (riz de bas-fonds; essentiellement dans la partie Nord du Delta). A ceci, on peut ajouter 350 km^2 de rizières se trouvant dans la partie Sud-ouest du Delta Intérieur du Niger gérés par l'Opération Riz Ségou (submersion contrôlée). La Fig. 16 montre que la superficie réelle cultivée est de 3285 km^2; ce qui est beaucoup supérieur à l'estimation précédente de 1800 km^2 de terres arables humides. En supposant que la terre arable au-dessus de 540 cm à l'échelle d'Akka (au total 580 km^2) se réfère à la terre arable sèche, la nouvelle estimation de la superficie totale des rizières est d'environ 2700 km^2.

Une plus grande superficie de terre est actuellement irriguée. Ces champs sous irrigation sont généralement situés le long du fleuve Bani et du fleuve Niger sur les parties élevées des plaines inondables ou même sur des zones n'ayant jamais été irriguées. C'est pourquoi, des motopompes sont nécessaires pour pomper l'eau du fleuve afin d'irriguer les champs. Presque toutes les terres arables le long du fleuve Niger dans la partie Nord du Delta (Fig. 17) dépendent maintenant de l'irrigation.

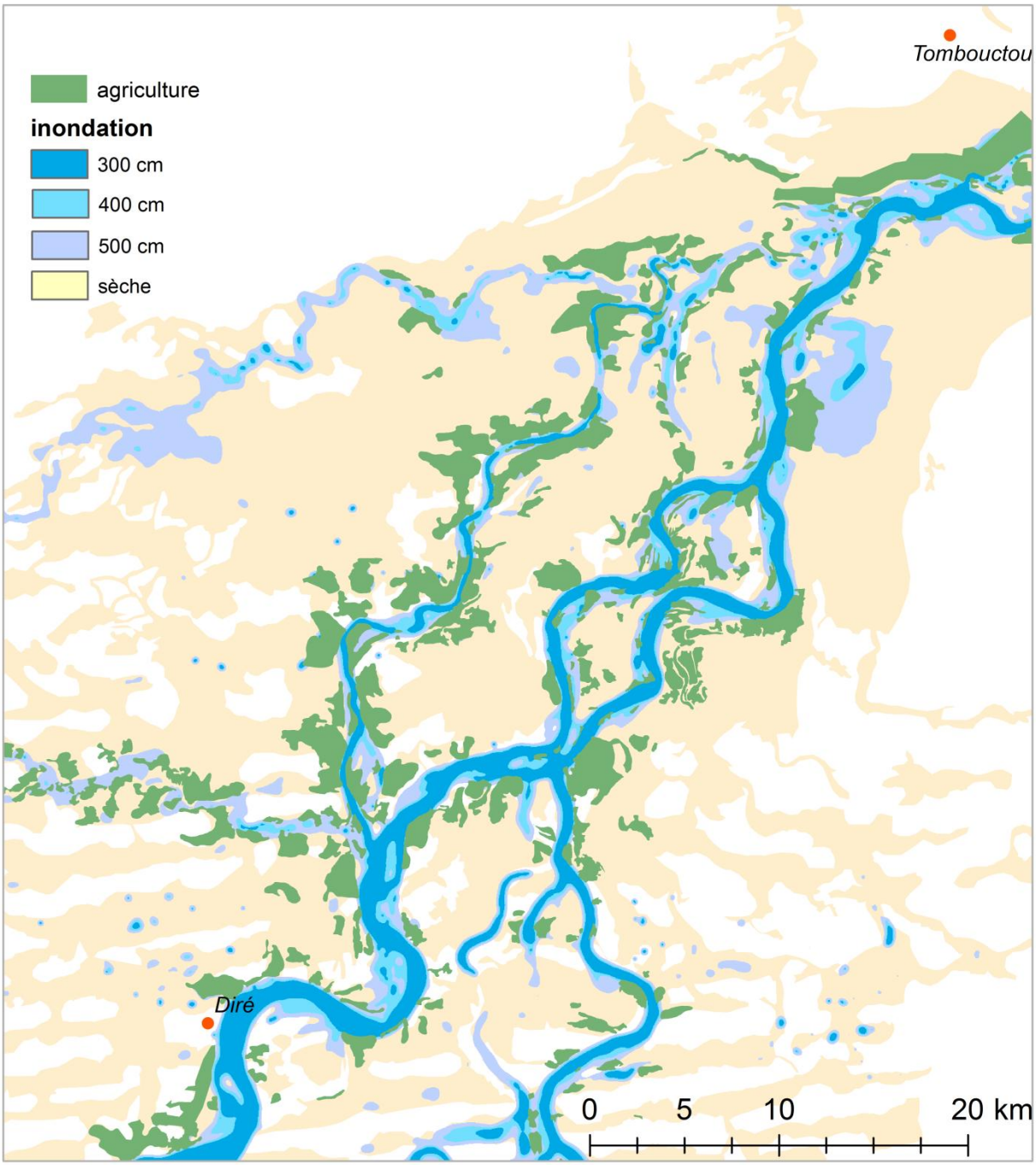


Fig. 17. Terres agricoles dans la partie Nord du Delta Intérieur du Niger entre Diré et Tombouctou; certaines informations telle que la Fig. 15, mais données sur une grande échelle. La pluviométrie est insuffisante dans cette zone pour permettre de cultiver le riz ou même le mil et le sorgho mais les motopompes permettent aux paysans d'irriguer leurs champs le long du fleuve. La plupart de ces zones irriguées ont été construites pendant les dernières 20-30 années.

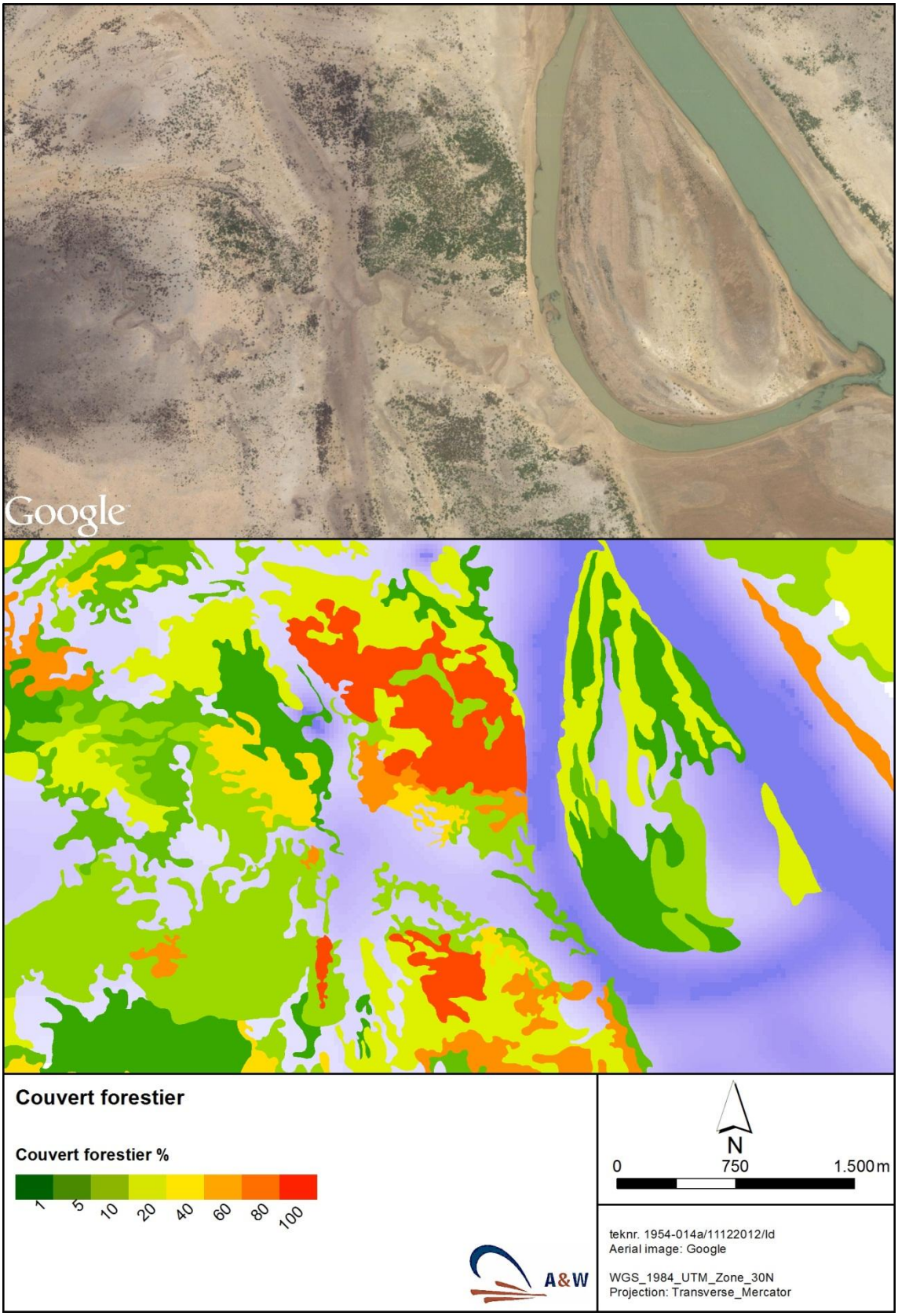


Fig. 18. Image Google Earth *d'une plaine inondable au Nord-Ouest de Youvarou (en haut). La zone choisie est partiellement dénudée et partiellement couverte par une forêt d'acacia, principalement acacia séyal. La densité des arbres est hautement variable. La carte (en bas) montre le couvert forestier de la même zone. Huit catégories ont été utilisées pour caractériser le couvert forestier, la couverture relative des cimes des arbres dans un plan horizontal. Les couleurs de fond montrent la hauteur au-dessus du niveau de l'eau, du bleu foncé (eau profonde) au bleu clair (eau peu profonde),données en 58 catégories de 10 cm (0 à 580 cm relatives à l'échelle d'Akka; mêmes données que celles des Fig. 4-7).*

5 Forêts

Les forets ne figurent pas sur la carte de végétation du Delta Intérieur du Niger réalisée par Zwarts *et al.* (2005) puisque les résolutions des images satellitaires utilisées par eux étaient trop grossières pour pouvoir rendre visibles les arbres. Bien qu'il n'y ait presque pas de forêts dans le Delta Intérieur du Niger, des arbres y poussent à beaucoup d'endroits, même si c'est à faible densité. Ainsi, pour décrire la répartition de la végétation ligneuse dans le Delta Intérieur du Niger, il est nécessaire de distinguer les zones à densité variable d'arbres. Nous avons distingué huit catégories sur la base du couvert forestier, la couverture relative des cimes des arbres (Fig. 18).

Faire la cartographie de la végétation ligneuse de cette manière prend beaucoup de temps. Alors, cela n'a pu être réalisé que pour une partie du Delta Intérieur du Niger (Fig. 19). A l'intérieur de la zone choisie de 1956 km^2, la végétation ligneuse a été sur 210 km^2. Aussi, les 89% of de la zone choisie sont dénudés, sans arbres, et à l'intérieur des zones où on constate la présence des arbres, presque partout le paysage reste très libre et il n'y a que des arbres dispersés (Tableau 3).

couvert forestier %	superficie, %
1	20.4
5	24.1
10	18.6
20	17.6
40	9.7
60	6.2
80	3.3
100	0.1

Tableau 3. La superficie (%) ayant un couvert forestier différent. Un choix a été fait des 1956 km^2 indiqués dans la Fig.14 moins les zones sans aucun arbre (1746 km^2). Dans presque la moitié de la zone où se trouvent des arbres, le couvert forestier relatif est de 5% ou moins.

Pour plusieurs raisons, il n'y a que peu d'arbres dans le Delta Intérieur du Niger. La pression du pâturage est si forte que les arbres ne peuvent pas coloniser l'endroit. A l'intérieur du Delta, on trouve moins d'arbres dans les plaines inondables basses (Fig. 20 et 21), mais ceci n'est pas due à l'inondation profonde d'autant plus que certaines essences d'arbres (*Acacia kirkii*, *Ziziphus spina-cristii*) poussent dans l'eau, inondées par une hauteur d'eau de 3-4 m. Les forêts d'Akkagoun et de Dentaka (Fig. 20) ont pu se développer dans les années 1980 quand la pratique du pâturage a été interdite pendant quelques années. Une seconde explication du paysage dénudé libre est que les arbres sont abattus par les paysans quand ils devaient établir leurs champs et ils continuaient de le faire afin d'essayer de réduire le nombre des oiseaux granivores se reproduisant dans les arbres dans les environs immédiats de leurs champs. C'est pourquoi il n'y a pas d'arbres dans les rizières se trouvant dans les plaines inondables (Fig. 19).

L'extension en cours des terres agricoles provoquera plus de réduction des forets riveraines se trouvant dans les plaines inondables restantes du Delta Intérieur du Niger. D'autre part, les terres boisées sèches peuvent réapparaitre dans les zones qui ne sont plus inondées et, pour cette raison, sont préservées par les paysans (voir Fig. 21).

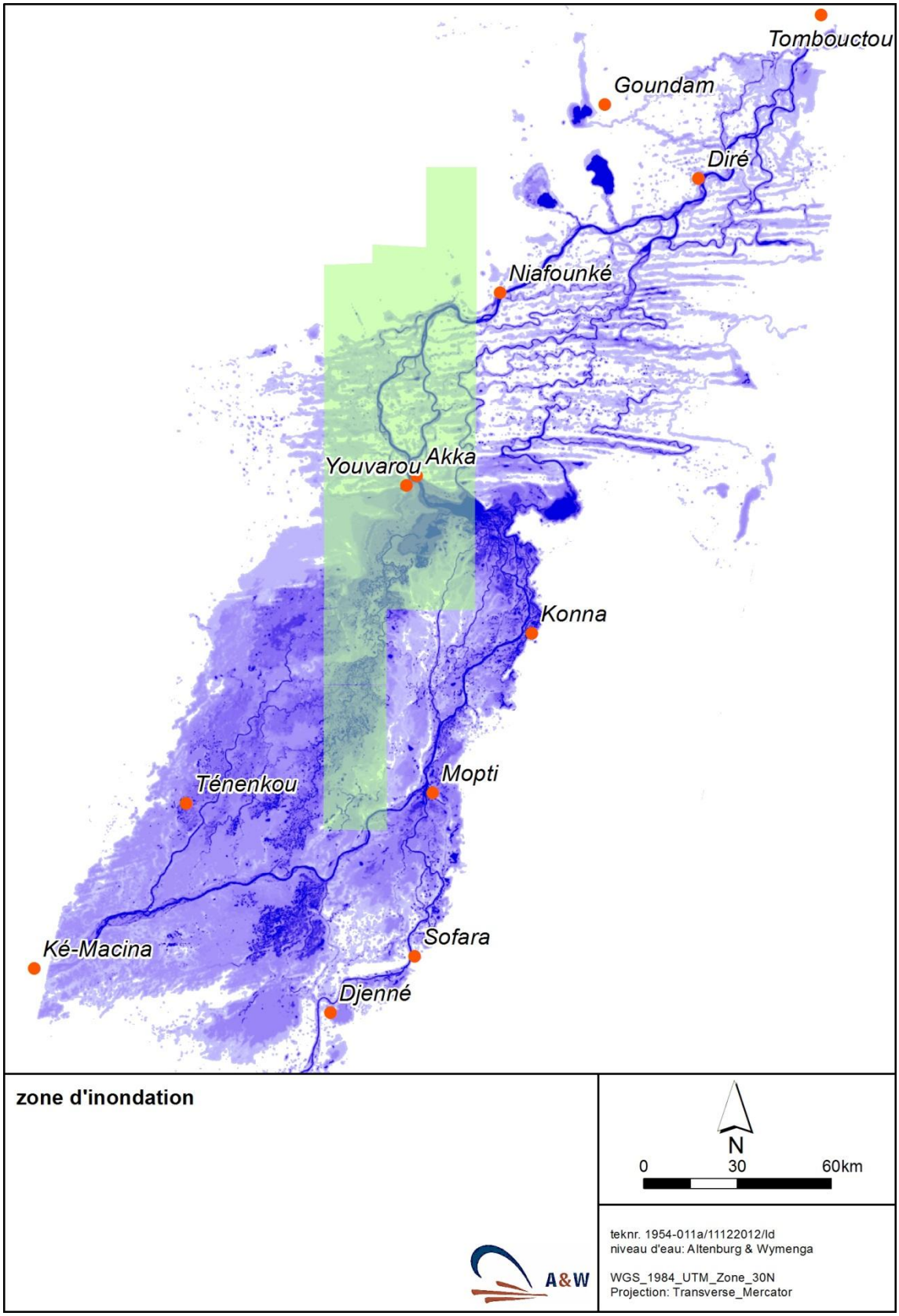


Fig. 19. La zone (verte) où le couvert forestier a été déterminé en détail. Cette zone a une superficie de 1956 km^2 dont la plus grande partie se réfère à une image de Google Earth *de 2006; voir Fig. 14.*

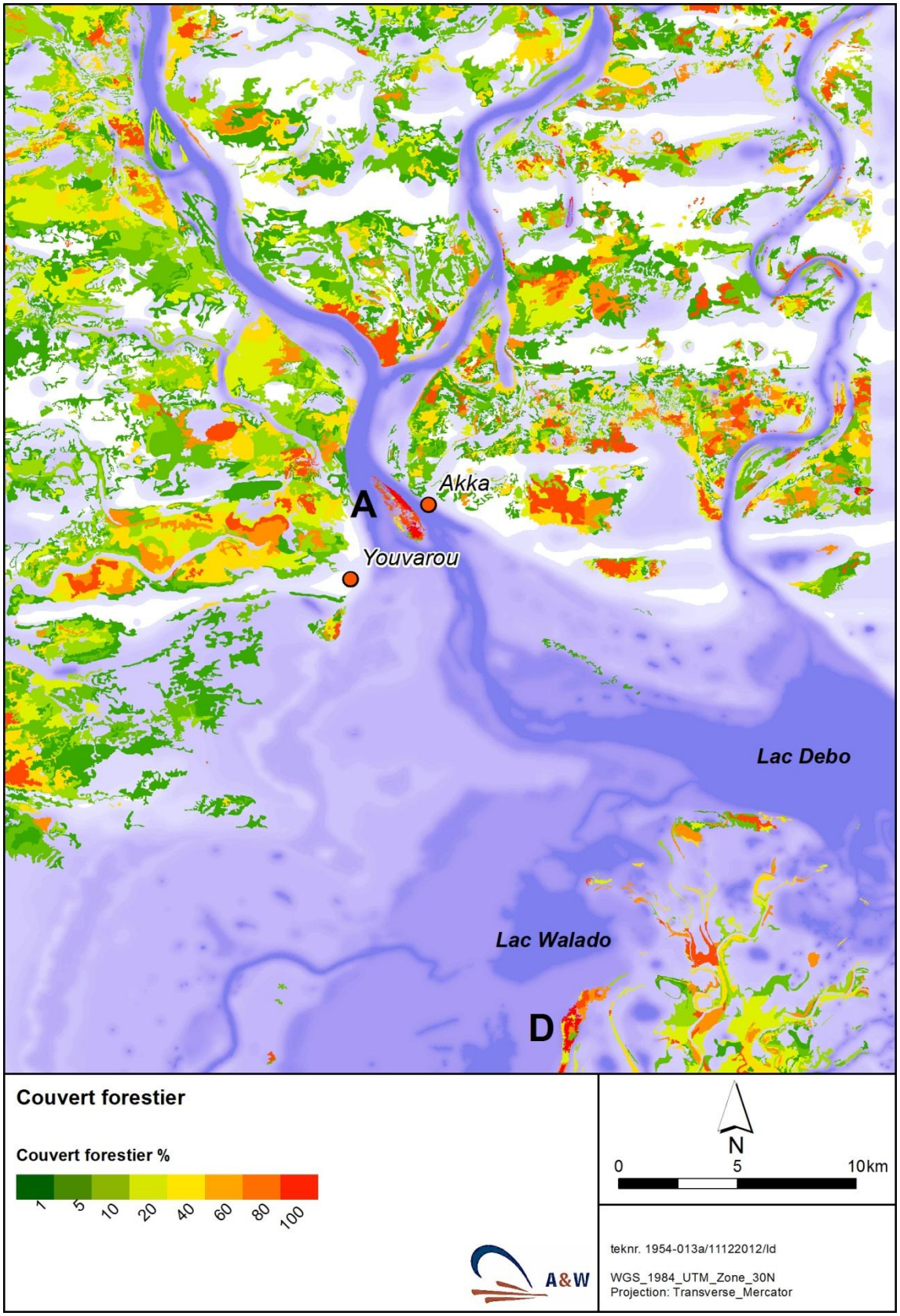


Fig. 20. Le couvert forestier dans les environs d'Akka et de Youvarou. Les couleurs de fond montrent la hauteur au-dessus du niveau de l'eau, du bleu foncé (eau profonde) au bleu clair (eau peu profonde), données en 58 catégories de 10 cm; même données que celles des Fig. 4-7. Zones blanches: pas d'arbres et non inondées à un niveau de grande crue de 580 cm. Les forêts inondables d'Akkagoun (= A) et de Dentaka (= D) sont indiquées.

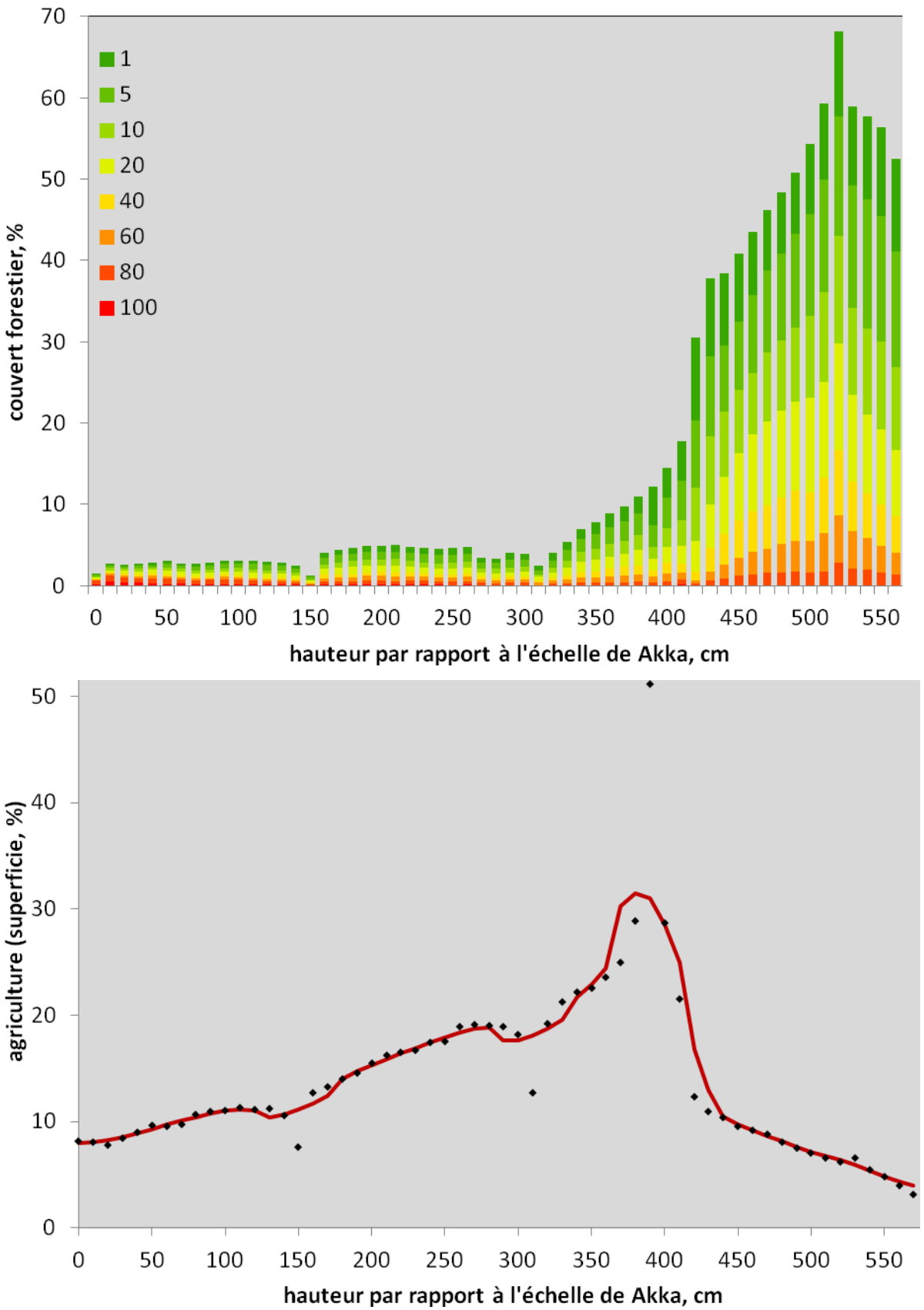


Fig. 21. Le pourcentage par zone de hauteur dans le Delta Intérieur du Niger (altitude relative à l'échelle d'Akka) (en haut), zone couverte par la forêt (montrée séparément par couverture arborée et (en bas) par les terres agricoles.

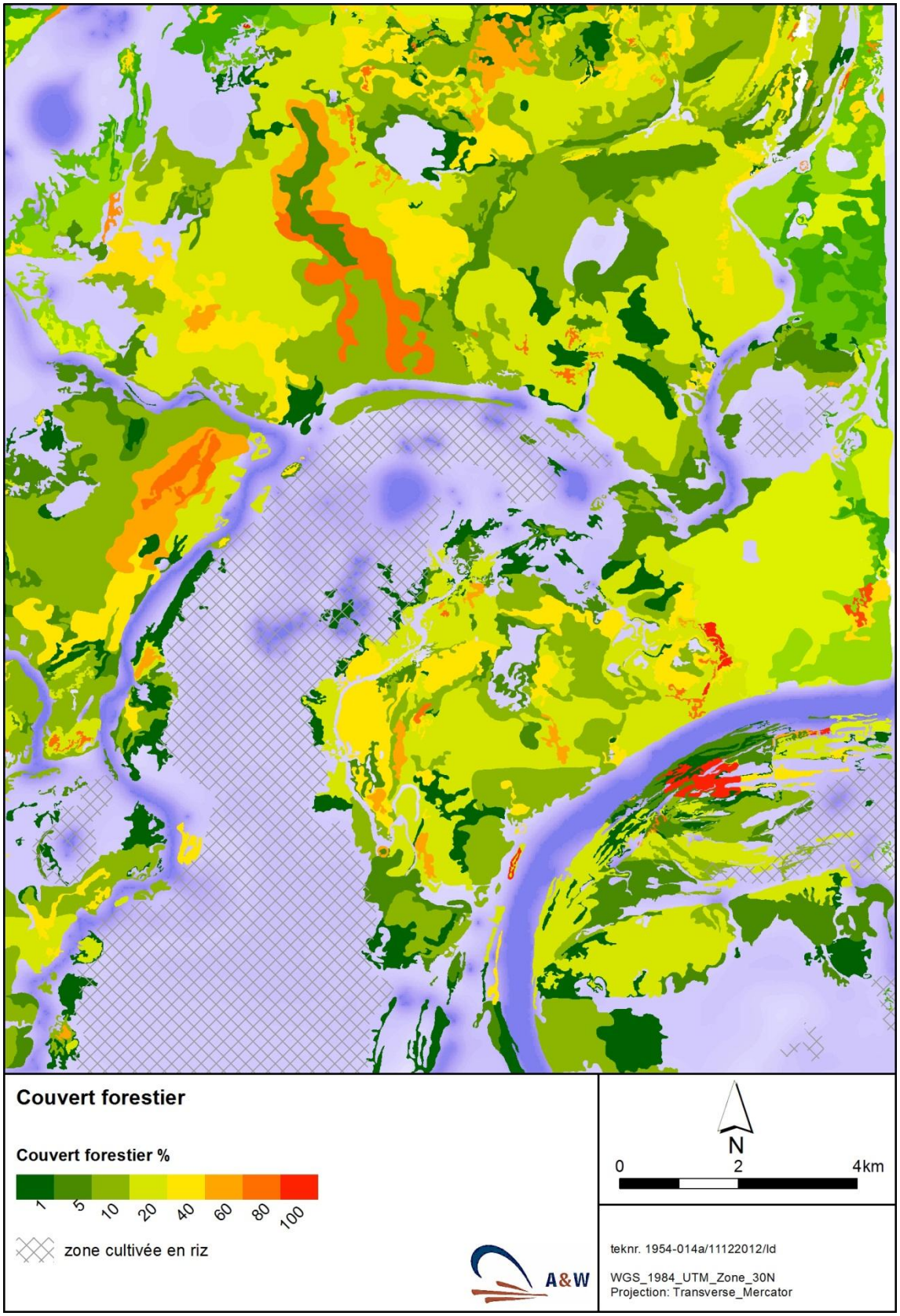


Fig. 22. Le couvert forestier dans les alentours de Koubaye-Kotaba et de Dakabory, à mi-chemin entre Mopti et Ténenkou, le long du fleuve Niger. Tous les arbres ont été abattus là où les paysans cultivent le riz dans les plaines inondables (riz à submersion libre; zone à hachures croisées). Les couleurs de fond montrent la hauteur au-dessus de l'eau, du bleu foncé (eau profonde) au bleu clair (eau peu profonde), données dans 58 catégories de 10 cm (0 à 580 cm relative au niveau de l'échelle d'Akka; mêmes données que celles des Fig. 4-7).

6 Conclusions

Pendant les 20 dernières années, l'inondation du Delta Intérieur du Niger a varié entre 4 et 5 mètres à l'échelle de d'Akka. ce qui est inférieur celle des années 1960 qui étaient humides mais supérieur aux années 1980 qui étaient sèches (Fig. 2). Etant donné la baisse probable attendue de la pluviométrie dans le Sahel et les barrages prévus dans le Bassin Supérieur du fleuve Niger, les niveaux de la crue dans le Delta Intérieur du Niger peuvent descendre à des niveaux entre trois et quatre mètres.

Si le niveau maximal annuel de la crue varies entre quatre et cinq mètres (comme pendant ces récentes années) ou entre trois et quatre mètres (comme prévu), il a un impact énorme sur la zone sous inondation (Fig. 3-7).

L'occurrence des types dominants de végétation est déterminée par la durée de l'inondation et la profondeur de l'eau quand la crue atteint son maximum. La répartition spatiale attendue des différentes zones de végétation à différents niveaux extrêmes de la crue est donnée dans quatre cartes (Fig. 9-12). A un niveau moyen de crue de 300 cm, le *bourgou* disparaitra presque à cause du manque d'eau profonde suffisante et sera remplacé par le *didéré*. La perte totale attendue des types de végétation à l'intérieur des plaines inondables à une réduction du Delta Intérieur du Niger, a été quantifiée (Tableau 2).

Les images *Google Earth* à haute résolution du Delta Intérieur du Niger (Fig. 14) ont été utilisées pour faire une cartographie des terres agricoles (Fig. 15) et calculer leurs superficies (Tableau 3; Fig. 16 ; Fig. 17).

La cartographie de la végétation ligneuse a été faite pour une partie du Delta Intérieur du Niger (Fig. 18) en utilisant les images satellitaires à haute résolution. Les plaines inondables basses (Fig. 20) et les rizières étaient presque sans arbres. Ceci est due (1) à la forte pression de pâturage, (2) la coupe des arbres par les paysans quand ils établissent leurs champs, mais également ensuite pour empêcher les oiseaux granivores de se reproduire dans les arbres avoisinants.

7 Bibliographie

Gallais J. 1967. Le Delta Intérieur du Niger. Etudes de géographie régionale. Dakar: IFAN.

Marie J. 2002. Enjeux spatiaux et fonciers dans le delta intérieur du Niger (Mali). *In* : Orange D, Arfi R, Kuper M, Morand P, Poncet Y, éds. Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales. Paris: IRD. p 557-586.

Zwarts, L. 2010. Will the Inner Niger Delta shrivel up due to climate change and water use upstream? A&W Rapport 1537. 33 p. http://www.altwym.nl/uploads/file/389_1294301369.pdf

Zwarts, L. 2010. Le Delta Intérieur du Niger s'assèchera-t-il du fait du changement climatique et de l'utilisation de l'eau en amont ? Rapport A&W 1556. 33 p. http://www.altwym.nl/uploads/file/387_1294299489.pdf

Zwarts L, Diallo M. 2002. Eco-hydrologie du Delta. *In* : Wymenga E, Kone B, Kamp van der J, Zwarts L, éds. Delta intérier du fleuve Niger: écologie et gestion durable des ressources naturelles. Wageningen: Mali-PIN. p 45-63. http://www.altwym.nl/uploads/file/392_1294302275.pdf

Zwarts L, Grigoras I. 2005. Flooding of the Inner Niger Delta. *In* : Zwarts L, Beukering van P, Kone B, Wymenga E, éds. The Niger, a lifeline. Lelystad: RIZA/Wetlands International/IVM/A&W. p 43-77. http://www.altwym.nl/uploads/file/361_1289481552.pdf

Zwarts L, Grigoras I. 2005. L'inondation du Delta Intérieur du Niger. *In* : Zwarts L, Beukering van P, Kone B, Wymenga E, éds. Le Niger, une artère vitale. Gestion efficace de l'eau dans le bassin du haut Niger Lelystad: RIZA/Wetlands International/IVM/A&W. p 43-77. http://www.altwym.nl/uploads/file/388_1294300622.pdf

Zwarts L, Kone B. 2005. Rice production in the Inner Niger Delta. *In* : Zwarts L, Beukering van P, Kone B, Wymenga E, éds. The Niger, a lifeline. Lelystad: Rijkswaterstaat/IVM/Wetlands International/A&W. p 137-153. http://www.altwym.nl/uploads/file/361_1289481552.pdf

Zwarts L, Kone B. 2005. Production rizicole dans le Delta Intérieur du Niger. *In* : Zwarts L, Beukering van P, Kone B, Wymenga E, éds. Le Niger, une artère vitale. Gestion efficace de l'eau dans le bassin du haut Niger. Lelystad: Rijkswaterstaat/IVM/Wetlands International/A&W. p 137-153. http://www.altwym.nl/uploads/file/388_1294300622.pdf

Zwarts L, Grigoras I, Hanganu J. 2005. Vegetation of the lower inundation zone of the Inner Niger Delta. *In* : Zwarts L, Beukering van P, Kone B, Wymenga E, éds. The Niger, a lifeline. Lelystad: Rijkswaterstaat/IVM/Wetlands International/A&W. p 109-119. http://www.altwym.nl/uploads/file/361_1289481552.pdf

Zwarts L, Grigoras I, Hanganu J. 2005. Végétation de la basse zone d'inondation du Delta Intérieur. In: Zwarts L, Beukering van P, Kone B, Wymenga E, éds. Le Niger, une artère vitale. Gestion efficace de l'eau dans le bassin du haut Niger. Lelystad: Rijkswaterstaat/IVM/Wetlands International/A&W. p 109-119. http://www.altwym.nl/uploads/file/388_1294300622.pdf

Adresse de visite
Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Pays-Bas

Adresse postale
Boîte Postale 32
9269 ZR Feanwâlden
Tel +31 511 47 47 64
Fax +31 511 47 27 40
info@altwym.nl

www.altwym.nl