



Les “ notfias ” du Maroc : une technique ancestrale de collecte et stockage des eaux pluviales

A Koutous, Guillaume Lacombe, A Hammani

► To cite this version:

A Koutous, Guillaume Lacombe, A Hammani. Les “ notfias ” du Maroc : une technique ancestrale de collecte et stockage des eaux pluviales. TSM. Techniques Sciences Méthodes – Génie urbain, génie rural, 2023, 7/8, pp.87/95. <10.36904/tsm/202307087>. <hal-04186209>

HAL Id: hal-04186209

<https://hal.science/hal-04186209v1>

Submitted on 29 Aug 2023

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.



Copyright - All rights reserved

1 LES "NOTFIAS" DU MAROC : UNE TECHNIQUE ANCESTRALE DE COLLECTE ET STOCKAGE DES 2 EAUX PLUVIALES

3 THE MOROCCAN "NOTFIAS": AN ANCESTRAL RAINWATER HARVESTING SYSTEM

4 Ahmed KOUTOUS^{1*}, Guillaume LACOMBE^{1,2}, Ali HAMMANI¹

5 ¹ Département du Génie Rural, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

6 ² UMR G-EAU, Montpellier Université, AgroParisTech, BRGM, CIRAD, INRAE, Institut Agro, IRD, F-34398,
7 Montpellier, France

8 *Auteur correspondant : a.koutous@iav.ac.ma ; +212 668 82 17 97

9

10 Résumé

11 Exposées au problème de la rareté de l'eau, les populations des régions arides et semi-arides ont développé
12 des techniques traditionnelles de collecte et de stockage des eaux pluviales pour diverses utilisations en
13 périodes sèches. Au Maroc, les réservoirs traditionnels connus sous le nom de « notfia » figurent parmi les
14 techniques les plus fréquemment rencontrées. Leur usage est exclusivement domestique. L'irrégularité
15 croissante des précipitations en partie liée au changement climatique incite à repenser ce type
16 d'aménagement et à l'améliorer dans une perspective d'utilisation pour l'irrigation des cultures. La plupart des
17 travaux de recherche réalisés sur ce sujet se limitent généralement à une description de leur fonctionnement
18 hydraulique. Cet article a pour originalité de s'intéresser à la conception structurelle et aux procédés de
19 construction de ces « notfias » en vue d'étudier la possibilité de leur usage en irrigation. L'état de l'art qui a
20 été réalisé dans ce but, révèle une tendance au remplacement des matériaux locaux et des techniques de
21 constructions durables par des procédés de construction en béton conventionnel de ciment et en béton armé.
22 En plus de son impact négatif sur l'environnement, l'utilisation de ciment n'est pas toujours économiquement
23 rentable par rapport aux techniques traditionnelles. Cet article propose, comme perspectives de recherche,
24 de valoriser les méthodes anciennes de construction de ces ouvrages, généralement moins onéreuses et plus
25 durables, tout en adaptant leur conception, notamment les propriétés de l'impluvium (surface, pente, texture)
26 et du réservoir (capacité de stockage, possibilité de vidange gravitaire, i.e. sans coût énergétique) pour un
27 usage agricole. Le potentiel et les limites de valorisation agricole de l'eau stockées devraient également être
28 explorés (surfaces et cultures irrigables en fonction de l'eau disponible et de sa variabilité interannuelle et
29 saisonnière).

30 **Mots-clés :** Réservoir traditionnel, Notfia, Eau pluviale, Stockage d'eau, Irrigation, Construction durable.

31 Abstract

32 Exposed to the problem of water scarcity, people living in arid and semi-arid regions have developed traditional
33 rainwater harvesting systems. The water collected by these systems is used for various purposes during dry
34 periods. In Morocco, traditional tanks known as "notfia" are among the most commonly used techniques. Their
35 use is exclusively domestic. The increase of rainfall irregularities, partly resulting from climate change, is a

36 reason to rethink this type of water management and to improve it for use in irrigation. Most of the research
37 work carried out on this subject is generally limited to a simple description of the hydraulic operation of the
38 notfia system. This article discusses the structural design and construction processes of these "notfias" to
39 explore their potential use in irrigation. The state of the art carried out for this purpose reveals a tendency to
40 replace local materials and sustainable construction techniques with modern materials and construction
41 methods such as those of reinforced concrete. Besides its negative impact on the environment, the use of
42 concrete is not always economically viable compared to local traditional construction techniques. This article
43 proposes, as research perspectives, to identify construction methods of these structures, combining traditional
44 techniques, generally less expensive and more sustainable, and design adaptations for agricultural use.
45 Specifically, possible improvements could relate to the impluvium characteristics (area, slope, texture) and the
46 reservoir design (storage capacity, topographic positioning aiming to reduce pumping cost for irrigation). The
47 potential and limits of agricultural use of the water stored should also be explored (irrigated area and crop
48 species based on the water availability and its interannual and seasonal variability).

49 **Keywords:** Traditional reservoir, Notfia, Rainwater harvesting, Irrigation, Sustainable construction.

50

51 Introduction

52 Le recours au stockage des eaux de pluie est une pratique assez courante dans le monde, et surtout dans les
53 régions arides et semi-arides. Les eaux stockées sont généralement destinées à un usage domestique
54 [KHASTAGIR et JAYASURIYA, 2010 ; THOMAS, 2014 ; SALADIN, 2016] et parfois agricole [LIANG et VAN DIJK, 2011 ;
55 LUPIA et al., 2017 ; JACQ et al., 2018]. Cette technique consiste à collecter et à stocker les eaux pluviales dans
56 des réservoirs spécifiquement conçus pour ces objectifs. La conception de ces réservoirs (e.g. matériaux,
57 volume) varie d'une région à l'autre en fonction des besoins et du climat. Néanmoins, les principes de
58 conception et de réalisation de ces infrastructures peuvent être généralisés comme le montre, par exemple,
59 un guide pratique dédié à ce sujet [WORM et HATTUM, 2006].

60 La collecte et le stockage des eaux de pluie ne concernent pas uniquement les pays arides ou semi-arides,
61 mais également les pays humides caractérisés par une saison sèche et une saison humide. Les pays de l'Asie
62 du Sud-Est comme le Laos [JACQ et al., 2018], la Thaïlande [LUONG et LUCKMUANG, 2002 ; SALADIN, 2016] et
63 Taiwan [LIAW et TSAI, 2004] en sont des exemples. Dans ces pays, le stockage de l'eau collectée sur les toits
64 en période pluvieuse est utilisé en périodes sèches. Les impluviums peuvent être réduits du fait de la pluviosité
65 importante. Ce constat ressort également d'un rapport sur les pays africains où il a été rapporté l'existence de
66 cette technique dans des régions dont la pluviométrie varie de quelques centaines à plus d'un millier de mm
67 par an [OUESSAR et al., 2012].

68 Dans cet article, nous nous intéressons au cas du Maroc et à la technique traditionnelle de stockage des eaux
69 pluviales connue sous le nom des « matfias ». La littérature montre que cette technique traditionnelle, malgré
70 sa popularité au Maroc, a été très peu étudiée, notamment son dimensionnement, les matériaux et procédés
71 de sa construction. Quant aux possibilités d'un usage pour l'irrigation, elles demeurent inexplorées. En effet,
72 les références qui traitent ce sujet sont, pour une large part, des rapports d'observation et non pas des articles
73 de recherche.

74 Par ailleurs, la valorisation de ce type de systèmes de collecte et stockage des eaux de ruissellement mérite
75 d'être encouragée, compte tenu de l'irrégularité croissante des précipitations en partie liée au changement
76 climatique [HSSAISOUNE et al., 2020].

77 Cette synthèse bibliographique, qui a été complétée par des visites et observations de terrain, constitue donc
78 la première étape d'une démarche de recherche et développement. Cet article est organisé en plusieurs
79 parties qui traitent : (i) de l'origine étymologique du terme « matfia », (ii) de la répartition géographique de ces
80 ouvrages traditionnels, (iii) de leur fonctionnement et usages, (iv) de leurs conceptions et procédés de
81 construction, et enfin (v) de leur possible utilisation pour l'irrigation.

82 1. Définition et étymologie

83 D'après les définitions que l'on trouve dans la littérature [DIETER PRINZ, 1996 ; D. PRINZ, 1999 ; ROOSE et SABIR,
84 2002 ; SABIR et ROOSE, 2005 ; EL YADARI et al., 2019 ; AZIZ et al., 2020], la notfia est une « *technique ancestrale*
85 *marocaine de stockage des eaux de pluie dans des citernes, ou des bassins couverts, pour répondre aux*
86 *besoins de consommation des hommes et des animaux* ». L'eau stockée n'est donc pas destinée à l'irrigation,

87 sauf dans de rares exceptions [MOHOMED SABIR ET AL., 2003]. Par ailleurs, il est à noter que cette technique
88 tend à être abandonnée, au profit des barrages [D. PRINZ, 1999] et des puits profonds réalisés grâce aux
89 techniques de forage modernes.

90 Le mot « matfia » désigne, en dialecte marocain, une infrastructure traditionnelle de collecte et de stockage
91 des eaux pluviales. Il ne s'agit pas d'un terme d'origine arabe, car en arabe classique « matfia » signifie plutôt
92 « extincteur ». Le terme original « matfia » ou plutôt « notfia » [MOHOMED SABIR, ROOSE, et AL KARKOURI, 2010]
93 trouve son origine dans le mot berbère « tanoutfi » (plur. tinoutfay) [ZIYADI et HUMBERT, 2011].
94 Etymologiquement, « tanoutfi » est issu du terme « tanout » qui signifie « puits peu profond » et du terme « fi »
95 qui veut dire « verser ou faire couler » [AMEUR et al., 2017]. Dans la suite de cet article, nous nous référerons
96 à cet ouvrage par le terme « notfia ».

97 **2. Répartition géographique**

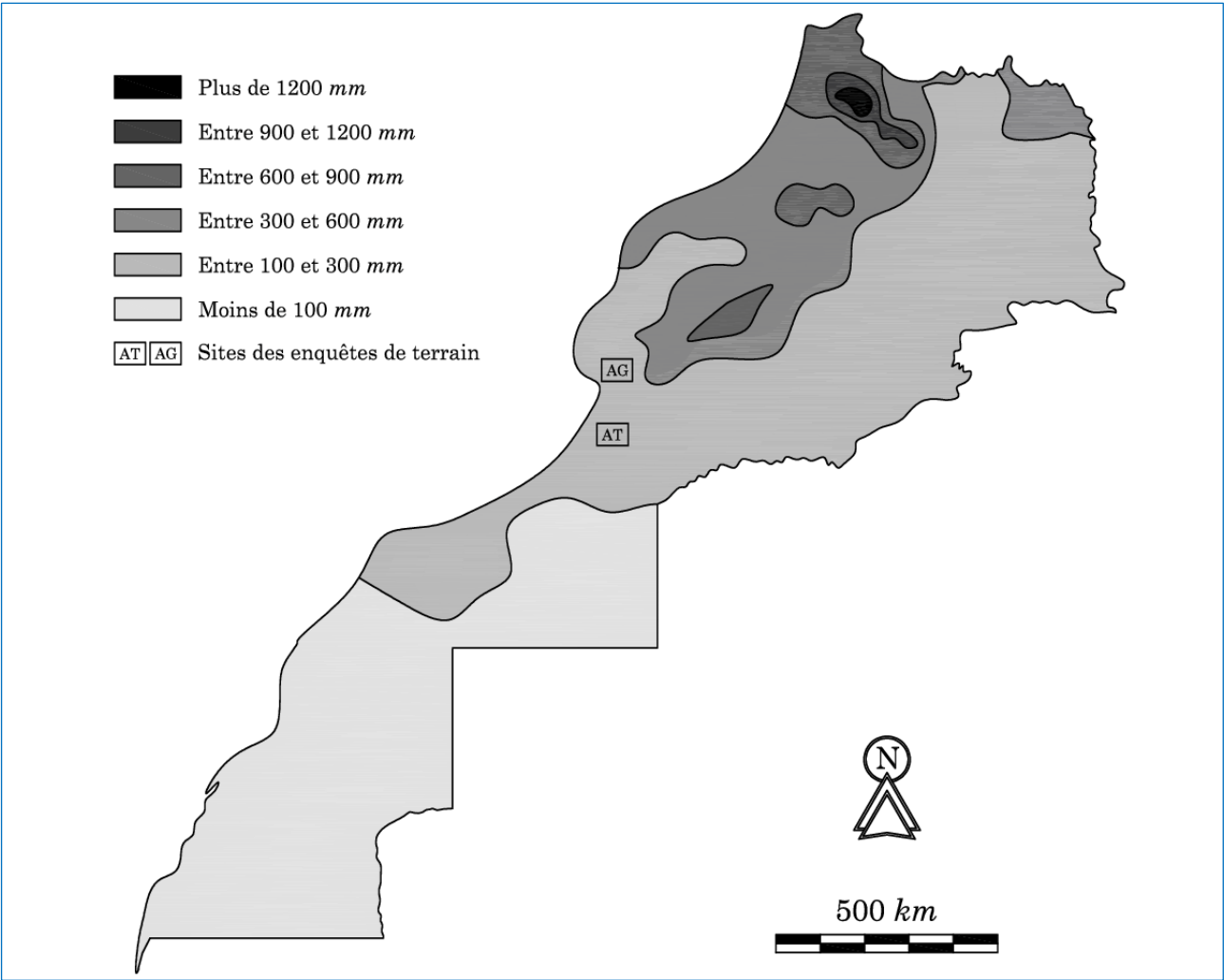


Fig. 1 : Carte des précipitations annuelles du Maroc d'après [MOHOMED SABIR, ROOSE, et AL KARKOURI, 2010] avec indication des sites visités

AT : 1° site visité [Anti-Atlas occidental, Oct. 2021] ; AG : 2° site visité [Agadir Ida-Outanane, Mai 2022]

102 La technique des notfias comme moyen de gestion durable des ressources en eau au Maroc est répandue
103 dans la moitié nord du pays, allant de l'Anti-Atlas occidental au Rif. Globalement, cela concerne les zones

104 bioclimatiques aride à semi-aride, dont le cumul annuel de précipitations est compris entre 100 et 300 mm
105 [MOHOMED SABIR, ROOSE, and AL KARKOURI, 2010] (Cf. Fig. 1).

106 Il s'agit de toute la zone de l'Anti-Atlas de la façade atlantique, de la région présaharienne de l'Est du pays,
107 d'une partie de la plaine de Souss et du Haut-Atlas atlantique, du Haut-Atlas oriental, d'une partie du plateau
108 atlantique aux environs de Doukkala, du bassin versant de l'Oued Moulouya et du Rif oriental. L'absence de
109 notfias dans les zones plus humides peut s'expliquer par la disponibilité des eaux de surface (cours d'eau),
110 ou par la facilité d'accéder aux eaux souterraines superficielles. A noter que toutes les photographies de terrain
111 présentées dans cet article ont été prises dans la région de l'Anti-Atlas occidental marocain [AT] et aux
112 environs de la ville d'Agadir [AG] (Cf. Fig. 1).

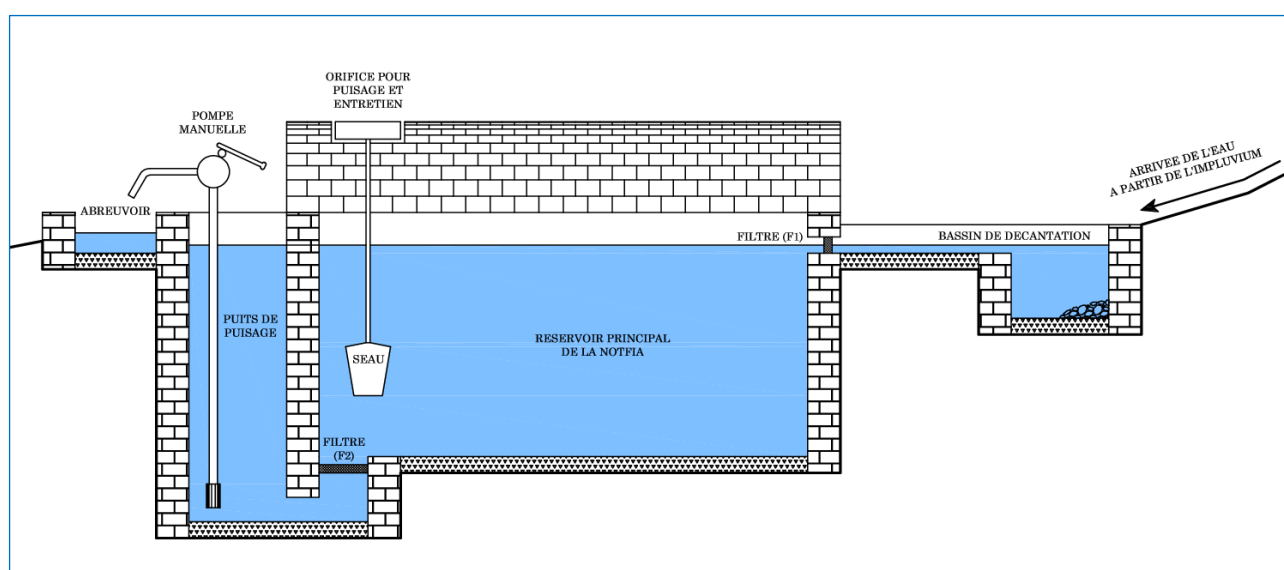
113 3. Classification, capacité et usages

114 D'après SABIR et al. [MOHOMED SABIR, ROOSE, et AL KARKOURI, 2010], « *les eaux stockées dans la [notfia] sont*
115 *destinées aux usages domestiques, à l'abreuvement de la famille et du troupeau et parfois à l'irrigation*
116 *d'appoint d'un petit jardin en zones semi-arides et arides* ». On distingue deux types de notfias : les notfias
117 collectives, qui peuvent être étagées ou détenues par un ensemble de familles (douar), et les notfias
118 individuelles (une famille), dites aussi familiales. La capacité de stockage des notfias collectives (de 100 à 300
119 m³) dépasse généralement celle des notfias individuelles (< 100 m³) [SABIR, ROOSE, et AL KARKOURI, 2010 ;
120 EL YADARI et al., 2019]. Une famille peut posséder plusieurs de ces réservoirs traditionnels [EL AICH et al.,
121 2012]. (Cf. Tableau I).

122 Si l'eau stockée dans ces citernes traditionnelles est souvent considérée potable, sa qualité n'est pas garantie
123 comme l'a déjà montré une étude sanitaire récente aux environs de Tiznit [GOUGUENI et al., 2021].

124 4. Conception, construction et exploitation

125 4.1. Conception et fonctionnement



126
127 **Fig. 2 : Conception typique d'une notfia collective à usages domestiques** [adaptée à partir de [MOHOMED SABIR, ROOSE,
128 et AL KARKOURI, 2010]]

129 L'ouvrage principal d'une notfia est un réservoir couvert entièrement ou partiellement enterré, résultant d'une
130 excavation (Cf. Fig. 2). Sa forme est parallélépipédique, ou parfois cylindrique. Imperméabilisé, il permet de
131 collecter et stocker le ruissellement des eaux pluviales.

132 Les dimensions de ces réservoirs sont très variables. En effet, les notfias individuelles sont d'environ 4 à 5 m
133 de longueur, 2 à 4 m de largeur, et de 2.5 à 4 m de profondeur, soit une capacité variant de 25 à 80 m³. Sur la
134 base d'un besoin quotidien de 50L d'eau par personne, établi par l'Organisation Mondiale de la Santé, 50 m³
135 couvrent les besoins d'un foyer de 5 personnes pendant les 6 mois de la saison sèche. Les notfias collectives
136 sont d'une longueur de 6 à 10 m, une largeur de 3 à 5 m et une profondeur de 4 à 6 m, ce qui correspond à
137 une capacité maximum de 300 m³. La hauteur de la partie non enterrée dépasse le niveau du sol naturel de
138 20 à 80 centimètres. Les orifices d'entrée de l'eau de ruissellement, et d'évacuation en cas de débordement
139 (Cf. Fig. 3 et 4) sont d'environ 15 à 20 cm de diamètre. L'orifice de puisage et d'entretien est d'environ 50 cm
140 d'ouverture [ZIYADI et HUMBERT, 2011].

141 La comparaison de ces capacités de stockage avec celles de systèmes aux mêmes vocations ailleurs dans le
142 monde [Worm et Hattum, 2006] montre que le Maroc présente les volumes de réservoirs parmi les plus élevés.
143 Sous climats plus humides, la fréquence de remplissage étant plus élevée, les capacités de stockage
144 nécessaires sont plus faibles. Par exemple, au Népal, elle atteint 90 m³ dans le cas de réservoirs
145 communautaires, et varie entre 10 à 30 m³ pour les systèmes utilisés par un seul foyer [Worm et Hattum,
146 2006].

147 Certaines "notfias", conçues pour la provision d'eau potable pour la consommation familiale, sont équipées
148 d'un puits de puisage, qui est une sorte de deuxième compartiment du réservoir utilisé pour recevoir de l'eau
149 filtrée. Ce puits est de même gabarit que le bassin de décantation (c'est-à-dire environ 1.2 m de diamètre),
150 mais le fond est placé légèrement en dessous du fond du réservoir. De même, des abreuvoirs sont parfois
151 aménagés près des notfias pour les animaux (Cf. Fig. 2). En plus du réservoir, la "notfia" est composée d'un
152 bassin de décantation et d'un impluvium [SABIR, ROOSE, et AL KARKOURI, 2010 ; EL YADARI et al., 2019 ; AZIZ
153 et al., 2020].

154 A noter que le puits de puisage est plutôt un ouvrage peu fréquent. En effet, le puisage se fait le plus souvent
155 à travers un orifice réalisé directement sur le réservoir de stockage (Cf. Fig. 3). Cet orifice sert également pour
156 permettre l'accès à l'intérieur du réservoir lors son entretien.

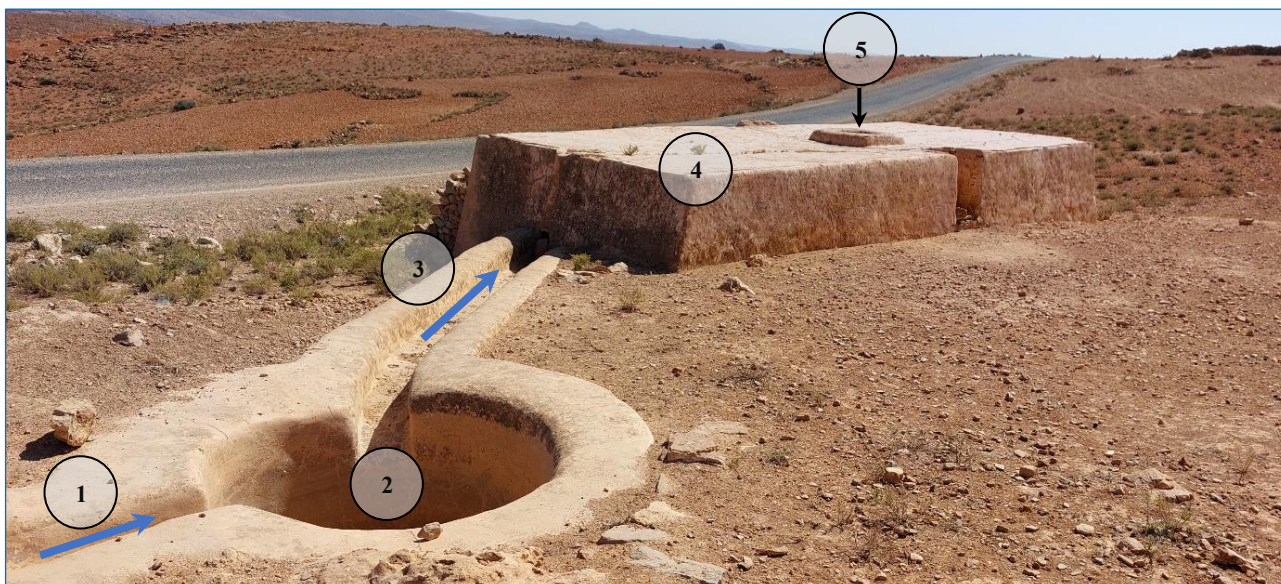


Fig. 3 : Exemple de notfia construite en matériaux locaux [Anti-Atlas occidental, Oct. 2021]

[① : Arrivée de l'eau à partir d'impluvium, ② : Bassin de décantation, ③ : Canal intermédiaire, ④ : Réservoir couvert, ⑤ : Orifice de puisage et d'entretien]

Le bassin de décantation (Cf. Fig. 3) est construit en amont du réservoir. Le choix de ses dimensions (environ 1,20 m de diamètre) s'appuie sur le cumul d'expériences au niveau local. Il reçoit les eaux turbides de l'impluvium. Les particules solides y sédimentent. Il ralentit ainsi l'envasement de la "notfia". Il se déverse dans le réservoir par une conduite ou un canal équipé d'un "grillage-filtre" qui retient les débris plus légers et la matière organique en suspension. En réalité, cette grille de maille comprise entre 10 et 20 mm, ne retient que les plus gros débris. L'élimination de débris plus fins nécessiterait des mailles plus faibles, ce qui n'est pas pratique compte tenu du risque de colmatage de la grille. Cette dernière est nettoyée manuellement et de manière régulière par le propriétaire, à chaque fois que c'est nécessaire pour le bon fonctionnement de la "notfia".

Quant à l'impluvium, il s'agit du bassin versant surplombant la "notfia". Il est plus ou moins aménagé de façon à limiter le transport de sédiments vers le bassin de décantation. Pour les notfias individuelles, les toits des bâtiments jouent parfois le rôle de cet impluvium. Dans ce cas, le bassin de décantation n'est pas nécessaire.



Fig. 4 : Exutoire d'une Noffia avec un canal maçonné pour éviter l'érosion en aval du réservoir [Anti-Atlas occidental, Oct. 2021]

Il existe une autre pratique très courante dans la région visitée. Cette pratique consiste à utiliser comme impluvium les aires à battre ("anrar" en amazigh) [AZIZ et al., 2020]. Ce sont des plateformes empierrées généralement de forme circulaire utilisées par les paysans locaux pour traiter leurs céréales (orge ou blé) en séparant les graines de la paille.

Sur la figure 5, l'impluvium [cercle vert] est de 400 m^2 environ (*diamètre de 20 à 25 m*), le réservoir de la notfia [rectangle bleu] est d'une capacité d'environ 35 m^3 ($3\text{ m} \times 5\text{ m} \times 2 \text{ à } 3\text{ m}$). En estimant le coefficient de ruissellement à 90% (impluvium presque imperméabilisé par un empierrement), le remplissage de cette notfia nécessitera alors un cumul annuel de pluie d'environ 100 mm [ie : $35\text{ m}^3 / (400\text{ m}^2 \times 0.90)$], ce qui correspond bien à la pluie annuelle minimale que reçoit la zone où se trouve la notfia (Cf. Fig. 1).

Ce calcul approximatif est donné à titre d'illustration. Le coefficient de ruissellement contrôlant le volume d'eau collecté augmente avec l'intensité des pluies. Ce paramètre devrait donc être ajusté dans le cas d'une transposition vers une autre zone climatique.



Fig. 5 : Image satellite [Google Earth] montrant une notfia individuelle avec "l'inrar" comme impluvium [Atlas occidental (29°24'45" Nord 9°37'15" Ouest), Oct. 2021]

Sur les terrains à forte pente, plusieurs notfias peuvent être positionnées en cascade de façon à ce que l'exutoire de chaque réservoir constitue l'entrée du réservoir situé à l'aval immédiat. Le toit de chacun de ces réservoirs est également exploité comme impluvium de la notfia suivante [ZIYADI et HUMBERT, 2011].

Certains travaux ont dimensionné des réservoirs de stockage des eaux de pluies, comparables aux notfias, à l'aide de méthodes hydrologiques empiriques [LIAW et TSAI, 2004 ; HANSON et VOGEL, 2014 ; LUPIA et al., 2017 ; JACQ et al., 2018], mais il n'existe actuellement aucune étude connue qui justifie les dimensions habituelles des notfias au Maroc. Les références existantes traitant d'autres pays offrent donc potentiellement une source d'information à adapter au contexte marocain pour l'optimisation du dimensionnement de ces ouvrages traditionnels.

4.2. Matériaux et procédés de construction

Au cours de leur longue histoire, les notfias ont vu leurs matériaux et procédés de construction évoluer (Cf. Tableau II). Les premières notfias étaient constituées de matériaux disponibles localement. Les parois étaient construites en pierres naturelles maçonnées avec de la chaux et de l'argile pour l'étanchéité (Cf. Fig. 3-4). La structure était recouverte en utilisant soit un système de toiture constitué de bois naturel local et de terre battue, soit des toitures voutées en pierres naturelles ou en briques de terre cuite (Cf. Fig. 6-8) [SABIR, ROOSE, et AL KARKOURI, 2010 ; AZIZ et al., 2014].



Fig. 6 : Couverture voutée en pierre naturelle d'une notfia en état de dégradation avancé [Anti-Atlas occidental, Oct. 2021]

Ces matériaux naturels et locaux sont aujourd'hui remplacés par du béton de ciment conventionnel (Cf. Fig. 7). Le béton armé permet de concevoir des réservoirs avec des portées plus larges, et donc des capacités plus importantes.

Le coût de construction d'une notfia collective d'une capacité de l'ordre de 350 m³ varie d'environ 1000 Euros dans le cas de l'utilisation de matériaux locaux à environ 2000 Euros dans le cas de l'utilisation de matériaux modernes à base de béton de ciment [SABIR, ROOSE, et AL KARKOURI, 2010]. Le coût de construction d'une notfia dépendra également de la qualité des prestations qui peut varier significativement entre les projets et entre pays. A titre de comparaison, pour des réservoirs similaires (citernes enterrées en matériaux à base de béton de ciment) d'une capacité de 60 m³, le coût total de construction peut varier de 500 à 6500 USD environ [WORM et HATTUM, 2006]., ce qui, rapporté au mètre cube, excède largement les montants mentionnés ci-dessus.

Les montants cités précédemment sont donc sujets à fluctuations et doivent être contextualisés et exploités uniquement à des fins de comparaisons relatives entre techniques traditionnelles et modernes. Ainsi, on peut estimer que, pour une même capacité, la construction en matériaux locaux naturels (pierre naturelle, terre crue, chaux, bois) est moitié moins cher que la construction en matériaux conventionnels modernes (béton de ciment, barres d'acier).



Fig. 7 : Exemple de notfia construite en béton et béton armé [Anti-Atlas occidental, Oct. 2021]

4.3. Dégradation, entretien et durabilité

Des entretiens préventifs et curatifs sont nécessaires au maintien en bon état des notfias. Il s'agit principalement de nettoyer périodiquement l'impluvium, et de curer le bassin de décantation et le réservoir (Cf. Tableau III) :

- Déviation des eaux de ruissellement produites par les premiers événements pluvieux de la saison hivernale humide. Ces écoulements chargés des particules solides accumulées sur l'impluvium pendant la saison sèche sont facilement déviés en obstruant momentanément le canal d'entrée du bassin de décantation. Dans le cas où le captage des eaux se fait à partir des toitures, ces dernières sont à nettoyer avant les périodes pluviales et le bassin de décantation n'est pas nécessaire.
- Curage manuel de la vase accumulée au fond du réservoir, et des sédiments emportés par l'eau et déposés dans le bassin de décantation. Pour réduire la quantité des sédiments emportés par les eaux de ruissellement, l'impluvium doit être régulièrement réaménagé de façon à favoriser un écoulement laminaire des eaux. Cet aménagement hydraulique, essentiellement manuel, consiste en la rupture des pentes au moyen de petites terrasses en pierres sèches.
- Traitement et scellement des fissures qui peuvent apparaître au niveau de l'enduit intérieur du réservoir. Ces fissures sont investiguées et détectées grâce au contrôle visuel effectué par les personnes chargées d'évacuer la vase du réservoir. Si elles ne sont pas généralisées, ces fissures qui sont dues au retrait de l'enduit et aux déformations différés de la structure de l'ouvrage sont traitées localement. Sinon, une nouvelle couche d'enduit intérieur doit être envisagée pour maintenir l'étanchéité du réservoir.

En ce qui concerne la durabilité des notfias, il n'existe à l'heure actuelle pas d'étude scientifique abordant ce sujet. Mais d'après les témoignages de la population locale, certaines notfias construites avec les techniques ancestrales moyennant des matériaux locaux, sont presque centenaires. Certaines d'entre elles sont

250 aujourd'hui abandonnées par manque d'entretien. Une simple restauration (curage et imperméabilisation)
251 suffirait à les rendre à nouveau utilisables.

252 En revanche, la durabilité des notfias modernes, récentes et peu nombreuses, est encore méconnue. Leur
253 apparition coïncide avec celle des forages mécanisés dans la région vers les années 1990. De ce fait, elles
254 n'ont qu'un rôle secondaire pour l'accès à l'eau. A priori, leur durée de vie ne dépassera pas celle planifiée
255 classiquement pour les ouvrages de bâtiment en béton armé, qui est de 50 ans, surtout dans un environnement
256 humide [BAROGHEL-BOUNY et al., 2004] comme à l'intérieur des notfias.

257 **5. Possibilités d'utilisation en irrigation**

258 Au Maroc, l'utilisation des notfias traditionnelles pour l'irrigation est rare. Il n'existe pas de référence fiable sur
259 cet usage. Pour cause, la faible pluviométrie qui caractérise les régions où cette technique est pratiquée
260 (moins de 300 mm/an) ne peut assurer des stocks d'eau suffisants pour l'irrigation, compte tenu des
261 dimensions habituellement réduites des impluviums et des réservoirs de ces structures. L'eau est donc
262 généralement stockée à des fins domestiques et pour l'abreuvement des cheptels, le plus souvent caprins, si
263 aucune ressource alternative n'est disponible en cas de sécheresse exceptionnelle. Cela semble également
264 être le cas dans d'autres régions semi-arides et arides du monde, où les eaux collectées sont réservées dans
265 la plupart des cas aux consommations humaine et animale.

266 Il existe cependant quelques exemples d'utilisation agricole de l'eau : sous climat tropical de mousson,
267 l'irrigation de complément à partir de petits réservoirs d'eau de pluie peut induire des hausses de rendement
268 très significatives, particulièrement en début ou fin de saison des pluies [JACQ et al., 2018]. Ces petits
269 réservoirs à vocation agricole s'avèrent également bénéfiques en milieu urbain [LUPIA et al., 2017] et péri-
270 urbain [LIANG et VAN DIJK, 2011] où les ressources en eau alternatives sont limitées ou trop polluées.



271
272 **Fig. 8 : Exemple de notfia conçue pour être utilisée en irrigation [Agadir Ida-Outanane, mai 2022]**

273 [(1) : Mur de soutènement en pierres sèches, (2) : Voûte maçonnée, (3) : Exutoire en cas de débordement, (4) : Sortie de l'eau pour irrigation]

274 A titre d'exemple, nous présentons ci-dessus (Cf. Fig. 8) l'un des cas rares, où une notfia était utilisée pour
275 l'irrigation. Il s'agit d'une notfia construite en maçonnerie de pierres naturelles et en mortier de ciment. Cette
276 notfia, qui est actuellement abandonnée, a la particularité de posséder un orifice de vidange de fond lui
277 permettant d'évacuer l'eau par écoulement gravitaire, ensuite utilisée pour l'irrigation. Les dimensions limitées
278 de cette notfia rendent la seule quantité d'eau stockée (environ 20 m³) insuffisante à un usage agricole. Son
279 utilisation pour l'irrigation s'explique par son alimentation par une source. Certes, le débit varie selon les
280 saisons, mais il reste suffisant pour remplir la notfia de manière régulière. Celle-ci est donc utilisée comme un
281 réservoir régulateur du débit de la source. Les types de cultures irriguées se limitent à quelques arbres fruitiers
282 (oliviers, figuiers, palmiers dattiers, etc.) et quelques autres cultures saisonnières telles que les légumes et les
283 légumineuses (Cf. Fig. 9).

284 En règle générale, les techniques de captage des eaux de pluie et de ruissellement en milieux semi-aride ou
285 aride pour un usage agricole nécessitent des structures de plus grandes dimensions (e.g. banquettes,
286 retenues collinaires) [DIETER PRINZ, 1996 ; [LEGOULVEN ET AL., 2019]. Bien que ces techniques permettent de
287 mobiliser de plus grands volumes d'eau compatibles avec les besoins hydriques des cultures, ces apports
288 sont souvent perdus en grande partie par évaporation [LACOMBE, 2007], faute d'être utilisés rapidement dans
289 un environnement aride. Une augmentation de la capacité de stockage des notfias présenterait donc
290 l'avantage de fournir un stockage protégé des pertes évaporatoires et par infiltration.



291
292 **Fig. 9 : Exemple typique de l'agriculture paysanne de la région visitée [Agadir Ida-Outanane, Mai 2022]**

293 La valorisation des notfias en vue d'un usage renouvelé en irrigation s'avère intéressante du fait de l'absence
294 de pertes par évaporation et donc de la possibilité de conserver l'eau stockée jusqu'au moment opportun.
295 Cette conception nécessite de travailler sur un projet concret de recherche et développement, basé sur des
296 observations, mesures et enquêtes de terrain, afin de vérifier et justifier leur convenance à ce type d'usage.
297 Cela nécessitera notamment d'étudier les structures adéquates pour la collecte et le stockage de l'eau pluviale

298 en fonction des besoins en eau des cultures. Il s'agira en outre d'identifier les cultures les mieux adaptées
299 compte tenu des conditions climatiques et des us et coutumes locales auxquelles s'intéresse cette recherche.

300 **Conclusions et perspectives**

301 La notfia est une technique marocaine ancestrale qui a fait ses preuves en matière de gestion durable des
302 ressources en eau. C'est une technique utilisée dans les régions arides totalisant en moyenne moins de 300
303 mm de pluies annuelles. Les eaux stockées dans ces réservoirs traditionnels sont utilisées en périodes sèches
304 à des fins domestiques, y compris pour l'eau potable et pour l'abreuvement des animaux. Sous ces climats
305 secs, l'exploitation de ces ouvrages pour l'irrigation n'est en revanche pas commune, sauf pour l'irrigation
306 d'appoint dans quelques rares situations.

307 Dans certaines régions du Maroc, comme l'Anti-Atlas, des notfias en matériaux locaux (pierre, terre crue,
308 chaux, etc.), construites au début du XXème siècle et toujours opérationnelles, témoignent de la durabilité de
309 ces matériaux traditionnels. Si l'on ajoute à cette durabilité prouvée le peu d'impacts négatifs qu'ont ces
310 écomatériaux sur l'environnement, il devient difficile de justifier la tendance actuelle qui consiste à les
311 remplacer par des matériaux à base de ciment et de béton armé. En effet, les dimensions de ces notfias
312 modernes sont quasiment les mêmes que celles des anciennes notfias construites en matériaux locaux. Il n'y
313 a donc pas de raison liée à la stabilité structurelle de ces ouvrages qui pourrait justifier ce choix de matériaux.
314 Par ailleurs, le coût de construction ne peut pas justifier cette tendance non plus, puisque la construction en
315 matériaux locaux est moins onéreuse. Ainsi, deux explications sont possibles quant à ce phénomène, qui n'est
316 d'ailleurs pas particulier à la construction des notfias, mais bien plus global et concerne aussi la construction
317 des bâtiments : la première de ces explications est sociale et consiste à considérer, à tort, que tout produit
318 « moderne » et importé, tel que le ciment, est meilleur que tout ce qui est traditionnel et local. La deuxième
319 explication est technique et réside dans le manque ou la rareté de main-d'œuvre maîtrisant les techniques de
320 construction traditionnelles, notamment en ce qui concerne la réalisation de voûtes en maçonnerie de pierre
321 naturelle.

322 Comme perspectives de cet état de l'art, des travaux de recherche et développement sont à envisager dans
323 le but de valoriser la construction des notfias en matériaux locaux, tout en travaillant sur l'optimisation de leurs
324 conception (dimensions, forme et matériaux adaptés). Dans le contexte actuel et futur d'une raréfaction des
325 précipitations sur le Maroc, ces recherches doivent se baser sur des données agronomiques et hydro-
326 climatiques incluant les projections futures. Des études expérimentales de terrain peuvent également être
327 envisagées en vue d'une utilisation renouvelée de cette technique de captage et de stockage des eaux de
328 pluie pour l'irrigation. Dans ce cadre, des études expérimentales comparatives gagneraient à être menées en
329 vue de choisir les types de systèmes d'irrigation les mieux adaptés, et ce en prenant en considération les
330 cultures les mieux adaptées aux risques accrus de sécheresse. Aussi, il est recommandé dans le cadre de
331 ces travaux expérimentaux, de travailler sur le développement de protocoles de suivi de la qualité de l'eau,
332 surtout dans le cas où elle serait utilisée comme eau potable.

333

334 Bibliographie

- 335 AICH, A EL, A BOURBOUZE, P MORAND-FHER, N EL ASSOULI, AND A FATHI. (2012). "Le Système d'élevage
336 Caprin Dans l'arganeraie." In *In Actes Des Premières Journées de Recherche Sur Les Ruminants*
337 *Organisées Par l'INRA Sous Le Thème : L'élevage Caprin : Acquis de Recherche, Stratégie et*
338 *Perspectives de Développement*, edited by Moussa El Fadili, 129–45. Rabat, Maroc.
- 339 AMEUR, MEFTAHA, KHALID ANSAR, ABDELLAH BOUMALK, NOURA EL AZRAK, RACHID LAABDELAOUI, AND HAMID
340 SOUIF. (2017). *Dictionnaire Général de La Langue Amazighe*. Edited by Institut Royal de la Culture
341 Amazighe. Institut Royal de la Culture Amazighe.
- 342 AZIZ, FAISSAL, MOUNIR EL ACHABY, NAAILA OUZZANI, JAUAD EL-KHARRAZ, AND LAILA MANDI. (2020). "Rainwater
343 Harvesting: A Challenging Strategy to Relieve Water Scarcity in Rural Areas." In *Smart Village*
344 *Technology - Concepts and Developments*, edited by Patnaik Srikanta, Sen Siddhartha, and S.
345 Mahmoud Magdi, 17:267–90. Springer Nature Switzerland AG. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37794-6_12)
346 [37794-6_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37794-6_12).
- 347 AZIZ, FAISSAL, MOHAMMED FARISSI, JAMILA KHALIFA, NAAILA OUZZANI, AND LAILA MANDI. (2014). "Les
348 Réservoirs de Stockage d'eau Traditionnel : Caractéristiques, Popularité et Problèmes." *International*
349 *Journal of Innovation and Scientific Research* 11 (1): 83–95.
- 350 BAROGHEL-BOUNY, VERONIQUE, CARMEN ANDRADE, MARTA CASTELLOTE, DIDIER BRAZILLIER, JEAN-LOUIS
351 COSTAZ, RENE COUTY, ROBERT DEGEIMBRE, ET AL. (2004). "Conception Des Bétons Pour Une Durée de
352 Vie Donnée Des Ouvrages. Maîtrise de La Durabilité Vis-à-Vis de La Corrosion Des Armatures et de
353 l'alcali Réaction." *Association Française de Génie Civil (AFGC)*, 30–41.
354 <https://www.afgc.asso.fr/app/uploads/2007/10/Indicateurs-durabilite.pdf>.
- 355 GOUGUENI, HICHAM, LATIFA EZ-ZAHER, YOUSSEF BOUCHRITI, MOHAMED AIT HADDOU, AND ABDELKRIM EZAIDI.
356 (2021). "Health Effects of the Consumed Water from the Traditional Reservoirs on the Population of
357 Tiznit in Morocco." In *E3S Web of Conferences*, 234:00073.
358 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123400073>.
- 359 HANSON, L. S., AND R. M. VOGEL. (2014). "Generalized Storage-Reliability-Yield Relationships for Rainwater
360 Harvesting Systems." *Environmental Research Letters* 9: 075007. [https://doi.org/10.1088/1748-](https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/7/075007)
361 [9326/9/7/075007](https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/7/075007).
- 362 HSSAISOUNE, MOHAMMED, LHOSSAINE BOUCHAOU, ABDELFAHATTAH SIFEDDINE, ILHAM BOUIMETARHAN, AND
363 ABDELGHANI CHEHBOUNI. (2020). "Moroccan Groundwater Resources and Evolution with Global Climate
364 Changes." *Geosciences (Switzerland)* 10: 81. <https://doi.org/10.3390/geosciences10020081>.
- 365 JACQ, ESTELLE, GUILLAUME LACOMBE, VYTOU HEANG, AND SOMPHASITH DOUANGSAVANH. (2018). "Is Roof-Top
366 Rainwater Harvesting a Viable Solution to Develop Small-Scale Agriculture ? A Case Study in Laos."
- 367 KHASTAGIR, ANIRBAN, AND NIRANJALI JAYASURIYA. (2010). "Optimal Sizing of Rain Water Tanks for Domestic

368 Water Conservation." *Journal of Hydrology* 381 (3–4): 181–88.
 369 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.11.040>.

370 LACOMBE, GUILLAUME. (2007). "Evolution et Usages de La Ressource En Eau Dans Un Bassin Versant
 371 Aménagé Semi-Aride. Le Cas Du Merguellil En Tunisie Centrale." *Université Montpellier 2*, 306.

372 LEGOULVEN, PATRICK, GUILLAUME LACOMBE, JULIEN BURTE, ALAIN GIODA, AND ROGER CALVEZ. (2019).
 373 "Techniques de Mobilisation Des Ressources En Eau et Pratiques d'utilisation En Zones Arides : Bilans,
 374 Évolutions et Perspectives." *Sécheresse* 20 (1): 017–030. <https://doi.org/10.1684/sec.2009.0166>.

375 LIANG, XIAO, AND MEINE PIETER VAN DIJK. (2011). "Economic and Financial Analysis on Rainwater Harvesting
 376 for Agricultural Irrigation in the Rural Areas of Beijing." *Resources, Conservation and Recycling* 55 (11):
 377 1100–1108. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.009>.

378 LIAW, CHAO HSIEN, AND YAO LUNG TSAI. (2004). "Optimum Storage Volume of Rooftop Rain Water Harvesting
 379 Systems for Domestic Use." *Journal of the American Water Resources Association* 40 (4): 901–12.
 380 <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2004.tb01054.x>.

381 LUONG, T. V., AND PANYA LUCKMUANG. (2002). "Household Rainwater Harvesting - Thailand." In *Sustainable
 382 Environmental Sanitation and Water Services: Proceedings of the 28th WEDC Conference*. Kolkata
 383 (Calcutta), India.

384 LUPIA, FLAVIO, VALERIO BAIOCCHI, KETI LELO, AND GIUSEPPE PULIGHE. (2017). "Exploring Rooftop Rainwater
 385 Harvesting Potential for Food Production in Urban Areas." *Agriculture (Switzerland)* 7 (6): 1–17.
 386 <https://doi.org/10.3390/agriculture7060046>.

387 OUESSAR, M, R HESSEL, M SGHAIER, AND C RITSEMA. (2012). "WARHA - Report on Water Harvesting
 388 Inventory, History and Success Stories." Médenine.

389 PRINZ, D. (1999). "Water Harvesting Techniques in the Mediterranean Region." In *Proceedings Of the
 390 International Seminar Rain Water Harvesting and Management of Small Reservoirs in Arid and
 391 Semiarid Areas*, edited by Ronny Berndtsson, 153–63. Lund, Sweden.

392 PRINZ, DIETER. (1996). "Water Harvesting - Past and Future." In *Sustainability of Irrigated Agriculture*, edited
 393 by L.S. Pereira, R.A. Feddes, J.R. Gilley, and B. Lesaffre, 137–68. Kluwer Academic Publishers.

394 ROOSE, ERIC, AND MOHAMED SABIR. (2002). "Stratégies Traditionnelles de Conservation de l'eau et Des Sols
 395 Dans Le Bassin Méditerranéen : Classification En Vue d'un Usage Renouvelé." In *La Gestion
 396 Traditionnelle de l'Eau, de La Biomasse et de La Fertilité Des Sols, Base d'une Nouvelle Approche de
 397 La Lutte Antiérosive Dans Les Montagnes Marocaines : Journées Scientifiques - Bulletin - Réseau
 398 Erosion*, 33–44. Salé, Morocco: De Noni Georges.

399 SABIR, MOHAMED, AND ERIC ROOSE. (2005). "Traditional Strategies for Soil and Water Conservation in the
 400 Maghreb Mediterranean Mountains." In *International Workshop on Strategies, Science and Law for the
 401 Conservation of the World Soil Ressources*, 181–88. Selfos Iceland.

- 402 SABIR, MOHOMED, E ROOSE, N MACHOURI, AND A NAOURI. (2003). "Organisation Spatiale et Gestion Paysanne
403 Des Ressources Naturelles Dans Deux Terroirs Du Rif Occidental, Maroc." In *Organisation Spatiale et*
404 *Gestion Des Ressources et Des Territoires Ruraux : Actes Du Colloque International*, edited by P.
405 Dugué and Ph. Jouve, 168–78. Montpellier, France: IRD.
- 406 SABIR, MOHOMED, ERIC ROOSE, AND JAMAL AL KARKOURI. (2010). "Les Techniques Traditionnelles de Gestion
407 de l'eau, de La Biomasse et de La Fertilité Des Sols." In *Gestion Durable Des Eaux et Des Sols Au*
408 *Maroc : Valorisation Des Techniques Traditionnelles Méditerranéennes*, edited by IRD Editions, 117–93.
409 Marseille, France.
- 410 SALADIN, MATTHIAS. (2016). "Rainwater Harvesting in Thailand : Learning from the World Champions."
411 http://rural-water-supply.net/_ressources/documents/default/1-759-55-1464085609.pdf.
- 412 THOMAS, TERRY H. (2014). "The Limitations of Roofwater Harvesting in Developing Countries." *Waterlines* 33
413 (2): 139–45. <https://doi.org/10.3362/1756-3488.2014.014>.
- 414 WORM, JANETTE, AND TIM VAN HATTUM. (2006). *La Collecte de l'eau de Pluie à Usage Domestique*. Edited by
415 Fondation Agromisa & CTA. 1st ed. Wageningen, Netherlands: Fondation Agromisa & CTA.
- 416 YADARI, HANAA EL, MOHAMED CHIKHAOU, MUSTAPHA NAIMI, MOHAMED SABIR, AND D RACLOT. (2019).
417 "Techniques de Conservation Des Eaux et Des Sols Au Maroc : Aperçu et Perspectives ." *Revue*
418 *Marocaine Des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 7 (June): 343–55.
- 419 ZIYADI, MOHAMED, AND ANDRE HUMBERT. (2011). "Vivre Dans Les Montagnes Arides Ou Sub-Arides :
420 L'aménagement Des Pentes Dans l'Anti-Atlas Central et Occidental (Maroc)." Nanacy II.

421
422

Type de notfia	Capacité	Usages
Notfia collective	100 à 300 m^3	Principal : Usage domestique ; Fréquent : Abreuvement d'animaux ; Rare : Irrigation d'appoint
Notfia individuelle	< 100 m^3	Principal : Usage domestique ; Rare : Abreuvement d'animaux.
« Lorsque la saison sèche dure longtemps, les eaux stockées dans la notfia ne suffisent pas, et il faut donc la remplir à l'aide de camions citernes » [MOHOMED SABIR, ROOSE, et AL KARKOURI, 2010].		

425 Tableau I : Capacités et usages des notfias au Maroc

Ouvrage constitutif	Notfia ancienne	Notfia moderne
Parois et murs	Maçonnerie de pierres naturelles avec mortier de terre crue	Maçonnerie conventionnelle avec mortier de ciment
Toiture	Charpente en bois local ou maçonnerie en voûte	Dalle en béton armée
Enduit et étanchéité	Enduit traditionnel de chaux et d'argile battue	Enduit de ciment

427 Tableau II : Matériaux et procédés de construction des différents ouvrages constitutifs des notfias

Entretien	Fréquence
Réaménagement de l'impluvium	2 à 4 ans selon la pente
Nettoyage des toitures et de l'impluvium	Avant chaque saison pluviale
Nettoyage du bassin de décantation	2 à 3 ans selon le taux de remplissage
Nettoyage du réservoir	1 à 3 ans selon le taux de remplissage
Traitement et scellement des fissures	Chaque fois qu'elles apparaissent

429 Tableau III : Matériaux et procédés de construction des différents ouvrages constitutifs des notfias