



**HAL**  
open science

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

A Koutous, G Lacombe, A Hammani

► **To cite this version:**

A Koutous, G 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. hal-04186209

**HAL Id: hal-04186209**

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

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

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<sup>1</sup>, Guillaume LACOMBE<sup>1,2</sup>, Ali HAMMANI<sup>1</sup>**

5 <sup>1</sup> Département du Génie Rural, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

6 <sup>2</sup> 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 collectées 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 leurs fonctionnements et usages, (iv) de leurs conceptions et procédés de  
81 construction, et enfin (v) de leur possible utilisation pour l'irrigation.

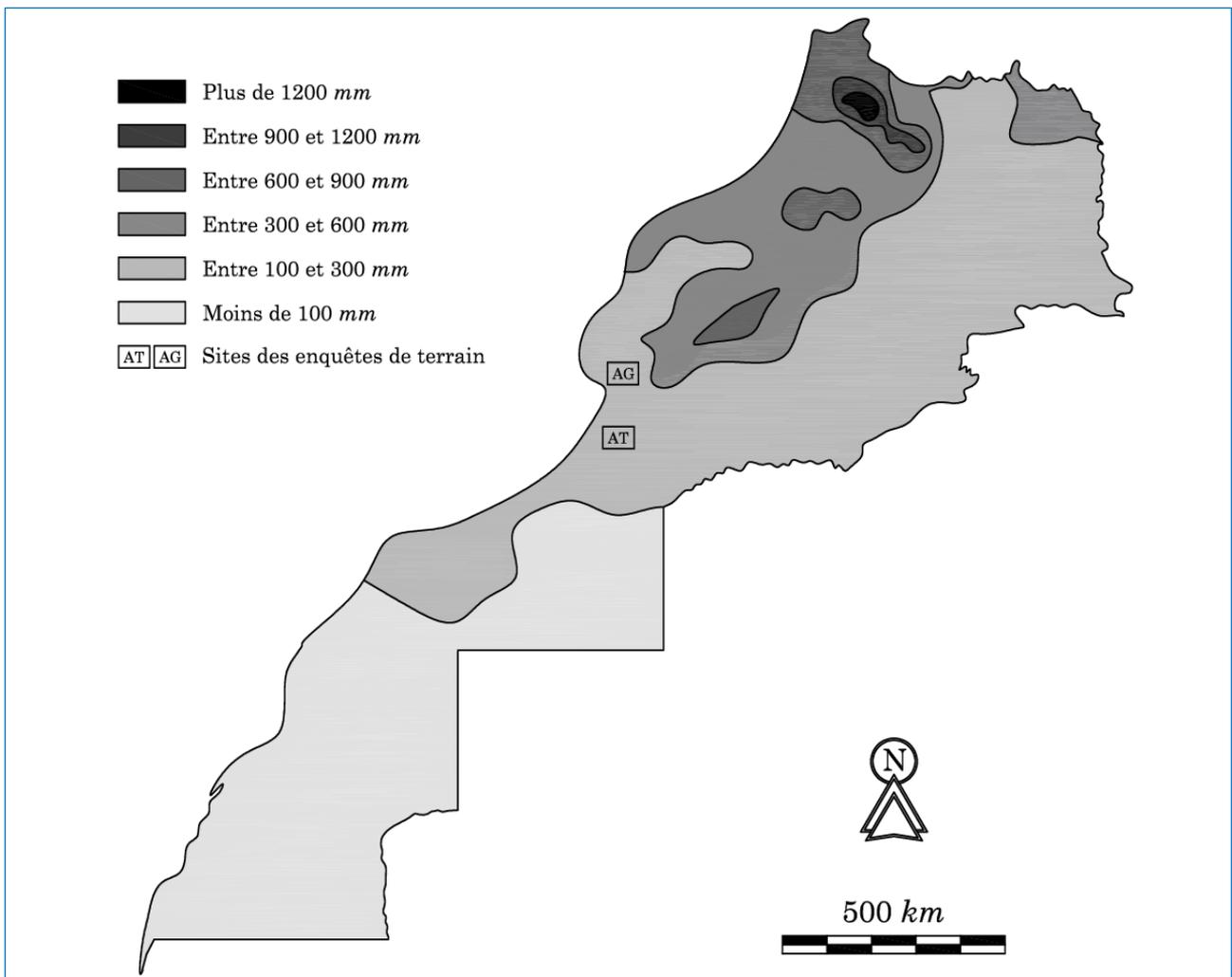
### 82 1. Définition et étymologie

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



98  
99 **Fig. 1 : Carte des précipitations annuelles du Maroc d'après [MOHOMED SABIR, ROOSE, et AL KARKOURI, 2010] avec**  
100 **indication des sites visités**

101 [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).

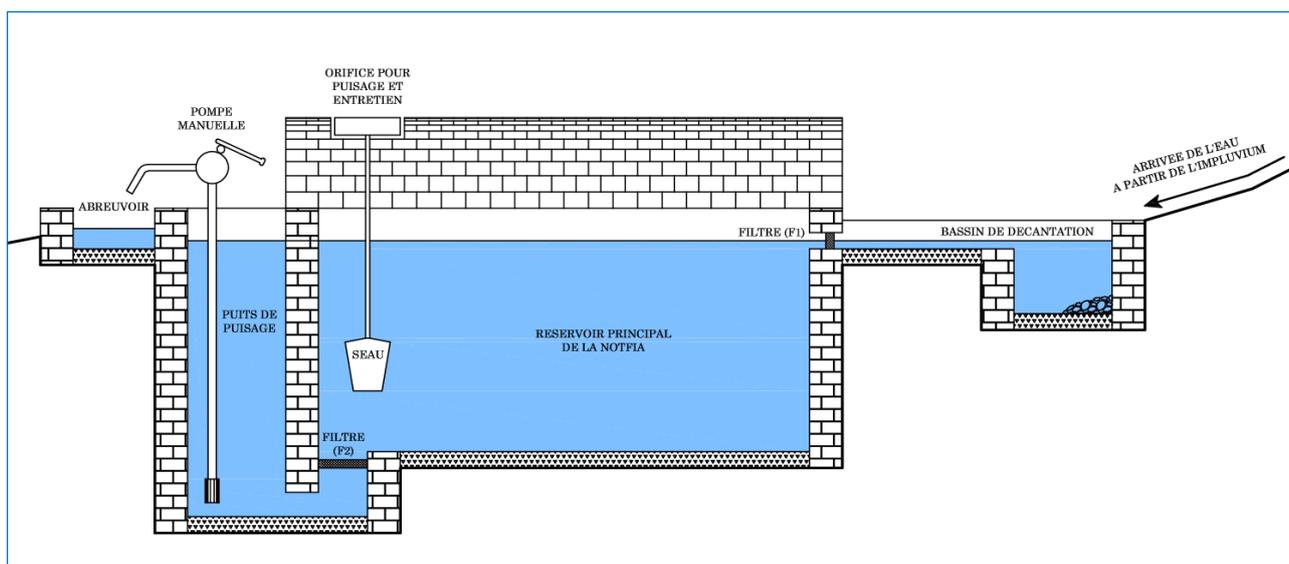
### 113 3. Classification, capacité et usages

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 étatiques 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 m<sup>3</sup>) dépasse généralement celle des notfias individuelles (< 100 m<sup>3</sup>) [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]]

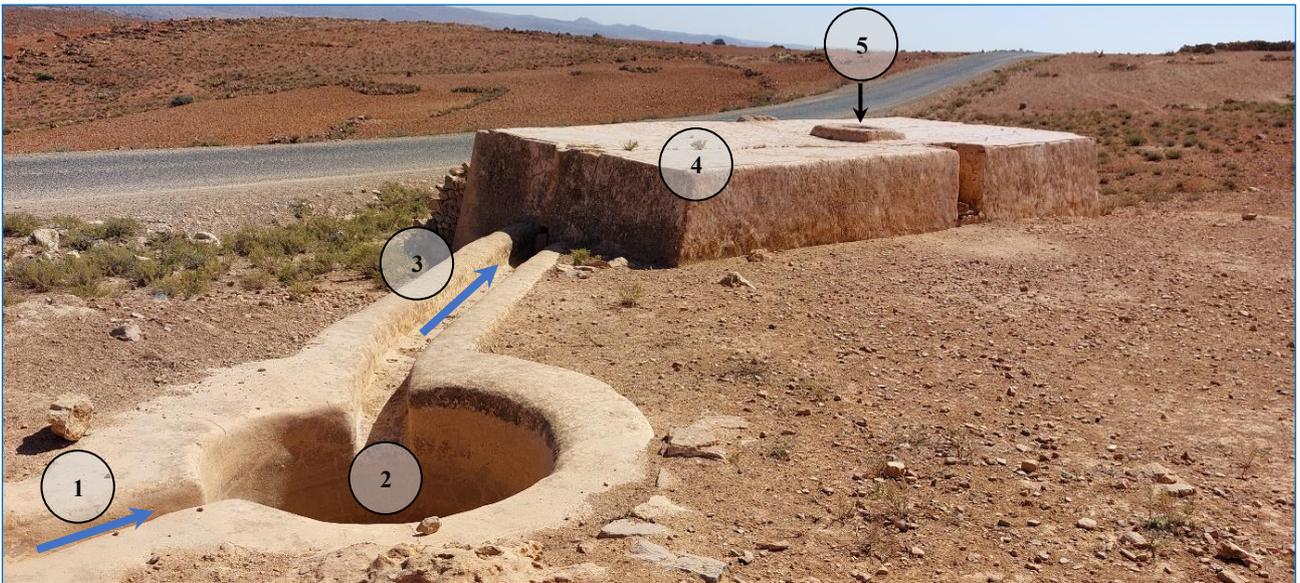
129 L'ouvrage principal d'une notfia est un réservoir couvert entièrement ou partiellement enterré, résultant d'une  
130 excavation (Cf. Fig. 2). Sa forme est parallélépipédique, ou parfois cylindrique. Imperméabilisé, il permet de  
131 collecter et stocker le ruissellement des eaux pluviales.

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 m<sup>3</sup>. Sur la  
134 base d'un besoin quotidien de 50L d'eau par personne, établi par l'Organisation Mondiale de la Santé, 50 m<sup>3</sup>  
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 m<sup>3</sup>. 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 m<sup>3</sup> dans le cas de réservoirs  
145 communautaires, et varie entre 10 à 30 m<sup>3</sup> 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]

157  
158  
159

160 Le bassin de décantation (Cf. Fig. 3) est construit en amont du réservoir. Le choix de ses dimensions (environ  
161 1,20 m de diamètre) s'appuie sur le cumul d'expériences au niveau local. Il reçoit les eaux turbides de  
162 l'impluvium. Les particules solides y sédimentent. Il ralentit ainsi l'envasement de la "notfia". Il se déverse dans  
163 le réservoir par une conduite ou un canal équipé d'un "grillage-filtre" qui retient les débris plus légers et la  
164 matière organique en suspension. En réalité, cette grille de maille comprise entre 10 et 20 mm, ne retient que  
165 les plus gros débris. L'élimination de débris plus fins nécessiterait des mailles plus faibles, ce qui n'est pas  
166 pratique compte tenu du risque de colmatage de la grille. Cette dernière est nettoyée manuellement et de  
167 manière régulière par le propriétaire, à chaque fois que c'est nécessaire pour le bon fonctionnement de la  
168 "notfia".

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

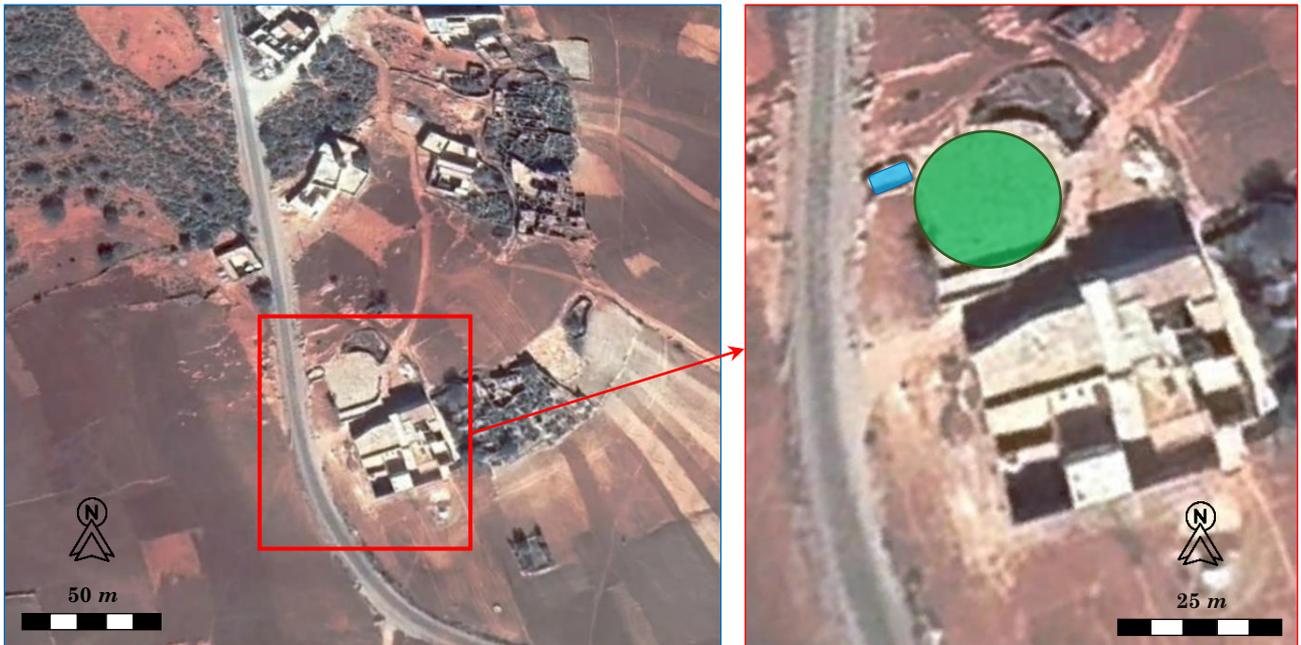


172  
173 **Fig. 4 : Exutoire d'une Noffia avec un canal maçonné pour éviter l'érosion en aval du réservoir** [Anti-Atlas  
174 occidental, Oct. 2021]

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

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

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



187  
188 **Fig. 5 : Image satellite [Google Earth] montrant une notfia individuelle avec "l'inrar" comme impluvium** [Anti-  
189 Atlas occidental (29°24'45" Nord 9°37'15" Ouest), Oct. 2021]

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

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

#### 199 **4.2. Matériaux et procédés de construction**

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



206  
207  
208

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

209  
210  
211

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.

212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219

Le coût de construction d'une notfia collective d'une capacité de l'ordre de 350 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>, 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.

220  
221  
222  
223  
224

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]

225  
226

#### 227 4.3. Dégradation, entretien et durabilité

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

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

247 En ce qui concerne la durabilité des notfias, il n'existe à l'heure actuelle pas d'étude scientifique abordant ce  
248 sujet. Mais d'après les témoignages de la population locale, certaines notfias construites avec les techniques  
249 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 m<sup>2</sup>) 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 OUAZZANI, 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 OUAZZANI, 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, LHOUSSAINE BOUCHAOU, ABDELFATTAH 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 Ofthe  
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](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 CHIKHAOUI, 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

423 **Les Tableaux**

424

Type de notfia	Capacité	Usages
Notfia collective	100 à 300 m <sup>3</sup>	Principal : Usage domestique ; Fréquent : Abreuvement d'animaux ; Rare : Irrigation d'appoint
Notfia individuelle	< 100 m <sup>3</sup>	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**

426

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**

428

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**