

Crops choices and economic profitability under rainfall uncertainty: The case of “Tabia” in Tunisian arid areas.

Choix des cultures et rentabilité économique sous incertitude pluviométrique : Cas des ouvrages « Tabia » dans l’aride Tunisien.



Conférence Scientifique
Internationale sur
l'Environnement et
l'Agriculture

H. EL AMAMI¹, T. HERMASSI¹, J. BAHROUNI¹

¹ National Institute for Research in Rural Engineering, water and Forests. Hedi Karray 10th street, 2080-Ariana, Tunisia.

*Corresponding author: Hacib.amami@gmail.com

Abstract – The traditional hydro-system “Tabia” is one of rainwater harvesting technologies that has been promoted by agricultural scientists and planners as an appropriate water management technology to conserve soil, maximize rainwater valorization and improve farmers’ incomes. To be widely adopted, this structure should to be both environmentally conservative and economically profitable. The profitability depends strongest either on initial investment cost and the choice of the crops. In turn, the choices of crops as well as their yields are governed by rainfall. In this situation, the analysis of rainfall records for long periods becomes very suitable for providing information about rainfall and variability. By analyzing rainfall frequency, the present study was undertaken to select crops most suited for rainfall variability and to assess the economic profitability of the system “Tabia” in Bouhedma arid area, located in the center of Tunisia. The probability analysis of the rainfall data revealed that September, October and December are the three important wet months having chances of 56% and 65% of receiving a monthly rainfall between 23 to 28 mm. This period also shows highest probability of rainy days greater than 10 and 20 mm. This suggests selecting crops with water requirement best coincides with this period. These crops were: peas, bean, olive tree, lens and barley. Cost Benefits analysis showed that investment in “Tabia” for crop production is economically profitable in the long term satisfying the three criteria of positive net present value (NPV), high benefit/cost ratio and early payback period of capital investment. However, the high initial investment cost, ranging between 750 and 850 DT/Tabia, could weaken farmers’ incentive to invest in tabia, given their poor socio-economic status. This study suggests the intervention of Government to support the implementation of these structures in these unfavorable areas.

Keywords: Rainfall, probability, arid, Tabia, cost, profitable.

Résumé – L'hydrosystème traditionnel "Tabia" est l'une des technologies de récupération des eaux de pluie promues par les scientifiques et les planificateurs agricoles comme une technologie de gestion de l'eau appropriée pour conserver les sols, maximiser la valorisation des eaux pluviales et améliorer les revenus des agriculteurs. Pour être largement adoptée, cette structure devrait être à la fois conservatrice pour l'environnement et économiquement rentable. La rentabilité dépend le plus du coût d'investissement initial et du choix des cultures. À leur tour, les choix de cultures ainsi que leurs rendements sont régis par les précipitations. Dans cette situation, l'analyse des enregistrements de précipitations sur de longues périodes devient très appropriée pour fournir des informations sur les précipitations et la variabilité. En analysant la fréquence des précipitations, la présente étude a été entreprise pour sélectionner les cultures les plus adaptées à la variabilité des précipitations et pour évaluer la rentabilité économique du système "Tabia" dans la région aride de Bouhedma, située au centre de la Tunisie. L'analyse de probabilité des données pluviométriques a révélé que septembre, octobre et décembre sont les trois mois humides importants ayant des chances de 56% et 65% de recevoir une pluie mensuelle entre 23 et 28 mm. Cette période montre également la plus forte probabilité de jours pluvieux supérieurs à 10 et 20 mm. Cela suggère que la sélection des cultures ayant les besoins en eau coïncide

le mieux avec cette période. Ces cultures étaient : pois, haricot, olivier, lentille et orge. L'analyse coûts-avantages a montré que l'investissement dans « Tabia » pour la production végétale est économiquement rentable à long terme, satisfaisant aux trois critères suivants: valeur actuelle nette (VAN) positive, rapport avantages / coûts élevé et période d'amortissement précoce. Cependant, le coût d'investissement initial élevé, compris entre 750 et 850 DT / Tabia, pourrait affaiblir l'incitation des agriculteurs à investir dans Tabia, compte tenu de leur faible statut socio-économique. Cette étude suggère l'intervention du gouvernement pour soutenir la mise en place de ces structures dans ces zones défavorables.

Mots clés : Précipitation, probabilité, aride, Tabia, coût, rentable.

1. Introduction

L'eau représente le facteur limitant de l'agriculture pluviale dans les régions arides. Les précipitations limitées et erratiques se traduisent souvent par des rendements faibles ou la perte de la production ainsi que par l'érosion des sols.

Étant donné que les précipitations constituent la principale source d'eau pour la production agricole, la collecte des eaux pluviales a été considérée par les scientifiques et les planificateurs agricoles en Tunisie, ainsi que dans de nombreux pays du monde, en tant que technologie de gestion de l'eau appropriée pour conserver le sol, maximiser la valorisation de l'eau de pluie et améliorer le revenu des agriculteurs. Plusieurs auteurs ont indiqué que les principaux avantages des petits systèmes de collecte des eaux de ruissellement résident dans le fait qu'ils sont faciles à construire et à exploiter par les agriculteurs individuels et permettent d'accroître la productivité de l'agriculture pluviale (Li et al, 1999 ; Deng et al 2004, Wang et al, 2005) . Par conséquent, ils sont idéalement adaptés aux conditions socio-économiques et biophysiques des zones semi-arides (Deng et al. 2004). Entre 1950 et 1990, ces techniques ont été négligées en Tunisie lorsque les préférences ont été données aux grands projets d'irrigation servis par les grands barrages. À la fin des années 1980, la pénurie d'eau, ainsi que l'érosion du sol étaient devenues les principales menaces pour la durabilité du secteur agricole. Le développement des systèmes de collecte des eaux pluviales est apparu comme une alternative dans de nombreuses régions à faibles précipitations annuelles pour augmenter la disponibilité de l'eau pour les cultures afin de stabiliser la production agricole. Différents programmes ont été développés, dans le cadre de la stratégie nationale de conservation des eaux et des sols, et mis en œuvre dans les trois régions naturelles de la Tunisie (Nord, Centre et Sud). Ces petits ouvrages ont été mis en œuvre soit par les agriculteurs eux-mêmes, moyennant des subventions de l'Etat, soit par l'intervention directe du gouvernement à travers les projets de développement. L'hydro-système traditionnel, appelé « Tabia », constitue l'une de ces technologies. Il consiste à collecter l'eau pluie provenant d'un versant d'une superficie plus grande et la concentrer sur une superficie cultivée plus petite. Bien que les avantages de cette technique ont été mis en évidence dans de nombreuses études (El Amami, 1984, Achouri, 1994), ces méthodes ne sont pas encore largement adoptées par les agriculteurs. De nombreux auteurs ont souligné l'importance de considérer le statut socio-économique des agriculteurs et la rentabilité économique de ces techniques dans les zones où elles sont mises en œuvre. La rentabilité économique semble être la principale incitation pour amener les agriculteurs à la fois pour décider d'investir dans ces ouvrages et d'assurer leurs maintenances afin d'augmenter la durabilité de leurs exploitations (Darghouth et al, 2008). Les petits ouvrages devraient être alors à la fois protecteurs de l'environnement et économiquement rentables. La rentabilité est largement tributaire du choix des cultures à pratiquer et de leurs degrés de valorisation de l'eau collectée. À leur tour, les choix des cultures ainsi que les rendements obtenus sont fortement régis par les précipitations. Par conséquent, l'analyse des données pluviométriques sur longues périodes fournit des informations sur le profil de la pluviométrie et sa variabilité (Lazaro et al., 2001). L'analyse de la distribution probabiliste de la pluviométrie est largement utilisée pour comprendre son comportement et lui accorder une probabilité (Abdullah and Al-Mazroui, 1998). En effet, il est généralement admis dans la communauté scientifique que la pluviométrie suit une distribution particulière (Tilahun, 2006).

La réponse à la question si les petits ouvrages "Tabia" sont rentables ou non et peuvent inciter les agriculteurs à les adopter ou pas, dépendrait non seulement du coût d'investissement initial de ces structures, mais aussi du choix des cultures à pratiquer. Analysé dans un cadre multipériodique pour tenir compte à la fois de la durée de vie des tabias et de la variabilité de la pluviométrie à long terme, ce travail consiste à déterminer la combinaison optimale des cultures qui permet d'assurer la meilleure

valorisation de l'eau collectée ainsi que le meilleur revenu économique dégagé, dans un contexte d'incertitude pluviométrique. Le document est structuré comme suit. La section 2 décrit la zone d'étude ainsi que l'outil de l'évaluation économique utilisé. La méthode de l'analyse fréquentielle de la pluie est également présentée. La section 3 présente et discute les résultats obtenus. Les implications de ce travail sur le développement forment la section 4.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la région de Bouhedma, située à Sidi-Bouزيد, dans la partie centrale de la Tunisie. Cette zone illustre bien la problématique de l'agriculture pluviale dans les régions arides, caractérisée par la rareté des ressources en eaux, l'érosion des sols et la faiblesse de la productivité des systèmes de production. Fortement régi par un climat aride, la pluviométrie annuelle calculée pendant la période (1936-2012) est en moyenne de 153 mm. L'évaporation annuelle moyenne est de 1470 mm. Le rapport de l'évaporation à la pluie pour la région est environ de 10 ce qui signifie que...

Contrairement aux autres régions du Centre du pays et à la région de Sidi-Bouزيد en particulier, les systèmes agraires de la zone n'ont pas connu une transformation profonde après l'indépendance et sont restés, jusqu'au milieu des années 90, du type agro-pastoral extensif. Ce système est basé principalement sur l'association de cultures annuelles sèches telles que le blé et l'orge, et l'élevage ovin. Dans l'ensemble, les cultures pluviales occupent plus de 90% du total des terres cultivées dans la région (Elloumi, 1997) et ne sont plantées qu'une fois tous les deux ou trois ans, principalement pour la consommation domestique. L'économie de la zone se caractérise par la dominance de l'agriculture pluviale ; qui ne présente pas d'ailleurs de grandes opportunités ni pour l'amélioration des revenus ni pour la création d'emplois. Le passage d'un système agro-pastoral extensif à un système intégré plus intensif est essentiellement contraint par la disponibilité des ressources en eaux. En effet, outre la rareté de la pluviométrie, le potentiel des eaux souterraines est également faible et généralement situé à un niveau assez profond n'incitant pas les agriculteurs de les capter compte tenu du niveau d'investissement à engager et de leurs situations économiques faibles.

Avec l'assistance du Gouvernement, notamment dans le cadre du Projet de développement agricole et sylvo-pastoral intégré, mis en œuvre sur une période de 5 ans (1996-2000) par le Ministère de l'Agriculture en collaboration avec le GIZ, les agriculteurs ont commencé à développer les techniques « Tabias » pour atténuer la rareté de l'eau et la perte fréquente de leurs productions. Les cultures pratiquées derrière ces petits ouvrages sont généralement le blé et l'orge pour les céréales et particulièrement le petit-pois pour les légumineuses.

L'arboriculture est quasi-représenté par les oliviers plantés dans ce cas à un raison de 80-90 pieds par ha ; soit 27-30 pieds par « tabia ». Les cultures annuelles telles que le blé, l'orge et le petit-pois peuvent être semées en association avec les oliviers ou sur des surfaces séparées. Toutefois, l'adoption de ces ouvrages semble connaître une stagnation, voire récession, après l'achèvement du projet, en dépit de son efficacité technique (Khelifa et al, 1995), ce qui conduit naturellement à analyser la rentabilité économique de ces petits ouvrages au niveau de l'exploitation agricole.

2.2. Outil d'analyse fréquentielle de la pluviométrie

Une meilleure connaissance du niveau pluviométrique (annuelle, mensuelle et journalière) ainsi que sa distribution à travers l'année jouent un rôle axial dans le choix des cultures à pratiquer ainsi que dans la conception des petits ouvrages de collecte des eaux de ruissellement. L'analyse fréquentielle des données pluviométriques permet d'accorder une probabilité à chaque niveau de pluviométrie espérée. C'est la méthode la plus fiable pour prévoir des événements pluvieux futurs en se basant sur le comportement pluviométrique passé (Sing et al, 2016).

Les données pluviométriques ont été collectées à partir de la station pluviométrique du parc de Bouhedma. Elles couvrent une période de 43 années (1970-2013) mais sur ces 43 années, seulement 28 années offrent des relevés journaliers et mensuels complets. L'analyse de la probabilité de la pluviométrie a été effectuée en utilisant la méthode de Weibull qui se présente comme suit (Sharma et Dubey, 2013):

$$P = \left[\frac{m}{(n + 1)} \right] \times 100$$

Où: P est la probabilité exprimée en %, « m » est le rang dans la série et « n » le nombre d'années observées.

Le choix des cultures les plus adaptées ainsi que leurs dates de semis appropriées ont été basées sur la probabilité au dépassement des pluies annuelles, mensuelles et journalières. La probabilité des pluies journalières est fort intéressante à connaître dans la mesure où ces précipitations sont à la base d'un processus de ruissellement déterminant principal de la mise en culture de la retenue où sont recueillies les eaux ruisselées. Quoique le ruissellement soit le produit à la fois du volume et de l'intensité de l'événement pluvieux, nous avons supposé, faute d'indisponibilité de données sur l'intensité, que toute pluie journalière supérieure ou égale à 10 mm est susceptible de déclencher un ruissellement. Les mesures effectuées par Nasri (2002) dans la région de Bouhedma sur le bilan hydrologique des tabias sur une période de 5 ans (1998-2002), le confirment. L'auteur révèle que les pluies journalières de 14-15 mm permettent d'engendrer un ruissellement important égal à 6-10 fois le volume enregistré, selon l'intensité de la pluie.

2.3. Outil d'évaluation économique

L'évaluation économique consiste à comparer les coûts investis dans les tabias avec les bénéfices attendus.

Du moment que les bénéfices et les coûts se produisent à des intervalles de temps différées, l'évaluation est basée sur la valeur actualisée nette (VAN) qui est la somme actualisée de tous les bénéfices et les coûts relatifs à l'ouvrage « tabia ».

Trois critères ont été utilisés pour évaluer la rentabilité économique de l'investissement dans les tabias : la VAN, le délai de récupération du capital investi et le rapport Bénéfices/Coûts. La formulation de la VAN est la suivante :

$$VAN = \sum_{t=1}^{15} \frac{Rt}{(1+i)^t} - \left[\left(\sum_{t=1}^{15} \frac{It}{(1+i)^t} + \sum_{t=1}^{15} \frac{CEt}{(1+i)^t} \right) + \left(\sum_{t=1}^{15} \frac{RSPt}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^{15} \frac{CESPt}{(1+i)^t} \right) \right]$$

Avec :

- R_t : recettes provenant du projet « tabia » au cours de l'année « t » ; « t » représente l'horizon de planification, il dépend largement de la durée de vie des Tabias. Dans le cadre de ce travail, il a été pris égal à 15 ans ; après quoi nous avons supposé que ces petites structures hydrauliques devraient être reconstruites ou nécessitent des grands travaux de réhabilitation.

- I_t : Investissement dans la tabia durant l'année « t » ;

- r : représente le taux d'actualisation utilisé pour déterminer la valeur actuelle des flux des coûts et des bénéfices dans le futur. La valeur de ce taux fait un débat entre les économistes. Dans le cadre de ce travail, nous avons pris un taux d'actualisation égal à 6% et qui est considéré comme le coût d'opportunité du capital en Tunisie.

- CE_t : Charges d'exploitation (ou fonctionnement) du projet pendant l'année « t ». Elles incluent tous les coûts relatifs à la maintenance périodique des tabias et à la conduite des cultures pratiquées : labour, semences, produit de traitement, main d'œuvre d'entretien, main d'œuvre de récolte, transport etc.

- RSP_t : Recettes dégagées pendant l'année « t » par la parcelle sur laquelle a été installé la tabia : situation « sans le projet » ;

- $CESP_t$: Coût d'exploitation dans la situation « sans le projet » durant l'année « t ».

Si la parcelle ne portait pas de cultures avant l'investissement en tabia, alors les charges d'exploitations ($CESP_t$) et les recettes (RSP_t) deviennent dans ce cas égales à zéro. Les données nécessaires à l'évaluation ont été collectées auprès d'un échantillon de 26 agriculteurs de la région. Ces données se réfèrent aux coûts d'investissements et de maintenance des tabias ainsi qu'aux facteurs de production utilisés et leurs coûts respectifs. Ils se réfèrent aussi aux rendements obtenus et aux de vente des produits sur le marché.

3. Résultats et Discussion

3.1. Analyse des données pluviométrique

3.1.1. Pluies annuelles et mensuelles

L'examen des relevés disponibles donne une pluviométrie moyenne de 153 mm avec toutefois une variabilité inter-annuelle très forte exprimée par un écart type de 59.8 mm et un coefficient de variance de 65%. Le minimum de la pluie annuelle enregistrée a été de 26 mm observé au cours de l'année 2012-2013 ; soit 6 fois inférieure à la moyenne. Le maximum a été observé au cours de l'année 1995/1996, où la pluviométrie enregistrée a été de 328 mm ; soit plus que deux fois la moyenne annuelle. Cette forte variabilité indique que la pratique de l'agriculture pluviale sans apport de complément d'eau demeure toujours une opération risquée dans la région.

La figure 1 montre le nombre moyen de jours de pluie à l'échelle de l'année. Cette figure montre que le nombre total de jours de pluie supérieur ou égal à 1 mm n'est que de 15 jours par an. Ce qui signifie que dans la région de Bouhedma il y a 350 jours sans pluie, donnant ainsi un indicateur sur la forte aridité du climat. Le nombre de jours où la pluie journalière est supérieure à 10 mm est beaucoup plus faible ; soit 5 jours par an. Celui où la pluviométrie journalière est supérieure ou égale à 20 mm n'est que 2 jours par an. Ces deux types de pluviométries journalières (10 mm et 20 mm) sont d'une importance majeure pour la mise en culture des tabias puisqu'il est supposé qu'elles sont susceptibles d'engendrer un ruissellement.

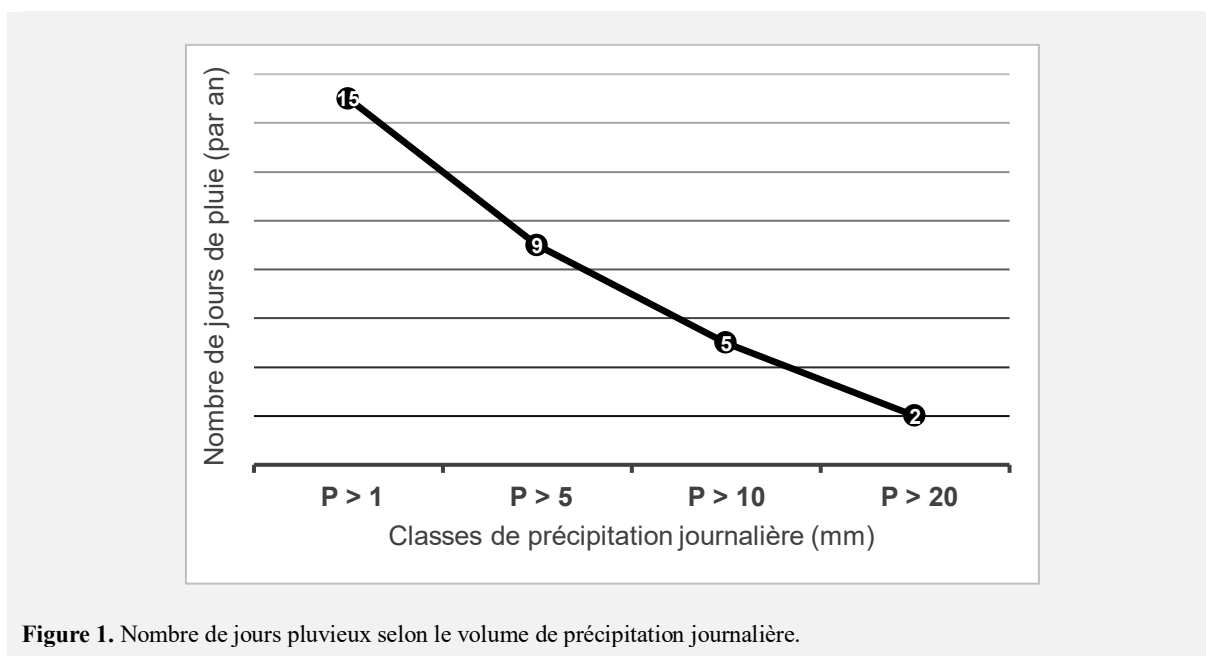


Figure 1. Nombre de jours pluvieux selon le volume de précipitation journalière.

Cependant pour la mise en culture des tabias, la connaissance de la simple moyenne pluviométrique ne suffit pas : faut-il aussi connaître la distribution mensuelle de la pluie et le nombre de jours de pluie susceptible d'engendrer un ruissellement ainsi que leurs probabilités d'occurrence. La Figure 2 montre la répartition mensuelle des précipitations. Elle fait apparaître que les mois les plus pluvieux sont Septembre, Octobre, Décembre et à un degré moindre Mars.

Le maximum enregistré est au cours du mois d'octobre avec 28 mm suivi par les mois de Décembre et Septembre avec respectivement 23 et 21 mm. D'une façon générale, plus de 50% de la pluviométrie annuelle enregistrée se concentre dans la saison de l'automne et au début de l'hiver ; c'est-à-dire dans la période allant du mois de Septembre au mois de Décembre et plus de 80% entre Septembre et Mars.

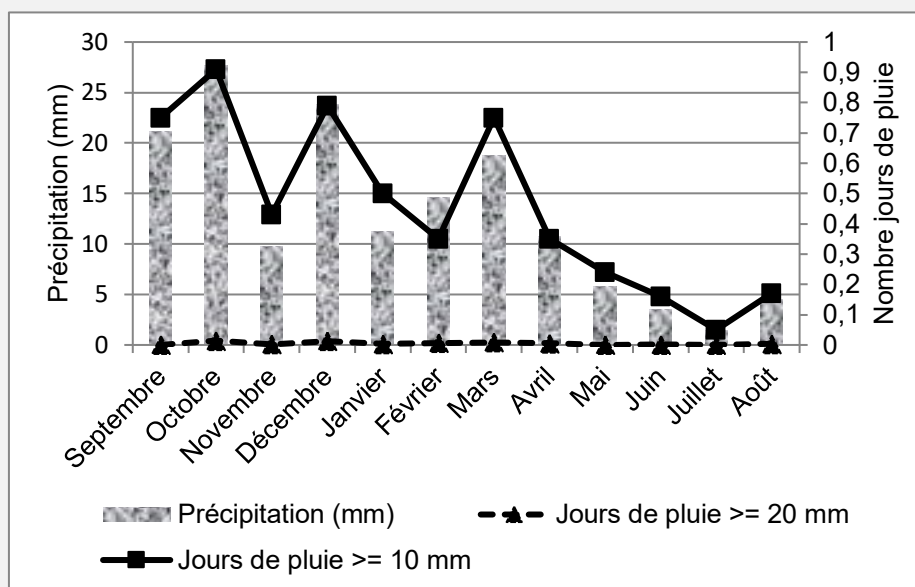


Figure 2. Pluie moyenne mensuelle et nombre de jours de pluie supérieurs à 10 et 20 mm.

Les jours pluvieux suivent la même tendance que la moyenne de la pluie mensuelle. Se basant sur la série pluviométrique étudiée, il a été observé qu'environ 68% des jours pluvieux où la pluviométrie journalière est supérieure à 10 mm se produisent durant la période allant du mois de Septembre au mois de Février. Les jours où la pluviométrie journalière est supérieure ou égale à 20 mm se concentrent aussi durant cette période à raison de 58%.

La concentration des pluies durant la saison de l'automne et le début de l'hiver nous renseigne sur le type des cultures à pratiquer dans la région. Celles-ci doivent avoir un cycle de développement relativement court qui coïncide avec la période pluvieuse ; c'est à dire un cycle qui débute au mois de Septembre/Octobre et se termine au mois de Mars. Celles dont le cycle de développement d'étend au delà de ce mois restent toujours risquées. La concentration des pluies nous renseigne également sur la période la plus adéquate pour l'entreprise des ouvrages « Tabia ». Celle-ci devrait être de préférence durant les mois de l'été pour pouvoir profiter des pluies de l'automne.

Dans les régions arides la connaissance de la moyenne pluviométrique et le nombre de jours de pluie est nécessaire mais reste insuffisante. Compte tenu du caractère aléatoire de la pluviométrie, l'agriculteur doit baser sa décision, en matière de choix des cultures et des dates de semis, sur la probabilité des événements pluvieux plutôt que sur la moyenne qui ne donne qu'une indication générale.

3.1.2. Probabilité au dépassement des précipitations annuelles et mensuelles

La probabilité au dépassement représente la probabilité pour qu'un seuil donné de pluviométrie soit dépassé (Raes, 2014). Cette information est d'une importance majeure pour le choix des cultures parce qu'elle nous indique la probabilité pour que le besoin en eau d'une culture donnée soit atteint.

La Figure 3 présente la distribution fréquentielle de la pluviométrie. Elle montre que plus le niveau pluviométrique augmente plus la probabilité de dépasser ce niveau diminue.

A titre d'exemple, il y a 50% de chance de recevoir une pluie annuelle supérieure à 118 mm ; par contre il n'y a qu'une probabilité de 4% de recevoir une pluie dépassant 328 mm par an. La probabilité de dépasser un niveau de 150 mm est d'environ 35%. Si l'on sache que la pluviométrie moyenne est de 153 mm ; cela signifie que 65% de la pluviométrie enregistrée dans la zone se situe en dessous de la moyenne. En d'autres termes, sur trois années, il y a toujours une probabilité d'avoir deux années déficitaires et une seule année où la moyenne annuelle est atteinte ou dépassée. Cette information est d'une importance majeure pour la décision de l'investissement en « tabia » et pour le choix des cultures. Elle constitue aussi un outil d'aide à la décision pour le « timing » de l'exécution pratique de ces

ouvrages. Selon cette analyse fréquentielle, il serait dans l'intérêt de l'agriculteur devrait alors investir à la fin de deux années déficitaires tout en espérant que la troisième année qui suit serait une année pluvieuse. Ceci lui permettrait d'éviter de sacrifier des dépenses immédiates dont les bénéfices ne se produiraient qu'après 3 ans, ce qui augmente le délai de récupération du capital investi.

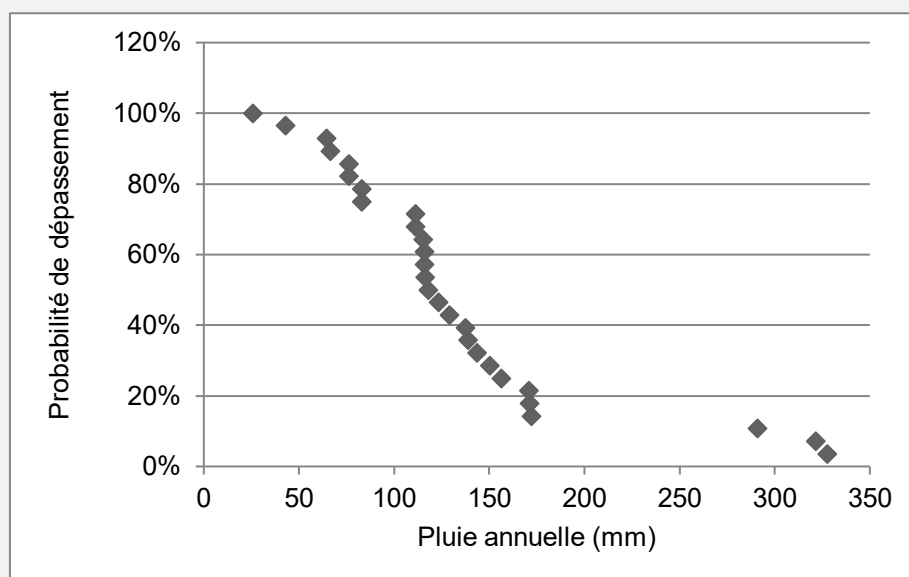


Figure 3 : Probabilité de distribution de la pluie annuelle.

Le Tableau 1 résume la probabilité de recevoir une pluviométrie mensuelle supérieure ou égale à un seuil pluviométrique donné. Les seuils considérés sont 10, 20, 30, 40 et 50 mm.

Ce tableau montre qu'il y a une probabilité de plus de 50%, soit une année sur deux, de recevoir une pluie mensuelle supérieure ou égale à 10 mm pour tous les mois, excepté le mois de Novembre où celle-ci n'est que de 32% ; soit une année sur trois. La probabilité la plus élevée est observée au cours du mois d'Octobre où elle est de 65% ; soit deux années sur trois.

Tableau 1. Probabilité de dépassement de pluies mensuelles supérieures à 10, 20, 30, 40 et 50 mm.

Mois	Pluie mensuelle (mm)				
	10	20	30	40	50
Septembre	50	39	27	16	5
Octobre	65	35	24	15	13
Novembre	32	19	13	4	2
Décembre	56	42	29	19	10
Janvier	55	23	7	5	0
Février	52	33	20	9	5
Mars	55	45	30	14	5

La probabilité de recevoir une pluviométrie mensuelle supérieure ou égale à 20 mm est visiblement moins inférieure que celle de recevoir une moyenne de 10 mm. Elle varie de 35% à 42% de Septembre à Décembre ; soit en général une année sur trois, excepté pour le mois de Novembre où elle est de 19% seulement ; soit une année sur 5.

Probabilité d'occurrence des jours pluvieux supérieurs ou égaux à 10 mm

Le nombre des jours pluvieux indique la distribution de la pluie à travers le temps. La connaissance de la probabilité d'occurrence des jours pluvieux, et notamment les jours de pluies qui peuvent engendrer un ruissellement, est d'une importance particulière dans le cas de la valorisation des ouvrages « tabias ». La figure 4 montre la probabilité au dépassement du nombre de jours pluvieux où la pluviométrie journalière est égale ou supérieure à 10 mm. Elle a été calculée pour la période pluvieuse (Septembre-Mars) et se rapporte à la probabilité de recevoir 1 jour, 2 jours et 3 jours de pluie par mois. La probabilité

d'occurrence du nombre de jours pluvieux supérieurs ou égaux à 10 mm, varie d'un mois à l'autre mais suit de près la moyenne.

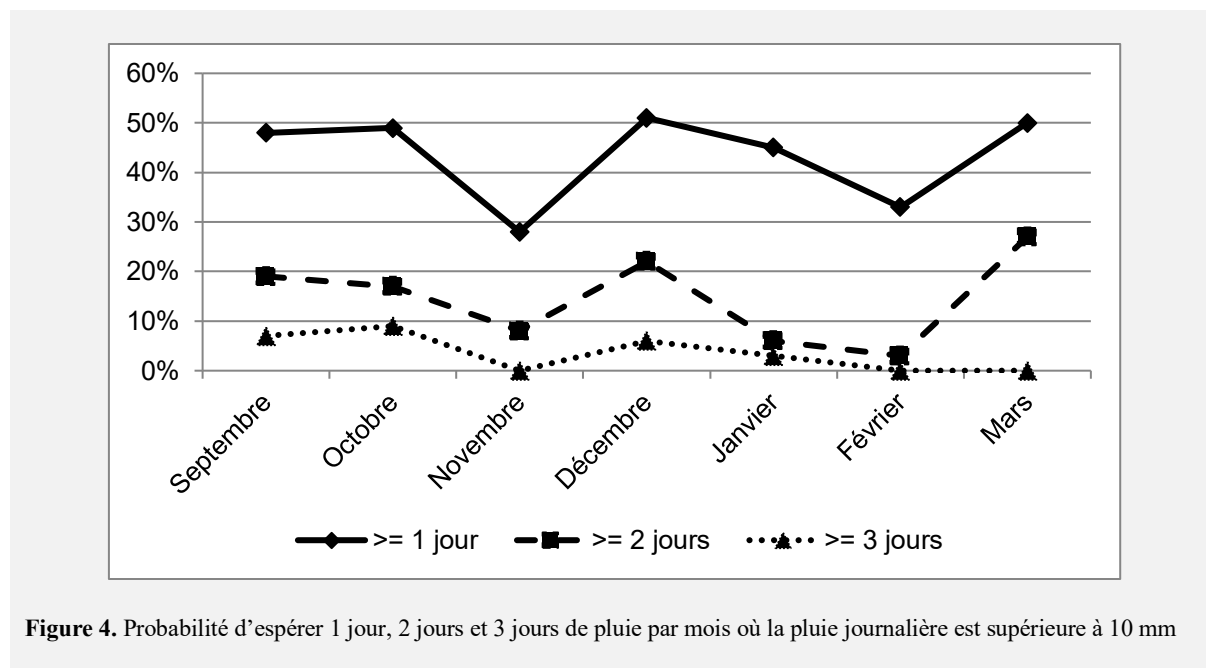


Figure 4. Probabilité d'espérer 1 jour, 2 jours et 3 jours de pluie par mois où la pluie journalière est supérieure à 10 mm

La probabilité de recevoir une pluie supérieure ou égale à 10 mm est environ 50% pour les mois de Septembre, Octobre, Décembre et Mars. Celle la plus faible est observée au cours du mois de Novembre et Février, avec respectivement 28% et 33%. Recevoir deux journées de pluviométrie supérieure ou égale à 10 mm par jour, a une probabilité faible de l'ordre de 20% pour les mois de Septembre, Décembre et Mars et plus faible (inférieure à 10%) pour les mois de Novembre, Janvier et Février. La probabilité de recevoir 3 journées de pluie, chacune supérieure à 10 mm, est très faible pour l'ensemble des mois : elle varie de 5% au mois de Mars à 7% au mois d'octobre.

3.2. Implications pour le choix des cultures

L'information sur la quantité et la variabilité des précipitations est d'une importance majeure pour la décision d'investissement en « tabia » et la mise en culture conséquente.

Compte tenu du comportement stochastique des précipitations dans la région, les cultures à pratiquer devraient être soigneusement sélectionnées car le succès de l'agriculture pluviale dépend fortement des précipitations. Les analyses qui viennent d'être présentées montrent que la probabilité d'atteindre ou de dépasser la moyenne pluviométrique mensuelle est la plus élevée pour les mois allant de Septembre à Mars. La probabilité de recevoir des pluies journalières supérieures ou égales à 10 mm et 20 mm et susceptibles d'engendrer un ruissellement, est également la plus élevée pour les mois de Septembre, Octobre et Décembre. Dès lors, les cultures les plus indiquées pour la région seraient celles dont leurs cycles de développement coïncident avec cette période. Il s'agit des cultures du petit pois, de la fève, de la lentille et probablement l'orge s'il est semé tôt au début de l'automne.

Les cultures dont le cycle de développement est long et d'étend au-delà du mois de Mars, telles que le blé demeure très risquées, car leurs besoins maximums en eau coïncident avec une période non favorable au développement des cultures (Avril-Mai). La culture de la pastèque semble aussi être risquée sauf exception. Pour la pratiquer, l'agriculteur devrait compter beaucoup plus sur les réserves hydriques du sol plutôt que sur les précipitations et les ruissellements des mois d'Avril et de Mai.

Pour ce fait, il devrait labourer la superficie cultivée du Tabia durant les mois qui précèdent le semis (décembre, janvier) avec des outils à socs afin de stocker le maximum d'eau dans le sol et d'augmenter les chances d'un démarrage convenable de la culture.

Les cultures qui paraissent les adaptées (petit-pois, fève, lentille, orge) devraient être, toutefois, semées tôt au début de la saison de l'automne, de préférence au mois d'octobre. En effet, quoique pluvieux, un semis au mois de Septembre est à ne pas conseiller car il survient juste après une période sèche de trois

mois (juin, juillet, août) pouvant amener à néant l'humidité du sol. Signalons à cet égard que la probabilité d'avoir une pluviométrie mensuelle supérieure à 10 mm est de 7% pour le mois de Juillet et 16% pour le mois d'Août ; c'est-à-dire qu'elle n'est observée qu'une fois tous les 14 ans et les 7 ans, respectivement. A ceci, il faut ajouter que l'évaporation est encore élevée au mois de Septembre : elle est de 182 mm (Ghorbel, 1991).

Il serait alors dans l'intérêt des agriculteurs de labourer avec des charrues à socs la superficie cultivée de la Tabia pendant l'été afin d'emmagasiner les eaux de pluie du mois de Septembre et de semer au mois d'Octobre.

3.3. Evaluation de la rentabilité économique

3.3.1. Coût de construction

Le coût de construction d'une « tabia » qui a une superficie cultivée de 3000-3500 m² varie entre 750 et 850 DT selon la topographie du terrain. Ainsi pour pouvoir aménager un hectare par des Tabias, il faut investir une somme de 2400 DT environ ; ce qui paraît particulièrement élevé par rapport au statut socio-économique des agriculteurs de la région. La composante majeure du coût vient du terrassement qui représente à lui seul près de 70% du coût. Les frais de construction du seuil, en comptabilisant la main d'œuvre et les matériaux nécessaires, représentent 30%. Les travaux de maintenance se produisent tous les 3-4 ans et ils s'élèvent généralement à 120-160 DT.

3.3.2. Indicateurs de rentabilité économique

Les résultats de l'analyse Bénéfice-Coût (B/C) sont présentés dans le tableau 2. Ce tableau montre que la valeur actualisée nette (VAN) est positive pour les trois alternatives de mise en culture des tabias. Ceci signifie que la valeur actualisée des bénéfices excède les coûts actualisés. La Tabia 1 cultivée en petit-pois en intercalaire avec de jeunes oliviers présente la valeur actualisée nette la plus élevée. La Tabia 3 cultivée uniquement par des oliviers adultes représente la VAN la plus faible.

Tableau 2. Valeur actualisée nette et rapport coût/bénéfice des 3 alternatives de mise en valeur des tabias.

Type de Tabia	Cultures pratiquées	VAN	Ratio B/C
Tabia 1	Petit-pois	7991	1.35
Tabia 2	Petit-pois en intercalaire avec jeune oliviers	13000	1.62
Tabia 3	Oliviers adultes	5412	1.2

Le rapport Bénéfice/Coût est également supérieur à 1 pour l'ensemble des alternatives de mise en culture. La théorie économique nous enseigne qu'un investissement est considéré rentable si le rapport B/C est supérieur à 1, ce qui signifie que le projet a pu récupérer tous les coûts d'investissement et de fonctionnement et de dégager des bénéfices. Ces résultats indiquent que l'investissement en Tabias est rentable à long terme pour les trois alternatives de mise en culture envisagées dans cette étude.

L'autre indicateur économique important dans l'évaluation des projets est le délai de récupération du capital. C'est le temps nécessaire pour que les bénéfices nets équilibrent les coûts d'investissement et de fonctionnement. Cet indicateur requiert une importance particulière dans le contexte où les contraintes de financement sont dominantes, ce qui est exactement le cas des agriculteurs de la région d'étude. Dans ce cas, l'agriculteur a besoin d'une récupération rapide du capital investi.

Pour déterminer le délai de récupération du capital, deux scénarios ont été envisagés :

- Le scénario 1 correspond à la situation où l'année de l'investissement en Tabia coïncide avec une année pluvieuse ;
- Le scénario 2 correspond à la situation où l'investissement coïncide avec une année sèche.

Le tableau 3 présente les résultats de l'analyse. Il apparaît clair d'après ce tableau que le capital investi serait récupéré déjà au cours de la première année ou au maximum au cours de la 2^{ème} année, si l'investissement coïncide avec une année pluvieuse.

Tableau 3 : Délai de récupération du capital investi pour les trois tabias selon deux scénarios.

Indicateurs	Scénario 1 année pluvieuse			Scénario 2 année sèche		
	Tabia 1	Tabia 2	Tabia 3	Tabia 1	Tabia 2	Tabia 3
VAN (DT)	7990	13000	5400	6900	10500	4200
Délai de récupération	1 ^{ère} année	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	2-3 années	3 ^{ème} année

Par contre si l'investissement coïncide avec une année sèche, il faudrait attendre généralement 3 années pour récupérer le capital investi, quelque soit l'alternative de mise en culture suivie. Une telle période est considérée par les agriculteurs comme « assez longue » compte tenu des faibles revenus qu'ils dégagent. Pour cela, l'année de l'investissement doit être bien étudiée.

L'analyse fréquentielle a montré que la probabilité de recevoir une pluviométrie annuelle qui excède la moyenne (153 mm) est de 35%, c'est-à-dire qu'il y a une année sur trois où cette moyenne peut être dépassée. L'agriculteur devrait alors investir à la fin de deux années déficitaires tout en espérant que la troisième année qui suit serait une année pluvieuse. L'investissement devrait être réalisé de préférence durant la période estivale pour pouvoir profiter des pluies de l'automne. Notre analyse a montré que la probabilité de recevoir une pluviométrie mensuelle qui dépasse la moyenne est de 50% et 65% respectivement pour les mois de Septembre et Octobre. Egalement la probabilité de recevoir des jours pluvieux supérieurs à 10 mm et également élevé, de l'ordre de 50% pour les mois de Septembre, Octobre et Décembre.

3. Conclusion

Ce travail a montré l'utilité de l'analyse fréquentielle des pluies dans le choix des cultures à pratiquer, les dates de semis les plus favorables et même le moment opportun de la création de ces ouvrages. Son couplage avec une approche d'analyse économique, permet à l'agriculteur de décider de l'opportunité économique de l'investissement en Tabia dans les zones arides. Dans la région de Bouhedma, l'analyse de probabilité des données pluviométriques a montré que les mois les plus pluvieux sont Septembre, Octobre et Décembre et à un degré moindre Mars.

L'analyse coût-bénéfice effectuée sur un horizon de planification de 15 ans a montré que l'investissement en Tabia dans un objectif de production agricole est économiquement profitable à long terme puisque les trois critères de la rentabilité ont été satisfaits : une VAN positive et élevée, un ratio bénéfice/coût supérieur à 1 et un délai de récupération du capital investi court, ne dépassant pas 3 ans même sous le scénario pluviométrique le plus défavorable. Toutefois, l'extension de ces ouvrages pourrait être contrainte par le niveau d'investissement initial qui s'élève à 750-850 DT/ Tabia. Ce coût est considéré élevé par rapport aux conditions socio-économiques des agriculteurs de la région.

Du moment qu'il est du rôle de l'Etat de protéger l'environnement et de veiller au maintien du bien être social, ce travail suggère l'intervention des pouvoirs publics pour soutenir la population locale dans la réalisation des ouvrages « Tabias » qui ont prouvé, d'après nos résultats empiriques, qu'ils permettent d'atteindre à la fois l'objectif environnemental, représenté par la réduction de l'érosion, et l'objectif économique, représenté par la valorisation des eaux pluviales et l'augmentation de la productivité de l'agriculture pluviale qui sont de nature à améliorer et stabiliser le revenu des agriculteurs dans ces milieux difficiles.

4. Références

- Abdullah MA, AL Mazoui MA (1998).** Climatological study of the south-western region of Saudi Arabia. I. Rainfall analysis. *Clim. Res.* **9** 213-223.
- El Amami S (1984).** Les ouvrages hydrauliques traditionnels en Tunisie. CRGR, Ministère de l'Agriculture, Tunisie, 69 p.
- Elloumi M, Hamrouni A (1996).** Analyse des données d'une enquête sur le groupe cible. CRDA Sidi-Bouزيد, projet DASPI, Ministère de l'agriculture, Tunis, 26 p.
- Darghouth S, Ward C, Gambarelli G, Styger E, Roux J (2008).** Watershed Management Approaches, Policies, and Operations: Lessons for Scaling Up. Water Sector Board Discussion Paper Series Paper N°11, The World Bank, Washington, DC, 164 p.

- Deng X P, Shan L, Zhang H P, Turner N C (2004).** Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China. In: Proceedings of the Fourth International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.
- Ghorbel A (1191).** Guide pratique de calculs hydrologiques. DG/RE, Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques, Tunisie, 32 p.
- Khelifa A, Viertmann W, Waibel T (1993).** Les tabias, Projet GTZ-Ministère de l'Agriculture (DG/F), Imprimerie Arabe et Tunisie, 192 p.
- Lazaro R, Rodrigo F S, Gutierrez L, Domingo F, Puigdefa J (2001).** Analysis of a 30-year rainfall record (1967-1997) in semi-arid SE Spain for implications on vegetation. *J. Arid Environ.* **48** 373-395.
- Li X Y, Shi P J, Sun Y L, Tang J, Yang Z P (2006).** Influence of various in-situ rainwater harvesting methods on soil moisture and growth of *Tamarix ramosissima* in the semiarid loess region of China. *For. Ecol. Manage.* **23** (1) 143-148.
- Li FM, Wang J, Zhao S L (1999).** The rainwater harvesting technology approach for dryland agriculture in semi-arid Loess plateau of China. *Acta. Ecol. Sin.* **19** (2), 259-264.
- Nasri, S.** 2002. Hydrological Effects of Water Harvesting Techniques: A study of Tabias, Soil Contour Ridges and Hills reservoirs in Tunisia. Doctorat de Lund Institute Technology, Lund University, Sweden: 104 p.
- Singh A K, Singh Y P, Mishra V K, Arora S, Verma C L, Verma N, Verma H M and Srivastava A (2016).** Probability analysis of rainfall at Shivri for crop planning. *Journal of Soil and Water Conservation* **15**(4): 306-312, October-December 2016.
- Sharma K K and Dubey S K (2013).** Probability analysis of rainfall for planning water harvesting and irrigation in semi arid region of Uttar Pradesh. *Ind. Jour. Of soil conservation*, Vol 41(1), 14-19.
- Wang X L, Li F M, Jia Y, Shi W Q (2005).** Increasing potato yields with additional water and increased soil temperature. *Agric. Water Manage.* **78**, 181-194.
- Tilahun K (2006).** The characterization of rainfall in the arid and semi-arid regions of Ethiopia. *Water SA* **32** 429-436.
- Raes D (2014).** Frequency analysis of rainfall data. Department of Earth and Environmental Sciences, Catholic University of Leuven, Belgium, 44 p.