

Aridoculture

3^{ème} volet d'un triptyque dédié à l'agriculture en conditions de sécheresse, hors irrigation

Les techniques mises en œuvre en aridoculture

Jean Albergel, IRD

Contraintes à l'agriculture pluviale en zone aride

► Contraintes

1. Faible disponibilité de l'eau pour les plantes
2. Sols pauvres (couverture végétale & activité biologique faibles)
3. Erosion forte et dégradation



► Temps

Réduire le temps de culture et accumuler l'eau et la matière organique dans le sol et les conserver par le travail du sol.

Dry farming

► Espace

Utiliser une partie de l'espace pour récolter l'eau de pluie et les éléments nutritifs et les concentrer sur l'espace cultivé.

Rain water harvesting

Dry farming: techniques historiques revisitées!

- ▶ Tradition méditerranéenne remontant aux carthaginois (Magon 3^{ème} ou 2^{ème} siècle av. J.-C.)
- ▶ Diffusion par les romains « *Illa seges demum votis respondet avari. Agricolaë, bis quæ solem, bis frigora sensit* » (Géorgiques I. 43-49)
- ▶ Ecrits d'Ibn el Awam de Cordoue au XII^e siècle : cycle du qâlib dans le *Kitâb el Fellâh*
- ▶ Dry Farming aux USA 19^{ème} siècle début du 20^{ème} : Campbell (1885), Hilgard (1896), Widtsoe (1910)...



Production de céréales rémunératrices sans irrigation, dans les régions arides et semi-arides



Emmagasiner dans le sol les pluies tombées pendant l'année de jachère par des labours convenables



Conserver cette humidité dans le sol jusqu'à ce qu'elle soit utilisée par les plantes grâce à des travaux bien compris de la surface du sol

Conditions et impacts du dry farming

- ▶ Objectifs : stocker l'eau et accumuler l'azote des nitrates dans le sol.
 - ▶ Travail du sol : labour avant les pluies pour éviter l'encroustement des sols, labour de après les pluies : faire pénétrer l'humidité et rupture capillarité.
 - ▶ Période de culture : une année sur deux (jachère), de la moisson (juin - juillet) à la plantation en septembre de l'année suivante
 - ▶ Sol assez profond et capacité de rétention d'eau suffisante pour retenir l'eau disponible pendant la période de jachère (~10 cm eau pour 50 cm de terre => 60 cm d'eau pour un sol de 3m)
 - ▶ Développement racinaire suffisant pour utiliser l'eau stockée,
- ▶ Impacts négatifs du dry-farming
 - ▶ Labour intégral qui laisse la surface du sol exposée à l'érosion,
 - ▶ ↗ de l'érosion éolienne sur des sols aux surfaces pulvérisées
 - ▶ => Dust blow
 - ▶ Epuisement des sols et affaiblissement des rendements.



Dust storm in Hooker, Oklahoma, June 4, 1937. Credit: Research Division of the Oklahoma Historical Society

Regain d'intérêt pour l'agriculture sans irrigation

- ▶ Regain d'intérêt pour l'agriculture sans irrigation
 - ▶ Economie d'eau / irrégularité de la ressource / diminution de l'approvisionnement / droits d'irrigation / cout des infrastructures de mobilisation de l'eau et d'irrigation.
 - ▶ Protection contre la salinisation des sols,
 - ▶ réduction des intrants, diminution des rendements compensés par surfaces cultivées,
 - ▶ Réduction de l'enherbement, et effort de travail réduit,
 - ▶ Amélioration des produits dans leurs aspects et leurs goûts
- ▶ Espèces maraichères s'accommodant bien au dry-farming



Dry-farmed Early Girl tomatoes harvested at Gathering Together Farm on August 24, 2016. Photo by Amy Garrett, © Oregon State University



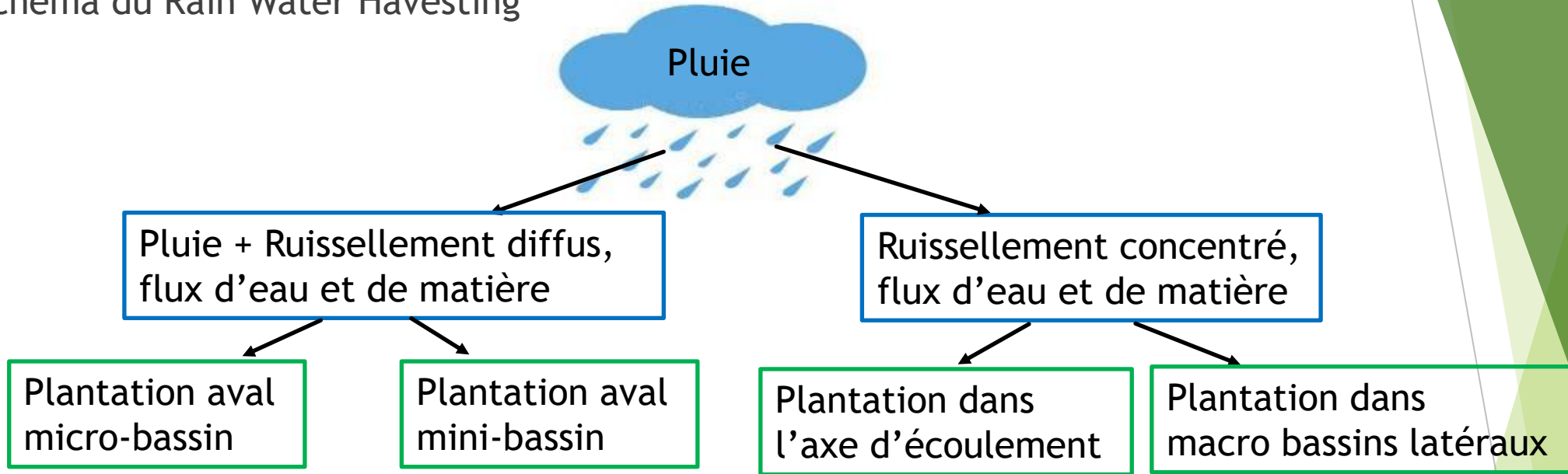
Dry-farmed winter squash at Oregon State University Vegetable Research Farm. Photo by Lynn Ketchum, © Oregon State University.



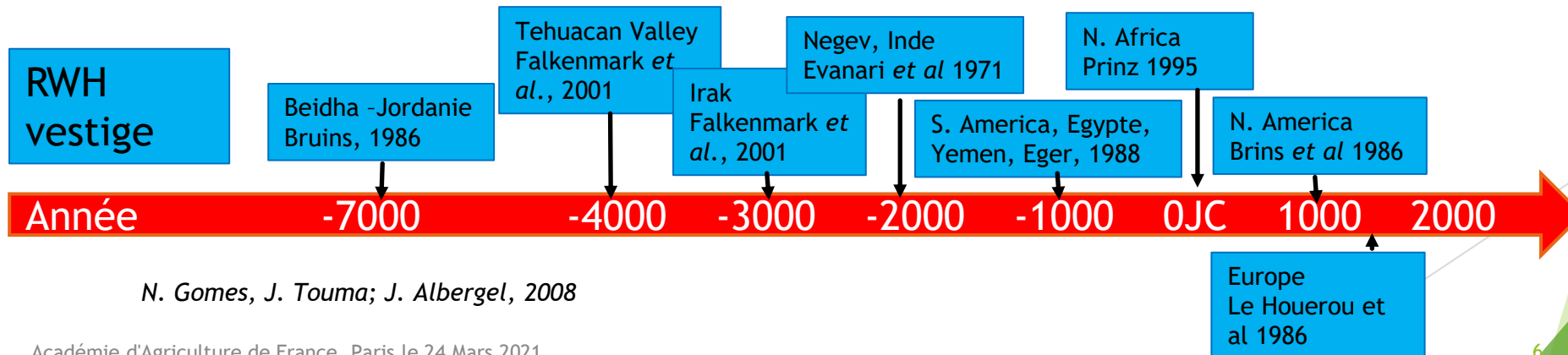
Oliveraies traditionnelles Sfax, Var Chemlali, P 230 mm, 19 arbre/ha
Maëva Maugeais, 2018

Accroître l'apport aux plantes par Rain Water Havesting

► Schéma du Rain Water Havesting



► Vestiges d'anciens systèmes agricoles de collecte des eaux dans de nombreuses régions sèches



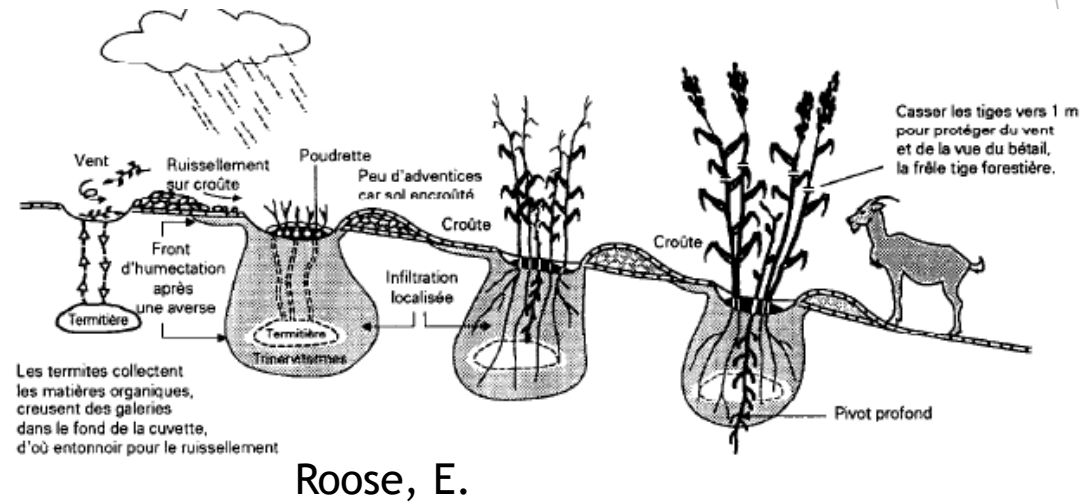
N. Gomes, J. Touma; J. Albergel, 2008

Récolte de la pluie et du ruissellement diffus micro-bassins

1. Récolte de l'eau au champs dans de micro-bassins Pitting: Zai (Burkina Faso), Tassa (Niger, Nigeria, Maroc, Soudan)



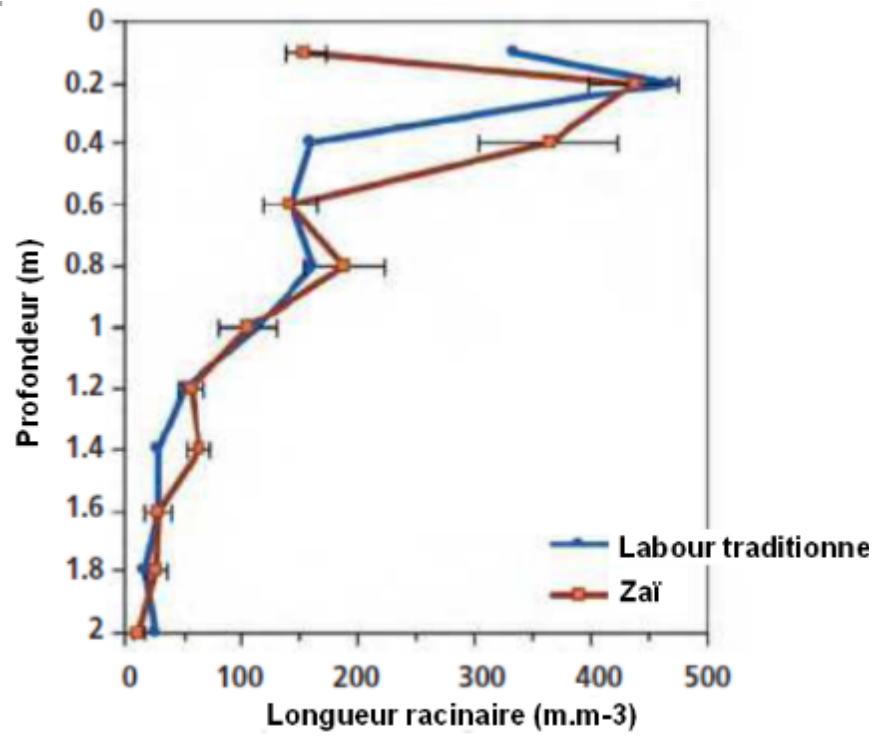
Pierre Sylvie, IRD, 2011



Roose, E.

Décembre - Avril	Avril - Juin	Juin - Juillet	Novembre
<ul style="list-style-type: none"> • Creusement tous les 80 cm O = 40 cm, terre posée en croissant en aval. • L'harmattan apporte des sables et des MO 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 poignées de poudrette (3t/ha) après 1ère pluie • Travail des termites • Semis en poquet • Stockage de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Levée précoce • Enracinement profond • Sarclage limité aux poquets • Concentration de l'eau et des nutriments 	<ul style="list-style-type: none"> • Récolte panicules et fourrage • Coupe des tiges vers 1m, ralentit le vent

Exemple d'amélioration de la distribution racinaire sur le melon d'eau comparaison mode de culture « zaï », labour traditionnel.

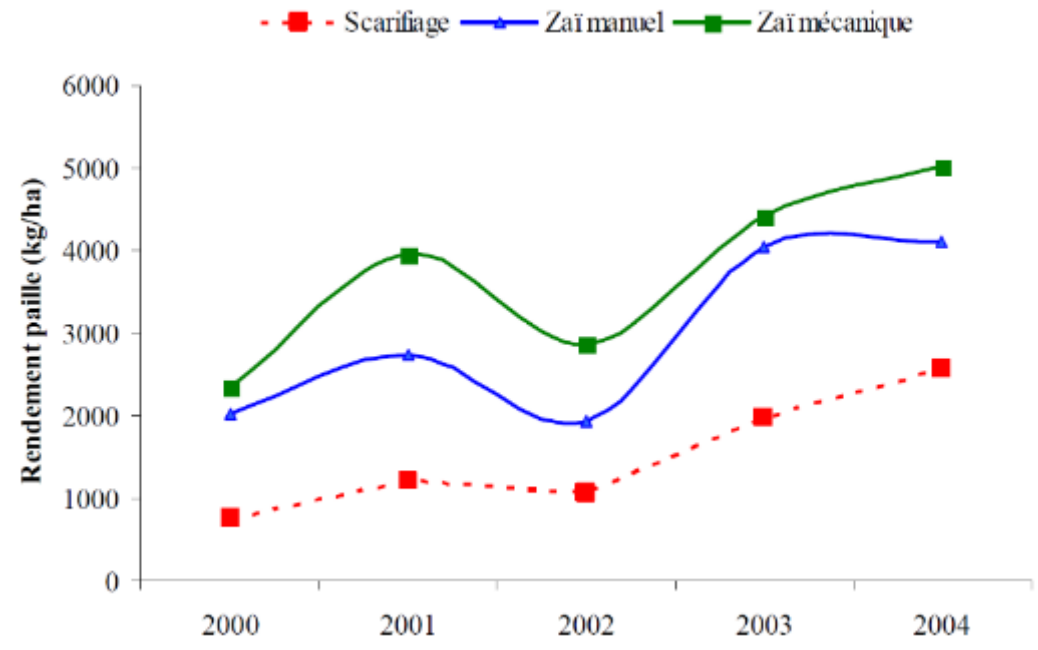


Profil de longueur racinaire de melon d'eau cultivés au Sahel

Pasternak et al,

Académie d'Agriculture de France, Paris le 24 Mars 2021

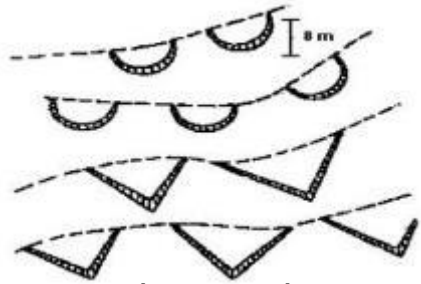
Exemple d'amélioration de la distribution racinaire sur le melon d'eau comparaison mode de culture « zaï », labour traditionnel.



Barro et al,

Récolte de la pluie et du ruissellement diffus micro-bassins

- Récolte de l'eau au champs dans de micro-bassins : demi lunes et bacs triangulaires, BV 24 à 250 m², surface cultivée 5 à 57 m²



Demi lunes et bacs triangulaires Prinz 2002

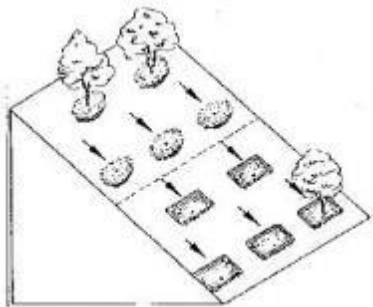


Demi lunes Burkina Faso, A. Barro,

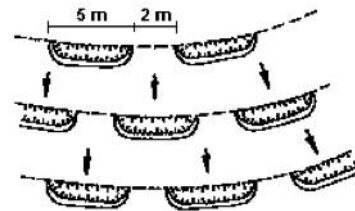


Demi lunes Tunisie, J. Touma, IRD,

- Nombreuses variantes et dispositions des demi lunes et bacs triangulaires suivant la pente et les régions



Eyebrow terraces (Prinz 2002)	
Catchment size in m ² (CA)	5-50
Cropping area (m ²) (CR)	1-5
Catchment ratio cropping (CCR)	3:1-20:1
Slope (SL)	1-50%
Precipitation (PREC)	100-600 mm/an



Vallerani (Prinz 2002)	
Catchment size in m ² (CA)	15
Cropping area (m ²) (CR)	2.4
Catchment ratio cropping (CCR)	6:1
Slope (SL)	20-50%
Precipitation (PREC)	200-600 mm/an

Récolte de la pluie et du ruissellement diffus micro-bassins

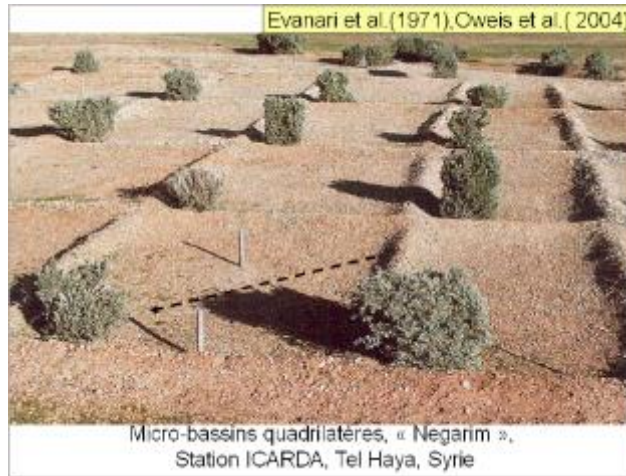
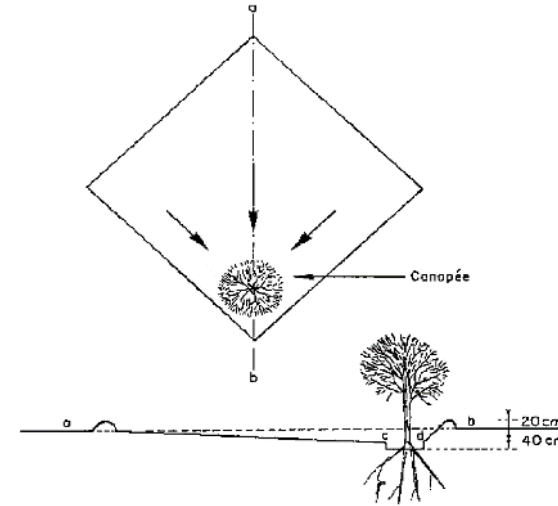
- ▶ Variantes et organisation des micro-bassins : Les Negarim, Israël, Kenya, Tunisie, Inde, Syrie...



Negarim, Evanari *et al*, 1968



MALESU 2007, ICRAF, Kenya

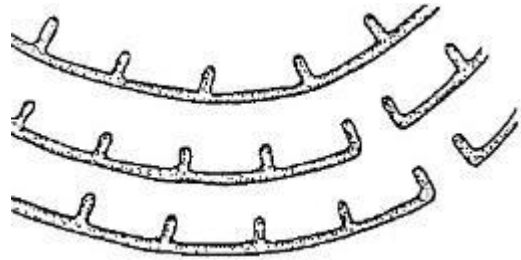


Negarims	
Catchment size in m ² (CA)	3-250
Cropping area (m ²) (CR)	1-10
Catchment ratio cropping (CCR)	3:1-25-1
Slope (SL)	1-20%
Precipitation (PREC)	150-600 mm/a

On y cultive des fourrages, des arbustes, du sorgho, du mil, des pois,...

Récolte de la pluie et du ruissellement diffus micro-bassins

- ▶ Barrières de contour (diguettes, banquettes, levées de séparation)



Banquettes en courbe de niveaux en Tunisie, photo IRD, Lisah

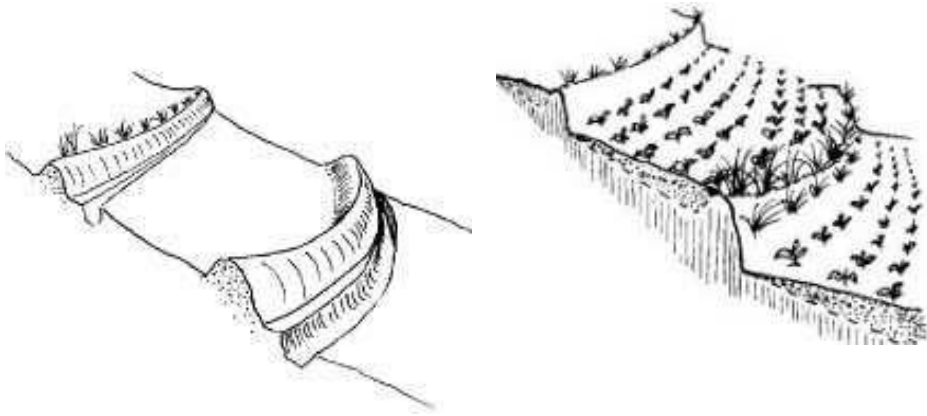
Contour ridges	
Catchment size in m2 (CA)	100
Cropping area (m2) (CR)	20
Catchment ratio cropping (CCR)	5:1
Slope (SL)	2-20%
Precipitation (PREC)	300-600 mm/an



Cordons pierreux Ifdc & Bidc,
Sahel Afrique de l'Ouest

Récolte de la pluie et du ruissellement diffus micro-bassins

- Les « Fanya Juu » en Afrique de l'Est sont des terrasses obtenues à partir de banquettes.



Terraces “*Fanya juu*” evolution pendant 5 ans
(IMWI)

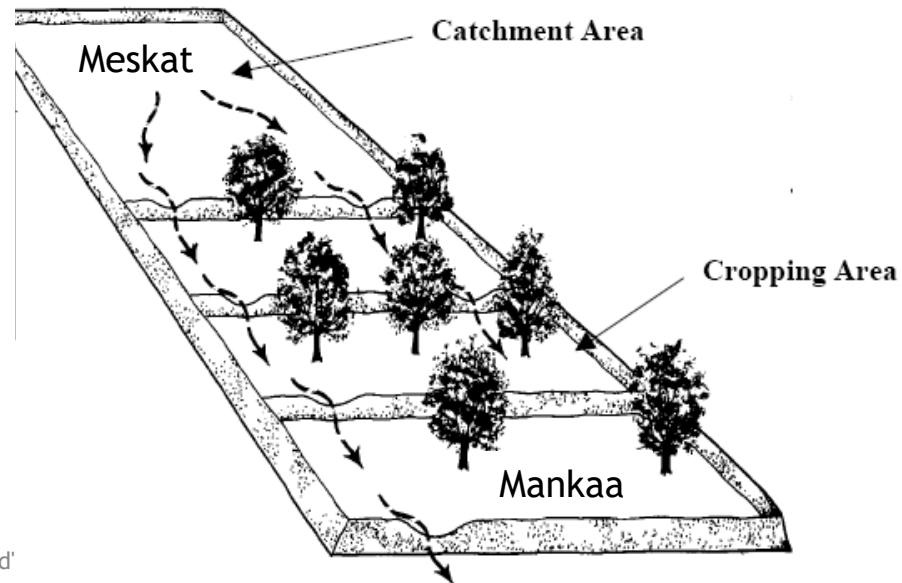
Terraces “ <i>Fanya juu</i> ”	
Catchment size in m ² (CA)	2-16
Cropping area (m ²) (CR)	2-8
Catchment ratio cropping (CCR)	1:1 -8:1
Slope (SL)	20-50%
Precipitation (PREC)	100-600 mm/an



“*Fanya juu*” Kenya Machakos,
P=600 mm

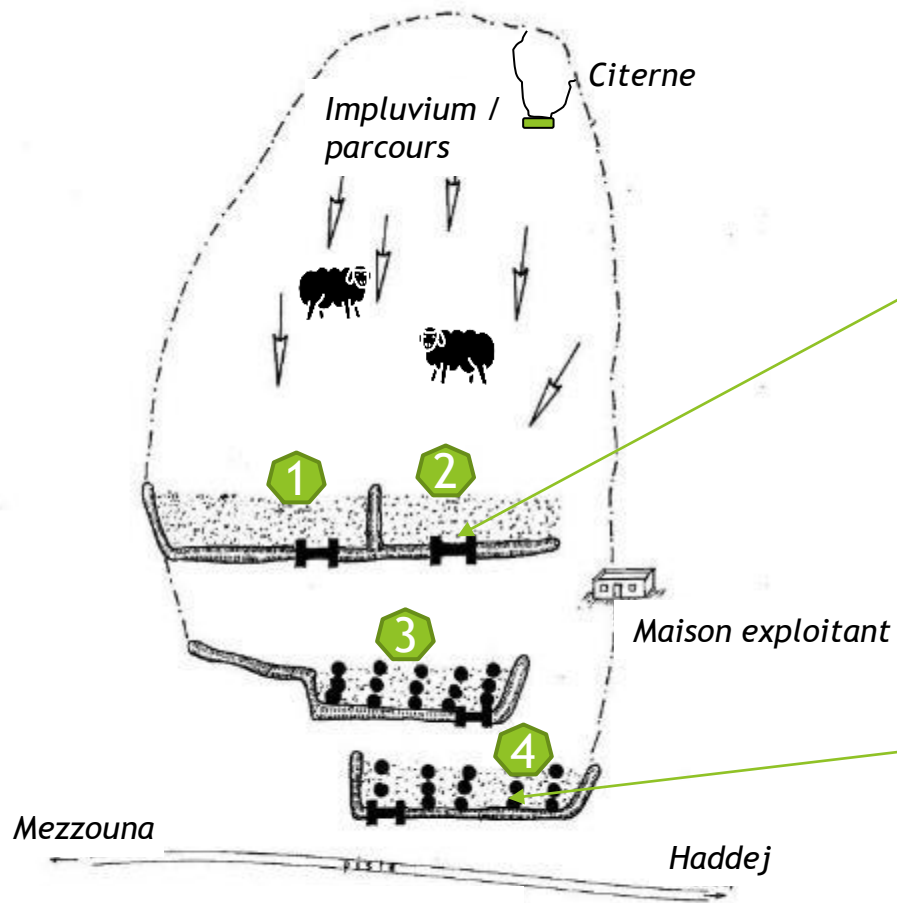
Récolte de la pluie et du ruissellement diffus mini-bassins

- ▶ L'eau et la matière organique arrivent d'un impluvium amont, une zone amont dédiée à la collecte d'eau et une zone aval dédiée aux cultures :
 - ▶ Agriculture Khaki au Turkmenistan
 - ▶ Les Meskat du Sud Tunisien
 - ▶ Les systèmes Tabias



Meskat, Nasri,

Tabia étudiée - IRD - INRGREF (1997-2002)



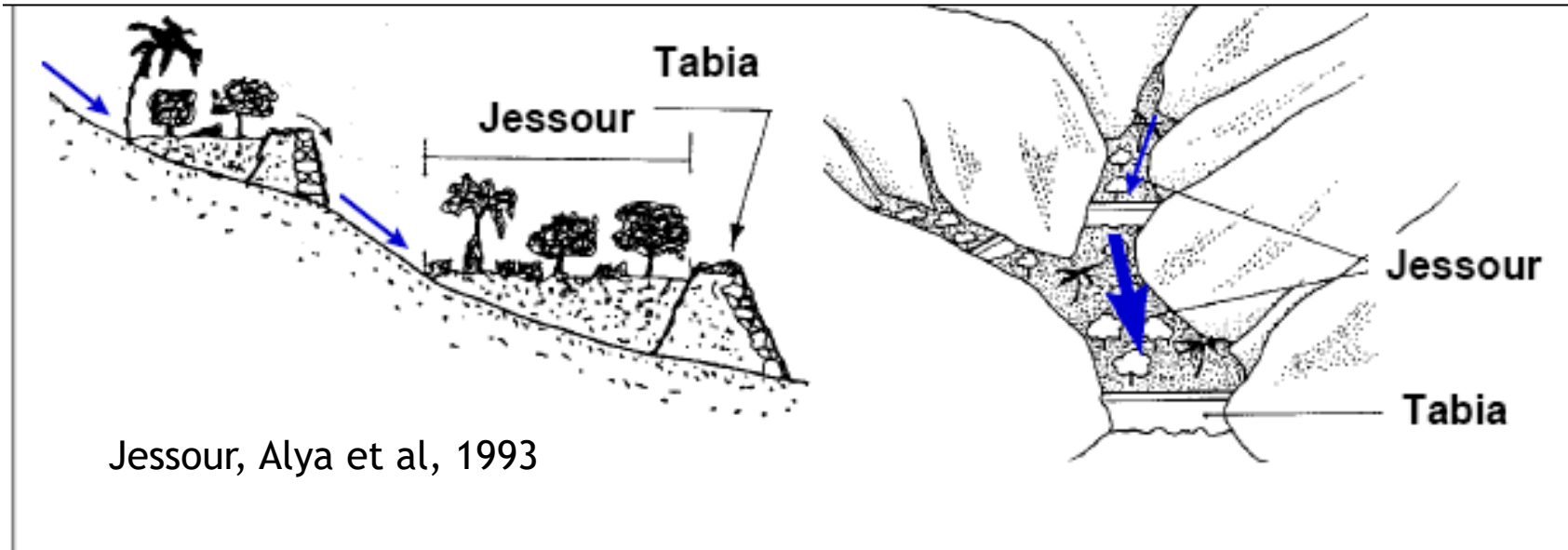
Pluie annuelle = 141 mm
avec 1 pluie > 30mm + 2 pluies (20 à 30mm) + 4 pluies (10 à 20mm) + pluies (< 10mm)

B.V. = 26,4 ha
Impluvium = 25 ha
Zone cultivée = 1,24 ha

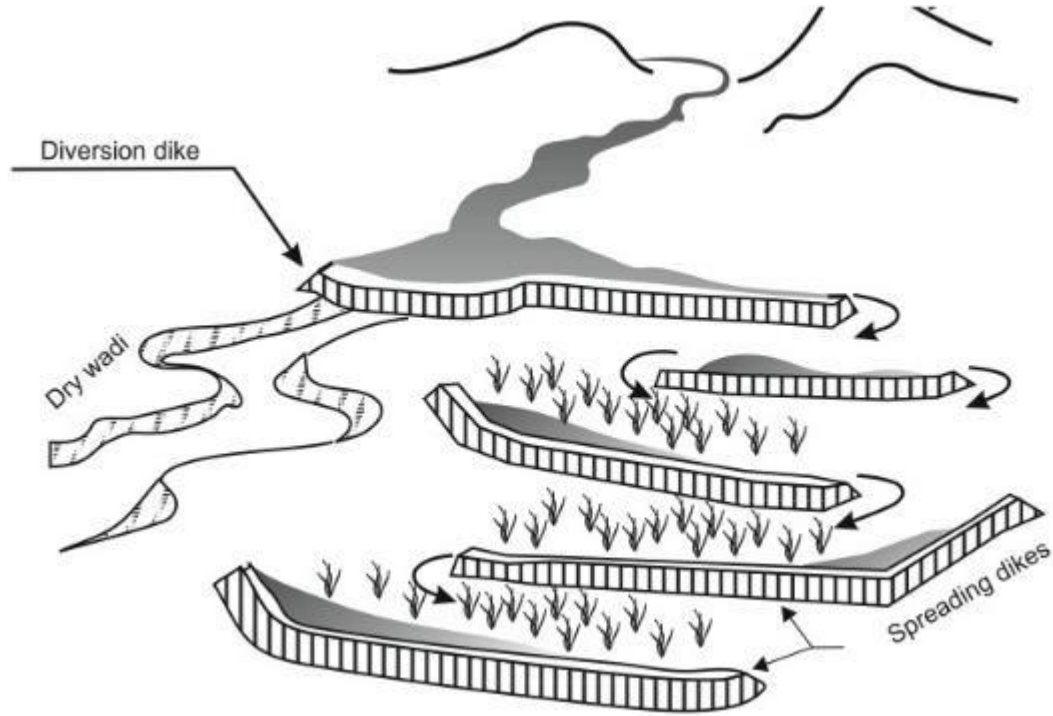
Epandage du ruissellement concentré, water harvesting en Macro-Bassin

- ▶ Epandage dans le lit de l'oued ou dans des bassins latéraux
 - ▶ Entre l'agriculture irriguée ou l'agriculture pluviale : irrigation de crue
 - ▶ Pakistan 14 000 km² soumis à l'irrigation de crue, 3000 km² en Afrique du Nord et 3000 km² dans le reste du monde.
 - ▶ Eau ruisselée stockée dans les sols mais nécessite d'évacuer le surplus d'eau
 - ▶ Faire déborder la crue dans le lit secondaire, faire stagner l'eau et profiter du dépôt de sédiments pour aménager l'oued en terrasses : « Liman terraces » du Negev, « Nabatean terraces » en Jordanie, Jessour en Tunisie
 - ▶ Dévier le flot dans des bassins latéraux : « Mgouds » en Tunisie et « Sailabas » au Pakistan.
 - ▶ Bassin versant km² et + - Zone de ruissellement / zone cultivée > 10 (voire 100)

Oueds aménagés en terrasses : « Liman terraces », « Nabatean terraces », « Jessours »



Epandage latéral, « Mgoud » et « Sailaba »



Sailaba, French and Hussein, 1964

Conclusion

- ▶ L'eau : facteur limitant plus que la disponibilité des terres
- ▶ Performance hydrologique du dry-farming et du water-harvesting
- ▶ Performance agronomique certainement inférieure à l'irrigation mais s'inscrit dans une production agro-écologique
- ▶ Nécessaire pour développer la production mondiale d'aliments
- ▶ Aridoculture : un savoir millénaire à utiliser dans le futurs (nouvelles terres arides) ou appeler à disparaître?
- ▶ Aridoculture : une trajectoire vers le développement durable?



Avec tous mes remerciements

Une science engagée pour un futur durable!

Jean.Albergel@ird.fr

