

# GUIDE TECHNIQUE



## TECHNOLOGIE INNOVANTE DE RESISTANCE DES OLIVIERS A LA SECHERESSE



# GUIDE TECHNIQUE

## TECHNOLOGIE INNOVANTE DE RESISTANCE DES OLIVIERS A LA SECHERESSE

Ce guide est un livrable de la convention entre le Commissariat Régional de Développement Agricole de Sfax et l'Institut de l'Olivier dans le cadre du Projet De Développement Agricole Intégré De Sfax ( Hencha, Bir Ali Ben Khelifa Et Menzel Chaker ) financé par la Banque Islamique de Développement (Financement N°: 2TUN – 0141/0140/0139).

### Equipe d'élaboration

Kamel Gargouri, Professeur IO, Coordinateur du Projet	
Agronomie	Protection phytosanitaire
Olfa Elloumi, Maitre Assistante IO	Ines Kessentini, Maitre Assistante IO
Fathi Ben Amar, Maitre Assistant IO	Yaakoub El Gharbi, Maitre Assistant IO
Sameh Maktouf, Maitre Assistante IO	Amel Chatti, Ingénieur en chef IO
Saida Elfkih, Maitre Assistant IO	Mohamed Ali Triki, Professeur IO
Bechir Ben Rouina, Professeur IO	Mohieddine Ksantini, Professeur IO
Mohamed Ghrab, Professeur IO	

Du Commissariat Régional au Développement Agricole De Sfax  
Fatma Chtourou : Coordinatrice de la convention et cheffe de service  
à l'UGP du PDAI Sfax

## Clé De Lecture Du Guide

Observation	Cause probable	Recommandation
Manque important de pluie		Vérifier l'occurrence de la sécheresse (P10-12)
Croissance chétive	Exigences environnementales non satisfaites (P4-7)	Vérifier l'adéquation exigences – conditions et apporter les correctifs le cas échéant (P4-7 ; P15-16)
	Affection par la sécheresse (P7-10)	Vérifier l'occurrence de la sécheresse (P10-12) Evaluer l'adaptation variétale (P15-16) Appliquer les mesures d'atténuation de la sécheresse (P25-42)
	Affection par des ravageurs ou maladies liés à la sécheresse (P18)	Appliquer les mesures de lutte (P 18-42)
Jaunissement anormal des feuilles	Nutrition minérale non satisfaisante	Appliquer les correctifs nécessaires
	Qualité du sol inadéquate (P4-5)	Vérifier l'adéquation exigences édaphiques et apporter les correctifs le cas échéant (P25-42)
	Affection par les ravageurs ou maladies (P18-24)	Appliquer les mesures de lutte (P18-24)
	Impact de la sécheresse (P4-7)	Vérifier l'occurrence de la sécheresse (P4-12) Appliquer les mesures d'atténuation de la sécheresse (P21-37)
Brunissement des inflorescences ou grappes florales	Impact de la sécheresse (P7-10)	Vérifier l'occurrence de la sécheresse (P10-12) Appliquer les mesures d'atténuation de la sécheresse (P25-42)
Réaction différentielle des oliviers à la sécheresse	Qualité de sol différente (P6)	Vérifier l'adéquation exigences édaphiques et apporter les correctifs le cas échéant (P6 ; P25-37)
	Age des oliviers différents (P36-38)	Adapter la gestion de la parcelle à l'âge (P36-38)
	Certains oliviers sont affectés par des ravageurs ou maladies (P18-24)	Appliquer les mesures de lutte (P18-24)
Mise en place d'une nouvelle parcelle adaptée à la sécheresse		Vérifier l'adéquation des conditions environnementales (P4-7)
		Vérifier la fréquence de la sécheresse (P10-15)
		Choisir une variété adaptée aux conditions environnementales (P25-28 ; 15-17)
		Installer le système de culture le plus résilient (P18-42)
Olivier en arrêt de croissance voir dépérissant	Affection par la sécheresse (P7-10)	Vérifier l'occurrence de la sécheresse (P4-74) Evaluer l'adaptation variétale (P25-28 ; 15-17) Appliquer les mesures d'atténuation de la sécheresse (P18-24)
	Affection par les ravageurs ou maladies (P18-24)	Appliquer les mesures de lutte (P18-24)
	Exigences environnementales non satisfaites (P4-7)	Vérifier l'adéquation exigences – conditions et apporter les correctifs le cas échéant (P4-7 ; P18-24)

## 1- Contexte, Objectifs et Champs d'application

La région de Sfax est caractérisée par un climat méditerranéen aride, elle est soumise à la fois aux influences continentale et maritime. De ce fait, la région est caractérisée par un été chaud et sec et un hiver doux et pluvieux. Les terres cultivables sont de l'ordre de 90% de la SAU, et elles sont composées de 74% des terres agricoles, contre 16% pour les parcours et un couvert forestier quasi-absent (0,9%) essentiellement dans la délégation d'Agareb (Atlas de Sfax).

Les terres cultivées sont en majorité dédiées à l'arboriculture (422 milles ha).

Le reste est partagé entre la céréaliculture (1,5% essentiellement de l'orge), les cultures maraichères (2,5%) et les fourrages (1%). L'olivieraie occupe 356 milles ha (environ les 3/2 de la SAU et 74% de superficie arboricole) et compte 8,8 millions de pieds représentant 20% de la surface nationale d'olivieraies.

La densité de plantation est faible (<20 pieds/ha). L'olivier est traditionnellement cultivé en extensif sans recours à l'irrigation avec un travail du sol continu (4 à 6 façons annuelles).

Cultivés en monoculture, les oliviers sont présents dans toutes les délégations de Sfax avec une concentration importante à Menzel Chaker (111 milles pieds), Bir Ali Ben Khalifa (57 milles pieds), Agareb (35 milles pieds) et Hencha (34 milles pieds). La région fournit 30% de la production nationale d'huile d'olive et 45% des exportations nationales d'huile d'olive.

Toutefois, la production reste vulnérable et tributaire des conditions climatiques et des précipitations. La production connaît de forts écarts d'une année à l'autre, dus à divers facteurs tels que l'alternance de fructification de l'olivier, la pluviométrie faible et fluctuante et les pratiques culturales (essentiellement la taille sévère bisannuelle)

L'ampleur de la variation des productions peut être très importante et remarquable entre deux campagnes successives comme la production de 23 400 t en 2014 suivie de 522 000 t en 2015.

Parmi les contraintes majeures de l'arboriculture fruitière en général et de l'oléiculture en particulier en conditions pluviales, les aléas climatiques et notamment les variations intra et interannuelles de la pluviométrie qui conditionnent l'expression du potentiel de production du secteur.

De plus, le phénomène de la sécheresse a été toujours un élément important du climat en Tunisie, notamment dans les régions arides et semi-arides du Centre et du Sud tunisiens et dont l'effet se traduit habituellement par la baisse de production, l'accentuation de l'alternance et dans le cas extrême par le dépérissement de l'olivier.

Ainsi, au cours des trente dernières années, la sécheresse n'a cessé de prendre de l'ampleur tant par son degré de sévérité, que par sa durée. Son effet sur l'état de végétation de l'olivier est variable selon les régions et les localités allant d'un état de résistance au déficit hydrique à l'état de dépérissement avec des degrés divers (dépérissement partiel ou total).

Cependant, dans une même région voire la même localité et sous les mêmes conditions climatiques, des réactions différentes de l'olivier au plan de résistance au déficit hydrique ont été observées.

D'autres facteurs peuvent accentuer ou atténuer l'effet de la sécheresse tels que le niveau d'entretien du verger, les techniques appliquées, l'âge des arbres et la nature des sols.

Dans ce contexte, les facultés d'adaptation de l'olivier aux conditions du climat sont en étroite relation avec les qualités pédo-agrologiques du sol.

Ainsi, en sol profond et très perméable (type de sols de l'oliveraie de Sfax), des bonnes productions peuvent être enregistrées sous de faibles précipitations (de l'ordre de 200 mm/an à Sfax).

Dans ce contexte de conditions sévères de production dans la région du Centre, et vue l'importance de l'oléiculture pour la population locale et son bien-être, des efforts d'appui et d'accompagnement devront être déployés pour assurer la durabilité de ce secteur.

L'élaboration et la dissémination de techniques adéquates et innovantes pour

améliorer la résilience des oliveraies à la sécheresse sont d'un grand intérêt.

Suite aux changements climatiques ressentis et annoncés avec des hausses de températures et le changement du régime pluviométrique, l'installation de cycle de sécheresse est de plus en plus fréquente.

Ceci aura un impact négatif sur les activités agricoles et par suite sur les revenus des petits agriculteurs principalement ceux actifs dans le secteur oléicole.

D'où dans le cadre du Projet de Développement Intégré des délégations de Bir Ali Ben Khelifa, Manzel Chaker et Hencha financé par la Banque Islamique de Développement et piloté par le Commissariat Régional de Développement Agricole de Sfax, des actions d'encadrement et d'assistance aux producteurs ont été engagées.

Dans ce sens, l'Institut de l'Olivier a été mandaté pour la rédaction d'un 'Guide technique d'adaptation de l'oléiculture à la sécheresse pour l'agriculteur' qui définit les exigences de l'olivier, l'impact de la sécheresse sur les différentes phases de développement de l'arbre, les indices de caractérisation de la sécheresse et les voies possibles d'atténuation de ces impacts.

## 2 Exigences édapho-climatiques de l'olivier

### 2,1 Exigences thermiques

L'olivier craint le froid. En effet, l'arbre est très sensible aux températures négatives, cela même en période de repos végétatif. Cependant, le stade le plus vulnérable aux basses températures est la floraison. Cependant, l'olivier est apte à bien supporter les températures élevées de l'été si son alimentation hydrique est suffisante. Cette adaptation à puiser l'eau par un enracinement puissant lui permet de supporter des températures de l'ordre de + 40°C.

Enfin, l'aspect relativement léger de sa frondaison et l'épaisse cuticule qui recouvre ses feuilles lui permettent de supporter non seulement des températures élevées, mais aussi les vents chauds desséchants soufflant du Sahara. Les températures minimales nécessaires à l'entrée en végétation sont comprises entre 10 et 12 °C, le développement des inflorescences vers 15 °C, la floraison aurait lieu à 18 - 19°C et la fécondation entre 21 et 22 °C. Les besoins en basses températures de l'olivier sont estimés à environ 400 heures avec des températures égales ou inférieures à 9°C, totalisées pour les mois de moindre activité végétative.

## 2,2 Précipitation

Couvrant une large zone de culture, l'olivier se développe dans une fourchette de précipitation allant de 800 mm/an (Kabylie, Algérie) à 150 mm/an (Sud-est de la Tunisie). D'autre part le climat méditerranéen se caractérise par l'irrégularité des précipitations annuelles et la mauvaise répartition des pluies.

En effet les deux-tiers, voire les trois-quarts, de ces précipitations tombent en hiver, c'est à dire en période de repos de l'arbre.

Toutefois, sous les climats semi-aride et aride de la Tunisie Centrale et du Sud, cet arbre est omniprésent et son maintien est dû à un développement approprié et modulable des structures racinaires et aériennes assez caractéristiques.

En effet, les oliviers ne peuvent s'adapter à l'irrégularité de ce régime hydrique qu'en puisant en profondeur du sol le peu d'humidité qu'il peut contenir. (terrain favorable à la pénétration des racines) et en exploitant un grand volume de terre (faible densité de plantation), c'est le cas de l'oliveraie de Sfax.

Sous les conditions du régime irrégulier des pluies en climat semi-aride, la production d'olive sera toujours aléatoire et souvent marginale (faible production et alternance marquée).

## 2,3 Autres facteurs climatiques

L'olivier craint l'excès d'humidité atmosphérique qui peut, dans certains cas, être la cause évidente d'une réduction de la production et de l'aptitude à porter des fruits.

Ces conditions déterminent, en effet, des déséquilibres fonctionnels qui conduisent à un vieillissement prématuré des plantes et favorisent des maladies et des fléaux.

Les brouillards sont néfastes à l'olivier surtout s'ils se produisent en période de floraison: ils provoquent la coulure.

La grêle, par son action mécanique sur les rameaux et les branches, provoque des plaies favorisant le développement des parasites et la propagation de la tuberculose.

Les orages de grêle se produisant lors de la récolte peuvent altérer les olives et favoriser leur chute prématurée.

Les vents, outre leur action mécanique (chute de fruits, bris de branches) peuvent aussi amplifier certaines composantes du climat : les vents chauds desséchants peuvent causer des brûlures sur les arbres. Ils peuvent avoir un effet bénéfique s'ils sont légers. Une circulation d'air atténuée les risques de gel en hiver ou les risques de surchauffe en été. Enfin, une bonne ventilation au moment de la floraison sera favorable à la dissémination du pollen.

## 2,4 Sol

Il est très difficile de donner une définition précise du meilleur sol à olivier. Cependant, nous allons essayer de résumer les facteurs édaphiques qui ont une influence sur le développement des oliviers et leurs performances notamment pour la résistance au déficit hydrique et la sécheresse.

L'olivier ne donnera de bons résultats, en culture pluviale, que si son puissant système racinaire peut se développer non seulement en largeur mais aussi en profondeur, et plus particulièrement sous les climats arides.

A Sfax les oliviers peuvent développer leurs racines jusqu'à 6 m de profondeur, ceci grâce à la texture très sablonneuse du sol. La présence d'une contrainte sérieuse au développement des racines (encroûtement, croûte...) ou une variation brusque de la texture ou de la structure du sol en allant en profondeur, gêne considérablement le développement de l'arbre.

La profondeur du sol nécessaire à l'arbre doit être au minimum de 1 m à 1,50 m.

La texture du sol détermine sa perméabilité à l'eau et à l'air, et sa capacité de rétention.

Les sols sablonneux ont une grande perméabilité (de l'ordre de 15 à 20 cm/heure) et une faible capacité de rétention (de l'ordre de 5 à 6 % par rapport à la terre sèche). Ils conviennent à la culture de l'olivier en zone aride.

En effet, la moindre pluie profitera à l'arbre car l'eau parviendra rapidement au niveau d'absorption des racines, réduisant ainsi les pertes par ruissellement et par évaporation.

Par contre les sols lourds, limono-argileux ou argileux (type sols vertiques) sont peu perméables et à fort pouvoir de rétention en eau.

L'olivier ne s'y développera correctement que si la pluviométrie est élevée (> 600 mm/an). Le taux d'argile dans le sol conditionne son comportement et de ce fait le taux optimal est défini en fonction de la pluviométrie:

- ✓ 10 % d'argile pour une pluviométrie de 2 0 0 à 3 0 0 mm/an
- ✓ 20 % d'argile pour une pluviométrie de 6 0 0 mm/an
- ✓ 30 % d'argile pour une pluviométrie > 6 0 0 mm/an

Dans tous les cas, la texture doit être corrigée par la structure qui est le mode d'assemblage des constituants du sol. En effet, la structure conditionne la capacité de rétention et de circulation de l'eau et de l'air. Elle conditionne aussi la capacité de développement des racines. La structure est tributaire de la présence de liants à savoir l'argile et la matière organique. Dans les conditions arides, la teneur en argile est limitative et de ce fait la matière organique devient un facteur important dans la structuration du sol. Dans ce milieu, la gestion de la matière organique devient alors fondamentale.

Les sols présentant des contraintes au développement racinaire et à la mobilisation de l'eau, induisent un dessèchement plus au moins accentué de l'olivier:

- Les sols légèrement gypseux à gypseux : ces sols renferment un taux de gypse supérieur à 0,3%. Le gypse (même en faible concentration) peut limiter la disponibilité de l'eau pour l'olivier et le développement racinaire en profondeur. Cependant, l'action du gypse est fortement influencée par les autres conditions édapho-climatiques. En effet, la texture fine du sol, sa compacité, le déficit hydrique accentuent l'effet nocif du gypse et en même temps la présence de ce dernier accentue la compacité du sol et le déficit hydrique. Dans ce type de sol, plus l'horizon gypseux est profond, plus le volume de sol exploité par les racines est important.

- Les sols à texture fine : la compacité de ces sols à l'état sec due à la présence du limon et de l'argile limite le développement racinaire en profondeur et l'exploitation d'un grand volume de sol. De plus, les éléments fins du sol empêchent la valorisation des faibles pluies en limitant l'infiltration de l'eau. Par ailleurs, ces sols deviennent asphyxiants pour les racines de l'olivier en cas de bonne pluviométrie.

### 3 Impact de la sécheresse

A travers les cycles de sécheresse qui ont sévi le long du pays, des incidences diverses ont été observées sur la fructification, le développement végétatif, la production et l'état sanitaire des oliviers. La sévérité de ces impacts dépend de la phase d'installation de la sécheresse, sa durée et sa sévérité.

## Phénologie

L'installation de la sécheresse qui précède le développement fructifère affecte les grappes florales induisant, par conséquent, l'absence de fructification et par suite de production. Un brunissement des grappes florales s'est produit suite à la sécheresse hivernale et qui a été observé pour plusieurs variétés dont la variété Chemlali largement répandue dans la région du centre et sud tunisien (Figure 1). Ainsi à la suite des premières pluies succédant une longue période de sécheresse, une fructification peut se produire sur le bois de deux ans.



Figure 1. Brunissement des grappes florales chez la variété Chemlali en conséquence d'une sécheresse hivernale et des hausses des températures printanières.




## Développement végétatif

La sécheresse prolongée affecte le développement des oliviers et s'ensuit de la réduction de la croissance végétative pour atteindre un dessèchement total dans les cas extrêmes. Ainsi l'impact de la sécheresse sur le développement de l'olivier peut avoir des degrés divers en fonction des conditions édaphiques, de l'âge des arbres, de la variété, des pratiques culturales et de l'état phytosanitaires. Ces réactions peuvent être classées en trois catégories :

1. croissance végétative normale ou ralentie ;
2. arrêt de croissance végétative sans symptômes de dépérissement avec ou sans enroulement des feuilles ;
3. dessèchement des feuilles et dépérissement.

Chacune de ces catégories peut être subdivisée en sous catégories en fonction de la sévérité des symptômes (Tableau 1).

Tableau 1. Degrés de dessèchement des arbres observés en rapports avec la sévérité de la sécheresse

Catégorie	Sous-catégorie	Symptômes
1. Croissance végétative normale ou ralentie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Croissance et stade phenologiques normaux ;</li> <li>- Croissance faible : entre-nœuds courts, taille reduite des feuilles ;</li> <li>- Peu de bourgeons debourrent avec reduction de la taille des feuilles et de la longueur des entre-nœuds.</li> </ul>	
2. Arrêt de croissance végétative sans symptômes de dépérissement avec ou sans enroulement des feuilles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrêt total de croissance sans enroulement des feuilles ;</li> <li>- Enroulement des feuilles durant les heures chaudes de la journée sans perte de turgescence ;</li> <li>- Enroulement des feuilles sans perte totale de turgescence.</li> </ul>	
3. Dessèchement des feuilles et dépérissement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apparition de symptôme de brunissement des feuilles ;</li> <li>- Feuilles brunes gardant de la turgescence ;</li> <li>- Feuilles sèches ;</li> <li>- Feuilles et rameaux secs.</li> </ul>	

## Production

L'affectation de la fructification et du développement végétatif des oliviers par la sécheresse se traduit aussi par un impact certain sur la production. Il s'est avéré une relation certaine entre les précipitations et la production d'olives. Ainsi l'analyse des productions annuelles d'huile d'olives de la région de Sfax durant 45 ans a permis d'observer une dépendance étroite entre la pluviométrie de l'année n-1 et la production d'olives de l'année n (Figure 2). En effet, suite aux années pluvieuses, une croissance végétative luxuriante est enregistrée. Cela permet d'une façon générale, sauf accidents climatiques lors de la floraison, une bonne production d'olives. Au contraire, les années à pluviométrie faible se caractérisent par une croissance faible ou nulle des pousses fructifères, qui ne permettent pas d'obtenir une production l'année suivante.

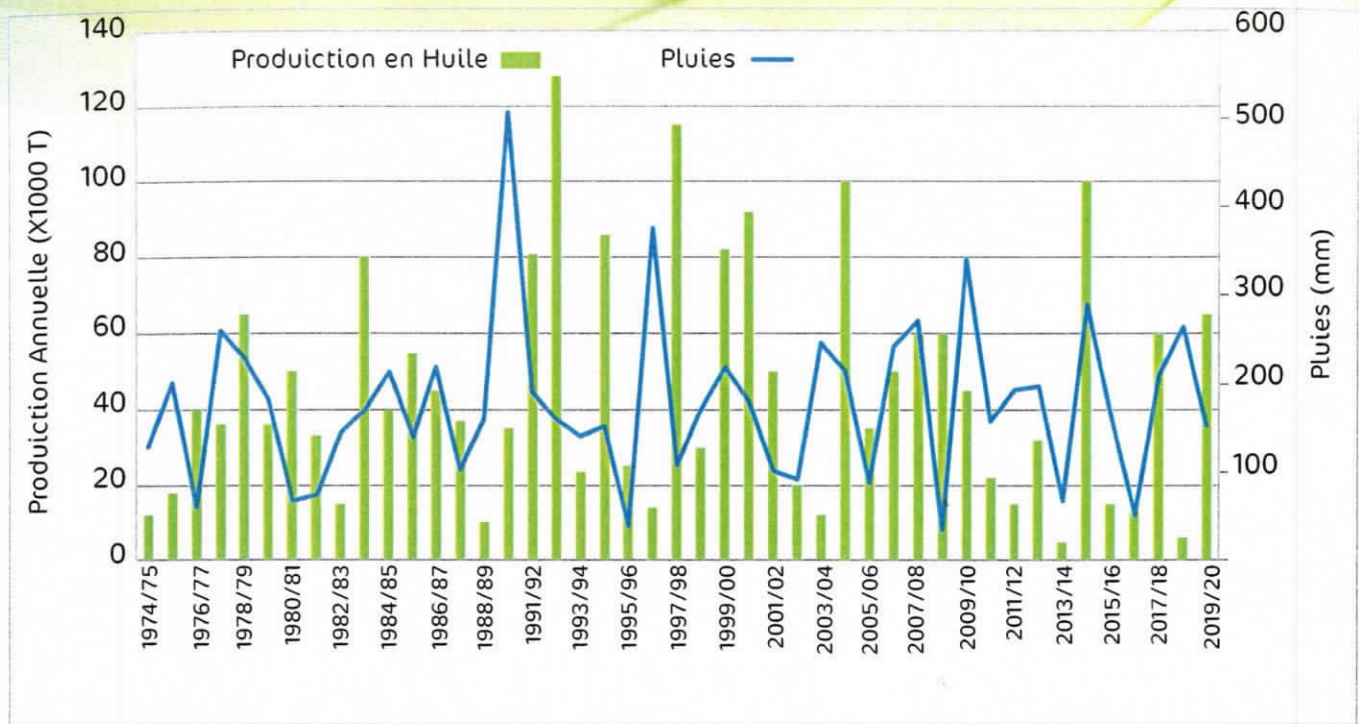


Figure 2. Evolution de la production d'huile d'olive et des précipitations dans la région de Sfax pour la période 1974-2020.

### Etat sanitaire des oliviers

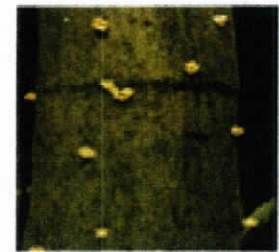
L'installation de la sécheresse affaiblit les oliviers et affecte leur croissance. L'affaiblissement des arbres favorise l'installation des ravageurs de faiblesse qui affectent le bois et aggravent l'impact de la sécheresse (Figure 3).



Brunissement interne du bois



Dépérissement



Attaque de neiroum

Figure 3. Installation des ravageurs et maladies sur des arbres affaiblis en conséquence de la sécheresse.

## 4 Indicateurs de la sécheresse

### 4.1 Indice Standardisé des Précipitations (SPI)

L'indice standardisé des précipitations «SPI» (Standardised Precipitation Index) a été développé en vue de quantifier le déficit des précipitations pour des échelles de temps multiples qui vont refléter l'impact de la sécheresse sur la disponibilité des différents types de ressources en eau pour une période donnée. Il est exprimé mathématiquement comme suit (McKee et al., 1993 ; Hayes, 1996 ; Soro et al, 2014):

$$SPI = (P_i - P_m) / S$$

Avec  $P_i$  : Pluie de l'année  $i$  ;  
 $P_m$  : Pluie moyenne de la série sur l'échelle temporelle considérée ;  
 $S$  : Ecart-type de la série sur l'échelle temporelle considérée.

L'étude de cet indice permet également de distinguer les années sèches des années humides ou les années déficitaires des années excédentaires. Une sécheresse sévit lorsque le SPI est consécutivement négatif et que sa valeur atteint une intensité de 1- ou moins et se termine lorsque le SPI devient positif. On effectue une classification de la sécheresse suivant les valeurs du SPI (Tableau 2).

Tableau 2. Classification des séquences de sécheresse selon SPI définie par (McKee et al., 1993)

Classes de SPI	Sequence de sécheresse
$SPI > 2$	Extrêmement humide
$1 < SPI < 2$	Très humide
$0 < SPI < 1$	Modérément humide
$-1 < SPI < 0$	Modérément sèche
$-2 < SPI < -1$	Sévèrement sèche
$SPI < -2$	Extrêmement sèche

L'indice comporte une échelle d'intensité pour calculer les valeurs positives et négatives, qui sont en corrélation directe avec les épis des humides et secs. Dans le cas d'une sécheresse, l'intérêt se porte avant tout sur les extrémités de la distribution de précipitations, en particulier les épisodes extrêmement secs, qui sont des phénomènes rares compte tenu du climat de la région. Quelle que soit la période visée, une sécheresse sévit quand l'indice SPI présente de façon continue une valeur négative et atteint -1. On considère qu'elle se poursuit jusqu'à ce que l'indice remonte à 0. McKee et al. (1993) fixent le seuil de la sécheresse qui commence à une valeur de -1 ou moins.

La sécheresse est déclarée lorsqu'une succession de trois mois secs est enregistrée. Elle prend fin avec l'occurrence d'un mois humide. Un mois est sec lorsque l'Indice Standardisé des Précipitations (SPI) est inférieur à (-1) et un mois est humide lorsque SPI est supérieur à zéro. Les classes de SPI enregistrées au cours de la période d'étude varient de modérée, sévère et extrême

## 4,2 Le déficit relatif des précipitations

Le déficit relatif des précipitations est défini comme le pourcentage des précipitations de l'année considérée par rapport à la moyenne d'une longue série d'années. Chaque année est ensuite classée en fonction de sa déviation par rapport à la moyenne en considérant qu'une année normale est celle ne déviant de la moyenne que de 10%. Une déviation entre 10% et 20% fait que l'année est modérément sèche ou humide, entre 20% et 30% sévèrement sèche ou humide, entre 30% et 40% extrêmement sèche ou humide et une déviation supérieure à 40% fait que l'année est exceptionnellement sèche ou humide.

## 4,3 Déciles

La fréquence des années sèches et humides peut être calculée en fonction des déciles pluviométriques. Cette technique divise la distribution des années à long terme des précipitations enregistrées en dixièmes de la distribution. Chacune de ces catégories est appelée Décile. Par définition, le cinquième décile est la médiane, et c'est la quantité de précipitations qui correspond à 50 % des années pour une série de données concernée. Les déciles sont regroupés en cinq classifications (Tableau 3). Cette technique est d'autant plus précise que la série de données pluviométriques est longue. Ensuite, chaque année de la période cible est classée en fonction des déciles et le pourcentage d'années humides, normales et sèches peut être calculé pour la période.

Tableau 3. Classification des conditions météorologiques en fonctions des déciles

Conditions météorologiques correspondantes	Classe de décile
20% Déciles : les plus bas 1-2	Conditions très sèches
20% Déciles : inférieurs à la normale 3-4	Conditions sèches
20% Déciles : Normaux 5-6	Conditions normales
20% Déciles : supérieurs à la normale 7-8	Conditions humides
20% Déciles : les plus élevés 9-10	Conditions très humides

## 5 Caractérisation de zones du projet par SPI

En analysant une série de données supérieure à 40 ans pour les délégations de Bir Ali Ben Khelifa, Manzel Chaker et Hencha et en appliquant l'indice SPI pour les années 2017, 2018, 2019 et les trois premiers mois de 2020, il ressort que l'occurrence de la sécheresse est différente selon la localité (Figure 4).

Bir Ali Ben Khelifa a subi trois phases de sécheresse. La première d'une durée de 9 mois entre mai 2017 et janvier 2018. La deuxième de 6 mois entre septembre 2018 et février 2019 et finalement 4 mois de mai à août 2019. De ce fait la campagne 2018 -2019 a vécu 10 mois secs. Il faut noter que ces périodes de sécheresse sont composées de mois modérément secs.

Toutefois, le cumul de mois sec, même d'une manière modérée, a engendré un stress hydrique important sur le couvert végétal. La délégation de Manzel Chaker est passée par quatre périodes de sécheresse dont deux périodes de 3 mois (Novembre -2017 Janvier 2018 et Mai-Juillet 2019), une période de 5 mois (Mai-Septembre2017) et une période de 6 mois (Septembre -2018Février 2019). Toutefois, ces périodes ont été de courte durée comparativement à celles de Bir Ali Ben Khelifa.

La délégation de Hencha a subi 13 mois secs de janvier 2017 à janvier 2018, ensuite jusqu'à mars 2020 le climat était plutôt humide sauf pour une courte période de sécheresse de quatre mois de mai à août 2019. Il ressort de cette analyse de courte durée que les trois délégations ont fait face à des conditions climatiques différentes malgré leur proximité géographique. Il faut noter que l'année sèche pour les trois délégations a été classée modérément sèche pour Manzel Chaker et extrêmement sèche pour Bir Ali Ben Khelifa et Hencha. Les années 2018 et 2019 ont été des années modérément sèches pour Bir Ali Ben Khelifa alors qu'elles ont été modérément humides à très humides pour Hencha et Manzel Chaker. De ce fait, Bir Ali Ben Khelifa a souffert de trois années de sécheresse alors que Manzel Chaker et Hencha d'une année seulement.

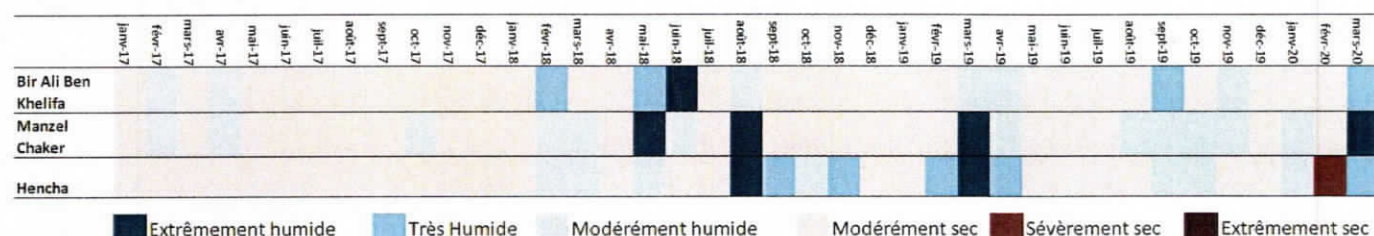


Figure 4. Classification mensuelle selon SPI pour Bir Ali Ben Khelifa et Hencha durant la période allant de janvier 2017 à Mars 2020.

### Délégation de Bir Ali Ben Khelifa

En examinant la répartition des mois en fonction du SPI durant la période allant de janvier 2017 à Mars 2020, il ressort que pour Bir Ali Ben Khelifa il y a eu au minimum 17% de mois modérément humides (2017) et au plus 33% de mois humides (de modérément à extrêmement humide) et ce pour 2018 ,2019 et le premier trimestre de 2020 (Figure 5). De ce fait, les deux tiers des mois de ces trois dernières années et du premier trimestre de 2020 sont des mois secs. Il faut noter, que tous les mois ont été modérément secs.

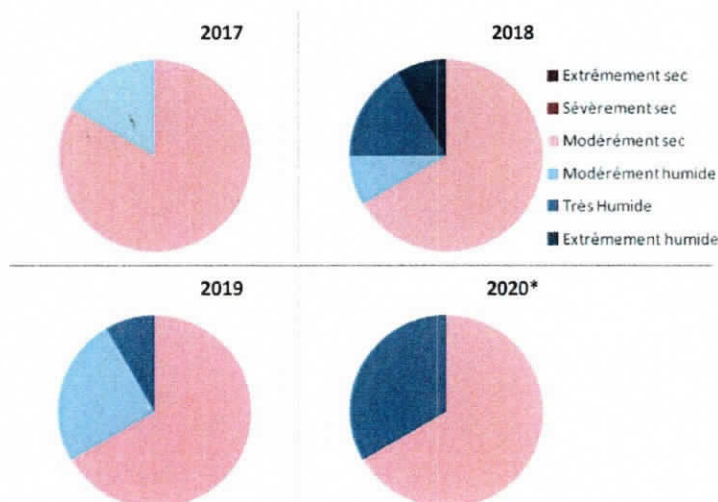


Figure 5. Répartition des mois en fonction du SPI pour la période allant de janvier 2017 à Mars 2020 pour la délégation de Bir Ali Ben Khelifa.

### Délégation de Manzel Chaker

La délégation de Manzel Chaker a présenté une situation différente pour la même période. En effet, un minimum de 25% de mois humides a été enregistré en 2017, 46% en 2018, 50% en 2019 et 66% pour le premier trimestre de 2020 (Figure 6). Il apparaît clairement que le pourcentage des mois humides est plus important pour toutes les années à Manzel Chaker par rapport à Bir Ali Ben Khelifa.

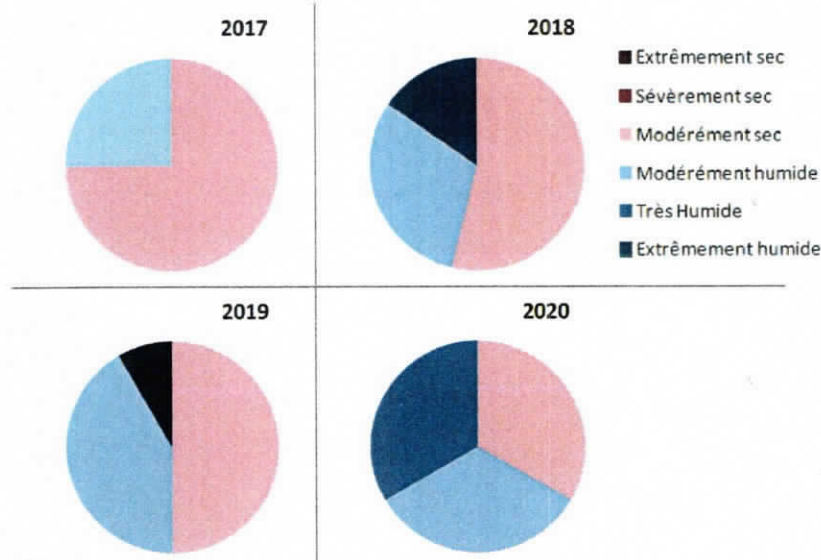


Figure 6. Répartition des mois en fonction du SPI pour la période de janvier 2017 à Mars 2020 pour la délégation de Manzel Chaker.

### Délégation de Hencha

La délégation de Hencha est la seule qui a présenté une année avec 100% des mois modérément secs (2017). Elle est aussi la seule délégation ayant observée des mois extrêmement secs à raison de 33% pour le premier trimestre de 2020 (Figure 7).

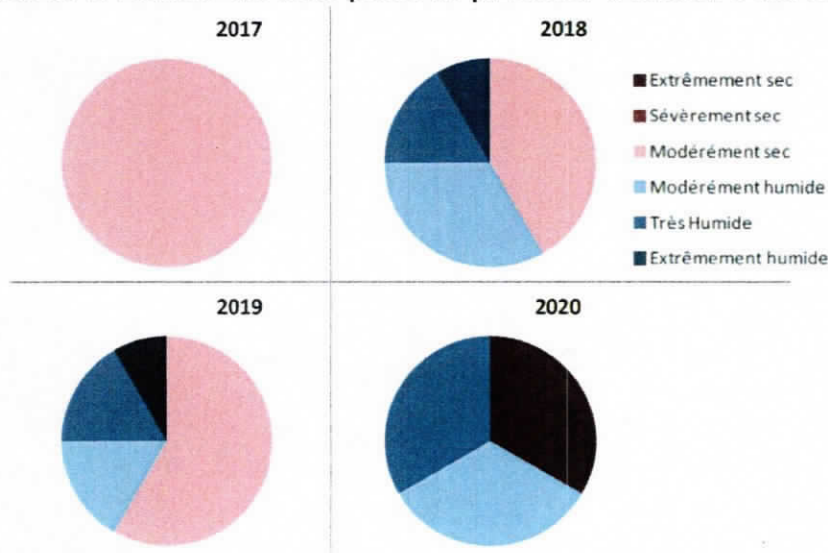


Figure 7. Répartition des mois en fonction du SPI durant la période allant de janvier 2017 à Mars 2020 pour la délégation de Hencha.

Par ailleurs, Hencha a eu aussi l'année avec le maximum de mois humides à savoir 58% en 2018. Contrairement à 2018, 2019 a présenté 58% de mois secs. Il apparaît clairement que Hencha est la délégation avec le plus de variation de la répartition des mois secs et humides au cours des trois dernières années et du premier trimestre de 2020.

## Occurrence de la sécheresse pour la période 2015–2019

Afin d'approfondir l'analyse de l'occurrence de la sécheresse, une classification des 5 dernières années (2015 – 2019) a été réalisée en utilisant l'indicateur SPI (Figure 8). Il ressort que Bir Ali Ben Khelifa a subi 5 années sèches malgré la présence de mois ou d'épisodes humides. Les deux autres délégations ont présenté un faciès équivalent avec 3 années humides et deux années sèches. Il faut noter qu'une année classée sèche peut renfermer plusieurs mois humides (2017 à Manzel Chaker). De ce fait, la délégation de Bir Ali Ben Khelifa est celle la plus touchée par la sécheresse d'une manière quasi continue ces dernières années.

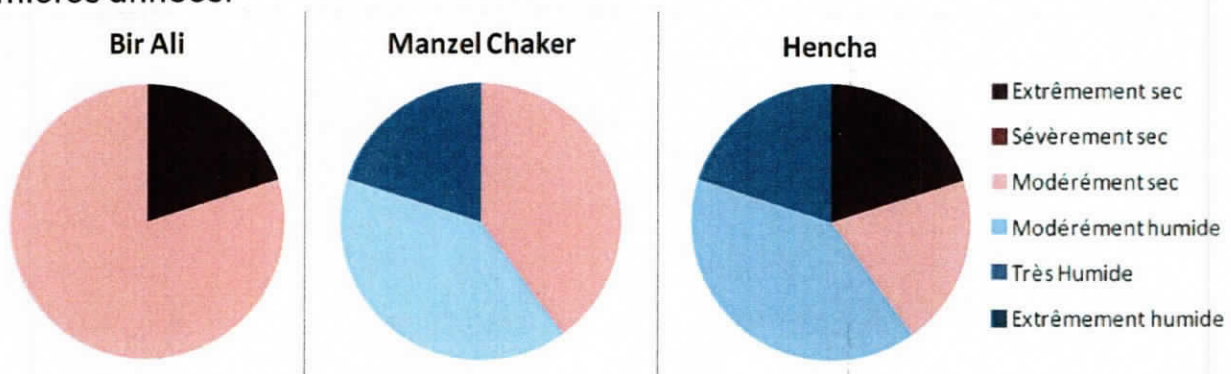


Figure 8. Répartition des mois en fonction du SPI durant la période 2015–2019 pour les trois délégations cibles du projet.

En conclusion, la sécheresse a affecté les trois délégations et des impacts sur l'olivier sont certains. Il faut noter que la sécheresse impacte les trois délégations d'une manière différente. Il faudra appliquer des mesures de lutte adaptées à chaque situation. Ce document détaillera les mesures adaptées et innovantes à appliquer en se basant sur des indicateurs objectifs.

## 6 Mécanismes d'Adaptation à la sécheresse

La réponse de l'olivier vis-à-vis de la sécheresse se manifeste par une combinaison particulière de modifications morphologiques, écophysiologicals et biochimiques nommées stratégies. Les plantes utilisent plusieurs de ces stratégies adaptatives ensemble ou successives pour augmenter la résistance à la sécheresse

### 6,1 Adaptation morphologique

**La feuille :** est un site stratégique du métabolisme de l'arbre qui peut être touché directement suite à un déficit hydrique. Dans le cas de l'olivier, l'adaptation morphologique des feuilles tend à réduire, principalement, sa transpiration. En effet, le déficit hydrique entraîne une diminution du nombre et de la surface foliaire ce qui limite l'énergie lumineuse captée et par conséquent la transpiration. En plus, l'enroulement des feuilles et le changement de l'angle feuille-tige constituent une forme efficace d'adaptation à la sécheresse accidentelle ou périodique.

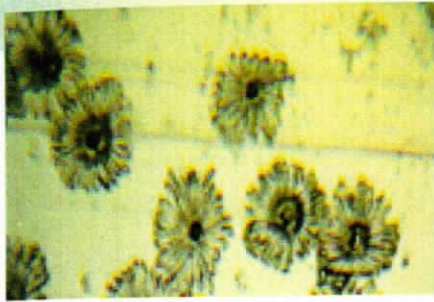


Figure 9. Observation microscopique des trichomes sur la face inférieure des feuilles d'olivier.

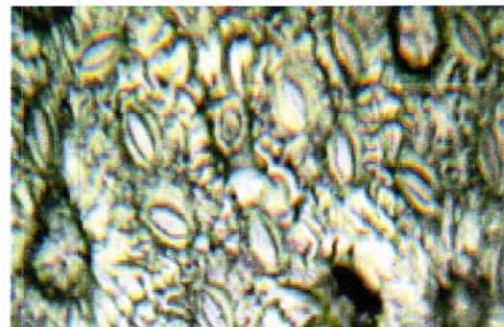
**Les trichomes :** ou les poils épidermiques sont des structures pluricellulaires en forme de couronnes rattachées à l'épiderme par une tige (Figure 9). Ils sont présents sur les deux faces de la feuille de l'olivier avec un nombre plus élevé à la face inférieure.

Ces structures ralentissent la circulation de l'air au-dessus de la feuille et protègent les stomates des aléas climatiques, diminuant ainsi la transpiration.

**Les stomates :** il s'agit des structures épidermiques, de forme elliptique, constituées de deux cellules de gardes encadrant une ouverture appelée ostiole (Figure 10). Ils jouent un rôle très important dans la régulation des échanges gazeux, la limitation des pertes hydriques et le maintien d'un potentiel hydrique relativement élevé dans la feuille. La fermeture des stomates est l'un des premiers événements de réponse à la sécheresse pour empêcher la transpiration.



Stomates ouverts dans des conditions d'hydratation normale



Stomates fermés dans des conditions de sécheresse

Figure 10. Observation microscopique des stomates sur la face inférieure d'une feuille d'olivier.

## 6,2 Adaptation physiologique

### Etat hydrique de la plante

La circulation de l'eau dans le système sol-plante-atmosphère comprend l'écoulement du sol vers les racines, l'absorption par les racines, le transport des racines vers les branches jusqu'aux feuilles et la diffusion de la vapeur à travers les cavités stomatiques vers les couches d'air. La dynamique de l'eau dans ce système est exprimée par les notions suivantes :

✓ **Le potentiel hydrique :** Le potentiel hydrique est une grandeur énergétique qui détermine les échanges de l'eau entre deux points du système sol-plante-atmosphère. A la pleine turgescence, ce potentiel hydrique est théoriquement zéro et il est utilisé comme un point de référence. En cas d'une sécheresse accentuée, les plantes les plus résistantes sont celles qui développent le potentiel hydrique le plus élevé

✓ **Le contenu relatif en eau :** Le contenu relatif en eau (RWC) est une évaluation quantitative de cette eau dans les tissus. Le RWC des feuilles de l'olivier est négativement corrélé à l'intensité du déficit hydrique et évolue progressivement vers un dessèchement partiel des tissus foliaires. En cas d'une sécheresse accentuée, de grandes modifications du potentiel hydrique chez l'olivier sont observées mais n'entraînent que de faibles variations du RWC. Dans ce cas, l'olivier peut maintenir une hydratation tissulaire suffisante permettant une fonction métabolique normale. Ce qui prouve, par conséquent, la forte tolérance de cette espèce à la sécheresse.

### Activité photosynthétique

Le processus de la photosynthèse se fait par l'intermédiaire de la feuille qui capte l'énergie lumineuse pour le transformer en énergie chimique qui servira à synthétiser des glucides à partir de l'eau et de dioxyde de carbone. La sécheresse altère l'activité photosynthétique par la réduction de la surface foliaire, la fermeture stomatique et la diminution de l'efficacité dans les processus de fixation de CO<sub>2</sub>. Par conséquent, elle engendre une diminution significative de l'activité photosynthétique. Il s'agit, dans ce cas, d'une stratégie d'adaptation à la sécheresse qui conduit à limiter la croissance et la production finale des arbres.

### Adaptation biochimique

La sécheresse affecte généralement la croissance et la productivité de l'olivier en réduisant son potentiel hydrique et sa turgescence. Comme stratégie d'adaptation et afin de maintenir sa turgescence, la plante met en place un mécanisme d'ajustement osmotique lié à sa capacité à accumuler certains solutés compatibles sous forme de proline et d'acide aminé.

**Le Neiroun Phloeotribus scarabaeoides Bernard (Coleoptera ; Scolytidae)**

**Bio-écologie**

Cet insecte est indicateur d'arbres en détresse, et se développe sur le bois coupé ou des arbres affaiblis en voie de dépérissement :

risque de revêtir encore plus d'importance avec l'élévation des températures et la propagation des arbres en difficulté suite à une sécheresse prolongée.

Cycle vital en trois phases :

- i) Phase d'hivernation sur les arbres ;
- ii) Phase de reproduction sur les arbres sénescents ou sur bois de taille ;
- iii) Phase de nutrition sur les arbres avoisinants.

Durée du cycle: 45 jours à des températures de °25C, à plusieurs mois en hiver.

Nombre de générations: varie selon la disponibilité du bois de tailleréceptif et des conditions climatiques. En général, 2 à 4 générations annuelles, et plus en cas d'hiver doux et de printemps relativement plus chauds que la normale.

**Dégâts**

Le développement de plusieurs générations peut entraîner la mort des arbres affaiblis et surtout ceux encore jeunes. Les galeries creusées causent :

- i) Une entrave de la circulation de la sève ;
- ii) le dessèchement des fruits et rameaux ;
- iii) des pertes de production considérables.

Il s'agit de galeries d'hivernation, de galeries maternelles creusées après accouplement pour déposer les œufs et des galeries perpendiculaires à la galerie maternelle creusées par les larves.



Figure 11. Adultes en galerie d'hivernation et réseau des galeries larvaires.

Des logettes nutritionnelles à l'aisselle d'une feuille, à la base des inflorescences ou sur la partie terminale du rameau sont creusées par les nouveaux adultes qui émergent pour s'alimenter.

**Lutte**

Bon entretien du verger : labour, taille et irrigation complémentaire en cas de sécheresse prolongée.

En cas de présence de l'insecte :

- i) Irrigation d'appoint : (50 litres/arbre jeune à répéter 2 fois, et 500 litres/arbre âgé une seule fois)
- ii) éliminer les branches attaquées et desséchées,
- iii) placer le bois de taille comme fagots pièges,
- iv) incinérer les fagots pièges au bout d'un mois pour éviter d'accentuer l'attaque s'ils sont laissés sur place ou éloignés,
- v) Procéder au traitement insecticide (avec un produit de contact telle que la Deltaméthrine à raison de 55 cc/l).

En cas de persistance de l'insecte, traitement insecticide dès la présence de sciure sur les arbres (trous de pénétration) ou lors de l'émergence des adultes.

## Les acariens ériophyides

Bio-écologie

- *Aceria oleae* (figure 12) et *Oxycenus maxwelli* (figure 13) hivernent à l'état de femelle adulte fécondées sous les trichomes de la face inférieure des feuilles. La ponte commence au printemps et en peu de temps, on observe tous les stades de développement sur les bourgeons et les feuilles plus jeunes. Durant la floraison, la majeure partie de la population migre vers les inflorescences, d'abord sur les ovaires puis sur les fruits récemment formés. En été, la ponte a lieu sur la surface inférieure de la feuille.

- La durée de développement est de 11 à 15 jours à une température variant de 21 à 25°C. Une température et une humidité relativement élevées contribuent à accélérer le développement de ces acariens ériophyides. Le nombre de générations est de l'ordre de 12 à 15 générations/an. Les pépinières et les plantations en terrain lourd et irrigué sont des habitats excellents pour cet acarien. Ces deux espèces vivent en association.

- En revanche, ont été considérés comme des facteurs essentiellement aggravants la situation du stress hydrique qui pourrait se produire dans les années sèches.

- En effet, Dès l'installation d'un climat sec, les acariens vont migrer sous les trichomes des feuilles où les conditions sont favorables, et qu'ils ne quittent que temporairement (la nuit ou tôt le matin). Ce phénomène peut conduire à des troubles graves de la croissance et même bloquer le développement des jeunes plants.

- Au-delà d'un seuil de déficit hydrique, les acariens ne pourront résister à la sécheresse que sous forme des adultes fécondés inactifs (grâce à des adaptations morphologiques, anatomiques, écophysiologiques telles que la possession d'une cuticule épaisse) qui se localisent principalement sur les bourgeons sous les écailles et à moindre degré sous les trichomes des faces inférieures des feuilles. Quand la capacité en eau est suffisante les adultes reprennent leur activité et engendrent une explosion démographique importante capable d'anéantir une grande partie de la production.



Figure 12. *Aceria oleae*



Figure 13.  
*Oxycenus maxwelli*

## Les acariens ériophyides

### Dégâts

- Déformations, altérations et chute des feuilles
  - Brûlures sur grappes florales suivies de leur chute
  - Déformation des fruits et dépréciation de la qualité de l'huile extraite
  - Malformations, dessèchement et raccourcissement des entre nœuds.
- Les tiges auront l'aspect de « balai de sorcière ».
- Les fortes infestations engendrent une dégradation complète de la qualité de l'huiles et le rendre inconsommable.



### Lutte

- Lutte culturale : l'emploi de plants sains lors de l'installation d'une nouvelle plantation et à éviter les excès d'engrais et d'irrigation.
- Lutte biologique : de nombreuses espèces de la famille des Phytoseiidae sont connues pour contrôler efficacement ces ravageurs.
- Lutte chimique : l'acrinathrine qui est homologuée à la dose de 60cc/hl.

## 7,2 Les maladies fongiques

La sécheresse favorise les maladies à travers plusieurs mécanismes différents. Cela peut altérer la physiologie de la plante, ce qui la rend plus sensible aux stress biotiques et abiotiques et diminue sa capacité à produire des molécules de défense ou par augmentation du pouvoir pathogènes des bio-agresseurs. Une sécheresse sévère et prolongée provoque des endommagements au niveau des tissus (tiges, racines) qui sont ensuite facilement envahis par des pathogènes secondaires. Enfin, la sécheresse peut rendre la plante plus attrayante pour les insectes vecteurs de certaines maladies. Parmi les maladies affectant l'olivier, on distingue les maladies telluriques telles que la verticilliose et le syndrome de dépérissement de l'olivier causé par des champignons telluriques et les maladies de dépérissements causés par des champignons de bois.

### Maladies telluriques

Les symptômes de dépérissement sont rarement rencontrés dans les vergers en régime pluvial vulnérables à la sécheresse. Toutefois, des infections graves ont eu lieu après de fortes précipitations qui ont succédé une longue période de sécheresse. En effet, une sécheresse prolongée provoque des blessures au niveau des racines et les prédisposent aux attaques fongiques, une fois les conditions deviennent favorables. Les périodes de sécheresse sévère prédisposent d'avantage la plante à l'infection par les champignons telluriques ce qui nécessite une irrigation complémentaire afin de conserver l'intégrité des tissus racinaires. Les prospections ont montré une large étendue de ce syndrome surtout dans les périmètres irrigués. Les isolements effectués à partir des oliviers dépéris et les tests de pathogénicité des agents biologiques isolés ont permis d'identifier plusieurs champignons telluriques dont les plus fréquents et le plus virulents sont *Verticillium dahliae* et *Fusarium solani* et à moindre degré *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolinae*, *Sclerotium rolfsii*, *Cylindrocarpon destructans*, *Pythium sp.* et *Phytophthora sp.*











## Maladies de dépérissements causés par des champignons de bois

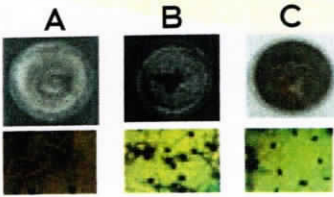


Les symptômes observés se manifestent par le dessèchement des pousses terminales, suivi par le dépérissement des rameaux ou même des branches entières. Les parties attaquées du bois présentent souvent des chancres nécrotiques (Tableau 1). Ces symptômes sont causés par des champignons de faiblesse qui favorisent la situation où l'arbre est sous stress abiotique pour qu'ils puissent déclencher une infection. Dans de nombreux cas, il s'agit d'une situation complexe où le stress dû à la sécheresse affaiblit le tissu végétal et le prédispose à l'infection par ces pathogènes de faiblesse, une fois les conditions deviennent favorables. Des cas d'attaque ont été observés tels que par *Nigrospora* sp. *Neofusicoccum australe*, *Biscogniauxia mediterranea* (oliviers âgés soumis à une période de sécheresse prolongée) et *Botryosphaeria* sp. (combiné à l'attaque par la cigale observée dans des vergers en condition de sécheresse).

Des champignons de faiblesse tels que *Diplodia seriata* et *Nothophoma quercina* ont été également rencontrés sur amandier dans la région de Sfax. Compte tenu de leur forte polyphagie, ils peuvent également infecter l'olivier et provoquer la formation de chancres et des signes de dépérissement au niveau des branches et des rameaux.

## Mesures d'atténuation des Problèmes Phylosamitaires

- ✓ Désherbage régulier des vergers pour réduire la concurrence pour l'eau ;
- ✓ Procéder par une irrigation complémentaire raisonnable pour conserver une humidité optimale du sol et préserver l'intégrité des racines ;
- ✓ Pratiquer un traitement hivernal préventif pour lutter contre les maladies de bois ;
- ✓ Procéder par une taille adéquate qui favorise une bonne aération pour réduire les chancres provoqués par les champignons de faiblesse ;
- ✓ Eviter la récolte par bâton pour ne pas provoquer des blessures et prédisposer l'arbre aux attaques fongiques ;
- ✓ Arracher les arbres morts et les incinérer aussi rapidement que possible en cas d'infection pour ne pas servir de lieux de reproduction pour les champignons ;
- ✓ Eviter la compaction des sols qui peut accentuer les problèmes phytosanitaires ;
- ✓ Amender le sol avec de la matière organique pour améliorer la rétention d'humidité et la porosité du sol, ainsi que la diversité de microbiome utile.

Maladies	Les maladies telluriques	
	La Verticilliose	La Verticilliose
Agent Causal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Cylindrocarpon destructans</i> </li> <li>- <i>Armillaria mellea</i></li> <li>- <i>Macrophomina phaseolinae</i> </li> <li>- <i>Fusariumoxysporum</i></li> <li>- <i>Fusarium solani</i></li> <li>- <i>Rhizoctonia solani</i> </li> </ul>	 <p><b>Verticillium dahliae</b> un champignon polyphage qui infecte plus que 300 espèces végétales, il envahit le système vasculaire de son hôte et entrave l'assimilation de l'eau</p>
Symptômes & Dégâts	  <p>Dessèchement sur jeunes oliviers par <i>Fusarium solani</i></p>  <p>Pourriture racinaire (<i>Fusarium solani</i> et <i>Rhizoctonia solani</i>)</p>	 <p>Dépérissement de quelques rameaux</p>  <p>Ecorce de couleur brun-violacée</p>  <p>Brunissement interne du bois</p>
Facteurs environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les attaques de la verticilliose et/ou des d'autres maladies de dépérissement causées par les champignons telluriques sont plus accentuées sur les oliviers suite à une période de sécheresse prolongée. Ces maladies telluriques ont été signalées pour la première fois en Tunisie dans la région de Mahrès (Triki et al., 2006) puis dans d'autres régions comme Menzel Chaker, Bir Ali et Elhencha (Triki et al., 2011).</li> <li>- La verticilliose de l'olivier est négativement affectée par la sécheresse qui inhibe la germination de <i>Verticillium dahliae</i> et limite son pouvoir pathogène que le syndrome de dépérissement est négativement affecté par la sécheresse, et que son incidence est moins importante dans les vergers sous régime pluvial</li> </ul>	
Mesures de Lutte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Éviter ; les cultures maraîchères en intercalaires, les sols contaminés, les blessures racinaires, ...</li> <li>- Irrigation et fertilisation équilibrée.</li> <li>- Désinfection du matériel de taille et traitement fongicide systémique.</li> <li>- Effectuer la technique de solarisation dans les parcelles contaminées</li> <li>- Traiter par irrigation les oliviers aux premiers stades d'attaques par (Azoxistrobine + méfénoxamé) et refaire après deux semaines avec Fosétyl-Al par irrigation et/ou par pulvérisation foliaire.</li> <li>- Irriguer avec une solution de champignons Mycorrhiziens afin de stimuler la croissance et la défense des arbres attaqués contre les phytopathogènes du sol.</li> </ul>	

Maladies	Les maladies de bois	
Agent Causal		<p>Neofusicoccum australe (a), Nectria sp., Nigrospora sp. (b), Phoma fungicola, Botryosphaeria obtusa (c)</p>
Symptômes & Dégâts		<p>Symptômes sur olivier</p> <p>Chancres sur rameaux d'olivier </p>
Facteurs environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La sécheresse favorise les maladies de bois par la réduction des capacités de l'arbre à produire des molécules de défense ou par augmentation du pouvoir pathogènes des bio-agresseurs.</li> <li>- La période de sécheresse prolongée provoque des endommagements au niveau des branches et rameaux ce qui facilite leurs envahissements par les insectes vecteurs de certaines maladies.</li> <li>- Des signes de dépérissement sont aussi favorisés par les attaques de champignons de bois suite à des conditions de précipitations continues avec des températures modérées suite à des périodes de sécheresse ou bien pendant un hiver doux.</li> <li>- Dans certaines conditions de sécheresse des attaques combinées d'insectes ravageurs et de champignons phytopathogènes (véhiculés) peuvent causer la formation de chancres sur les jeunes rameaux provoquant leur dépérissement.</li> </ul>	
Mesures de Lutte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Couper et incinérer les rameaux et/ou les branches dépéris (environ 15 cm du chancre);</li> <li>- Traiter par pulvérisation avec la bouille bordelaise (éviter la période de floraison)</li> </ul>	

NB. Il est fortement recommandé de procéder aux méthodes de lutte culturales basées sur des mesures préventives avant de procéder aux fongicides chimiques afin d'éviter les risques de résidus chimiques dans les huiles extraites.

## 8 Innovation pour l'atténuation de l'impact de la sécheresse

### 8,1 Adaptation variétale

Le patrimoine oléicole tunisien est très riche en cultivars et écotypes locaux, ce qui témoigne de l'illustre passé de l'olivier dans ce pays. Les travaux de prospection et d'identification de l'olivier en Tunisie ont commencé depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle. Ces travaux ont permis d'identifier plus de 140 variétés et écotypes locaux à travers toutes les zones de production, dont 56 variétés ont été identifiées, caractérisées et présentées dans le catalogue des variétés autochtones et types locaux (Figure 14). Pour mieux enrichir le choix des producteurs, ce patrimoine variétal, en plus de 54 variétés introduites, ont été multipliés et conservés dans une collection nationale de l'olivier à Boughrara dans la région de Sfax. Cette richesse génétique a fait l'objet de plusieurs études de différents aspects à savoir le comportement agronomique, la plasticité d'adaptation variétale et la qualité des huiles d'olives produites.

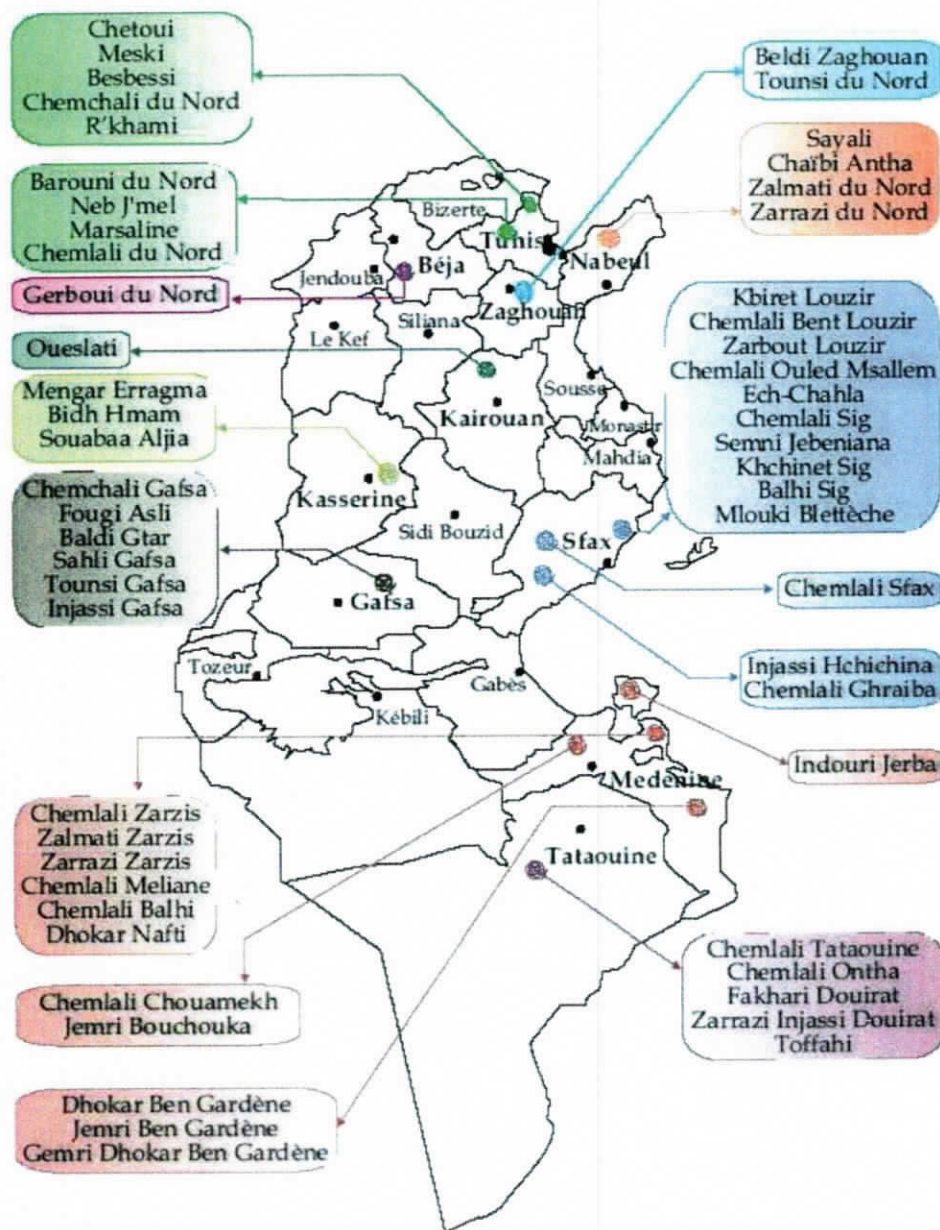


Figure 14. Oliviers de Tunisie : Sites et répartition spatiales des variétés autochtones et des types locaux (Trigui et Msallem et al., 2002).

Au niveau de la région de Sfax, la prospection de l'olivier a été effectuée dans différentes localités à savoir Djbeniana, El Hencha, Menzel Chaker, Kerkennah et Mahres. Ce travail a permis d'identifier plus que 24 variétés et écotypes locaux (Figure 15). Cependant, malgré cette richesse génétique, la variété locale Chemlali Sfax est traditionnellement la plus cultivée dans la région de Sfax (Figure 16) et en particulier dans les zones cibles du projet. Il s'agit d'une variété à huile caractérisée par son adaptation assez large à différents environnements et sa productivité. Cette variété représente près de 60 % des plantations et s'étend dans les régions du centre et du sud de la Tunisie.

La variété Chemlali est une variété population et le programme de sélection massale au sein de cette population, basée sur la régularité de la production et la qualité des huiles produites, a permis d'identifier des clones Chemlali avec des meilleures performances (production élevée, composition acide selon les normes du COI, haute teneur en composés phénoliques et huile très stable). De plus, pour mieux répondre aux besoins de producteurs et faire face aux changements climatiques, le programme d'amélioration génétique de l'olivier a pu sélectionner un premier lot de cinq nouvelles variétés inscrites en 2017 (JORT, 2017) avec un potentiel amélioré et une composition acide meilleure (acide palmitique entre 10,7 et 14% ; acide oléique entre 70 et 76,7% ; acide linoléique entre 8,5 et 14,5%) par rapport à la variété de référence Chemlali Sfax.

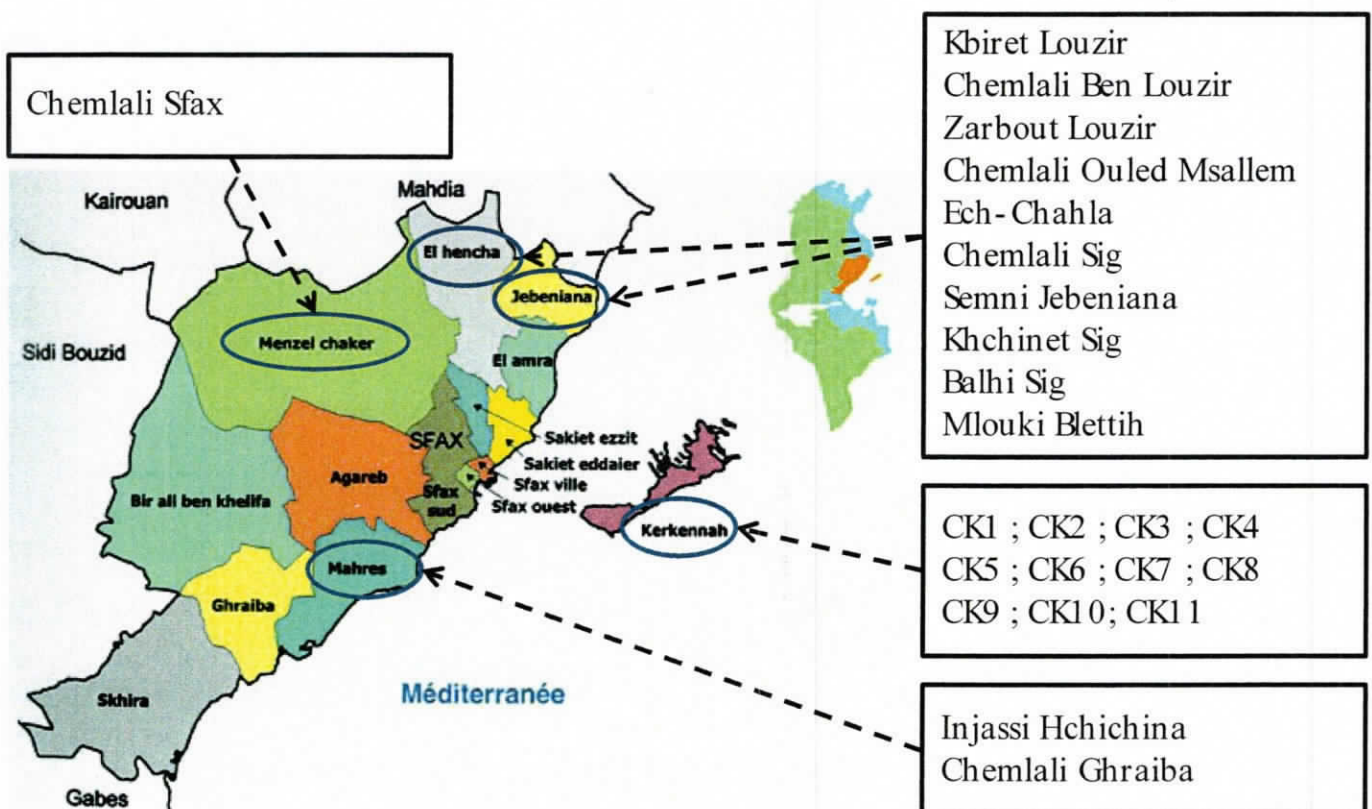


Figure 15. Les variétés autochtones et les écotypes prospectés dans la région de Sfax



pour faire face à la sécheresse l'olivier a développé un ensemble de stratégies adaptatives qui semblent fonctionner simultanément. Des symptômes de stress hydrique ont été observés sur les arbres mais d'une manière variable en fonction des variétés étudiées (Figure 17). Généralement, le premier symptôme est le jaunissement des feuilles suivi par l'apparition des nécroses apicales. Les taches des nécroses deviennent de plus en plus larges pour arriver enfin à une feuille totalement nécrosée. En se basant sur le critère morphologie, la variété 'Chemlali Jerba' semble être la plus sensible à la sécheresse. Cependant, les variétés 'Chemlali Sfax' et 'Koroneiki' n'ont pas montré des symptômes de nécrose ou de jaunissement, mais seulement des faibles chutes des feuilles adultes.

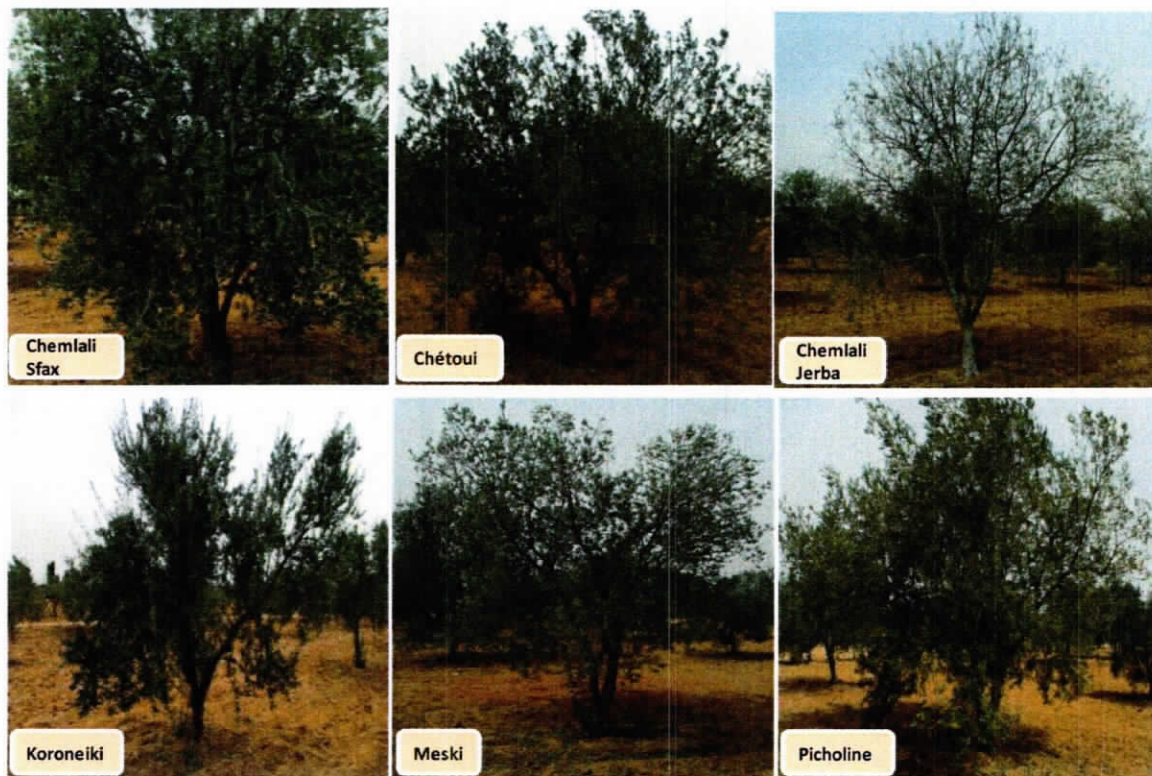


Figure 17. Symptômes de la sécheresse en fonction de la variété étudiée.

Les critères les plus remarquables, permettant de distinguer entre ces différentes variétés, sont l'état hydrique des arbres, les mouvements des stomates et l'activité photosynthétique. Une diminution de la photosynthèse et du contenu relatif en eau accompagnée par une fermeture des stomates pour limiter les pertes d'eau par transpiration pour la majorité des variétés ont été observées. Cependant, une inefficacité du contrôle stomatique, pour le maintien de la turgescence des feuilles, a été enregistrée chez la variété 'Chemlali Jerba', prouvée par le faible pourcentage des stomates fermés (15%) suite à une longue période de sécheresse.

Tenant en considération ces différents paramètres, nous pouvons conclure que les variétés 'Chemlali Sfax' et 'Koroneiki' ont des potentialités adaptatives très importantes leur permettant de supporter les conditions sèches. Alors que les variétés 'Chemlali Jerba' et 'Picholine' apparaissent a priori les plus sensibles à la sécheresse, présentant les contenus relatifs en eau et l'activité photosynthétique les plus faibles et par conséquent les symptômes de déficience en eau les plus accentués.

**Les variétés 'Chemlali Sfax' et 'Koroneiki' ont des capacités adaptatives très importantes face aux conditions climatiques sévères de la région de Sfax.**

## 8,2 Utilisation de capteurs connectés pour le suivi de l'état des parcelles

En plus d'une station météorologique, plusieurs capteurs connectés peuvent être utilisés au niveau de la parcelle pour contrôler l'humidité du sol au niveau de la rhizosphère et l'état de l'olivier.

Les capteurs de l'humidité du sol peuvent être radioactifs, capacitifs, résistifs. La sonde à neutron est un capteur très efficace mais peu utilisé à cause de son caractère radioactif contraignant et du besoin d'une grande technicité de l'opérateur. Les capteurs résistifs se base sur la conductivité électrique du sol. Cette méthode est simple d'usage et peu chère mais ces capteurs souffrent d'une faible précision et de dépendance de la salinité du sol et de sa qualité. Ces capteurs nécessitent un calibrage pour chaque point d'installation. Les capteurs capacitifs peuvent se baser sur la mesure de la permittivité diélectrique de matériaux tels que l'alumine ou l'oxyde d'aluminium ou de polymères. Ces capteurs renferment un condensateur dont la capacité varie en fonction de l'humidité. Ces capteurs sont simples d'usage mais leur portée est limitée à quelques centimètres autour du capteur. De ce fait, la position du capteur est primordiale pour la fiabilité des mesures. Le deuxième type de capteurs capacitifs est électromagnétique. Ces capteurs se basent sur la mesure de la transmission d'une impulsion électromagnétique dans le sol. La vitesse de propagation de l'impulsion est fortement corrélée avec l'humidité du sol. Le troisième type se base sur la mesure de la succion du sol exercée sur le capteur. Ces capteurs sont généralement constitués d'une bougie poreuse et d'un capteur de pression. La succion du sol ou pression exercée sur le capteur est inversement proportionnelle à l'humidité du sol. Ces capteurs sont simples d'usage et fiables toutefois leur emplacement est primordial pour la fiabilité des mesures. Les capteurs résistifs et capacitifs sont relativement bon marché et simples d'usage permettant l'installation de plusieurs capteurs en fonction des emplacements et de la profondeur. Toutefois tous ces capteurs nécessitent des calibrages et des grilles de lecture différentes avec la nature du sol.

Ces capteurs donnent une image en temps réel de la disponibilité de l'eau pour les plantes et peuvent détecter d'une manière précoce l'assèchement du sol sans recours aux données climatiques (Figure 18). Ceci permettra le déclenchement précoce des mesures d'adaptation et de lutte.



Figure 18. Installation de capteurs capacitifs et résultats de mesures à différents niveaux.

L'état de l'olivier peut être suivi par l'installation de capteurs connectés au niveau de différents organes. Différents types de capteurs existent. Certains mesurent le flux de sève (Figure 19) montante pour déduire la quantité d'eau transpirée par l'arbre. Cette quantité devrait compenser la demande évaporative de l'air. Le ralentissement du flux de sève malgré une demande évaporative atmosphérique importante indique soit la rareté de l'eau dans le sol ou un problème physiologique ou phytosanitaire. De ce fait, il faudra un diagnostic complémentaire sur site pour prendre la décision adéquate. D'autres capteurs mesurent la turgescence des cellules notamment au niveau des feuilles. Une baisse de turgescence indique une mauvaise alimentation hydrique qui peut être due à un manque d'eau au niveau du sol ou à un problème physiologique ou phytosanitaire. De ce fait, il faudra un diagnostic complémentaire sur site pour prendre la décision adéquate.

Un troisième type de capteurs s'intéresse à la micro-variation du diamètre de la brindille, la branche ou du tronc. Cette micro-variation indique la satisfaction du besoin hydrique de l'olivier. Une chute importante du diamètre indique une mauvaise alimentation hydrique qui peut être due à un manque d'eau au niveau du sol ou à un problème physiologique ou phytosanitaire. De ce fait, il faudra un diagnostic complémentaire sur site pour prendre la décision adéquate. Des capteurs de la réponse spectrale peuvent être installés au niveau de la parcelle. Ces capteurs peuvent avoir différentes résolutions spectrales qui correspondent au nombre de couleurs qui peuvent être distinguées que ce soit dans le visible (rouge, vert, bleu),

le proche-infrarouge, le moyen infrarouge, l'infrarouge thermique, etc. Ces différentes couleurs sont bien corrélées aux propriétés de la végétation. L'eau absorbe la lumière dans la couleur moyen infrarouge. Ainsi, cette couleur est fortement corrélée à la teneur en eau chez les feuilles des plantes. Par exemple, si le capteur observant cette couleur, montre une image sombre ceci signifie une forte absorption dans ce domaine et donc la présence de l'eau. Les images seront alors interprétées par rapport à une échelle préétablie pour savoir l'état de l'alimentation hydrique de la plante. Cette étape peut être automatisée à l'aide d'un algorithme spécifique.

Tous les capteurs cités plus haut peuvent refléter en temps réel l'état de la parcelle et orienter vers les actions à prendre. Toutefois ces techniques nécessitent un investissement, une technicité et une expertise.

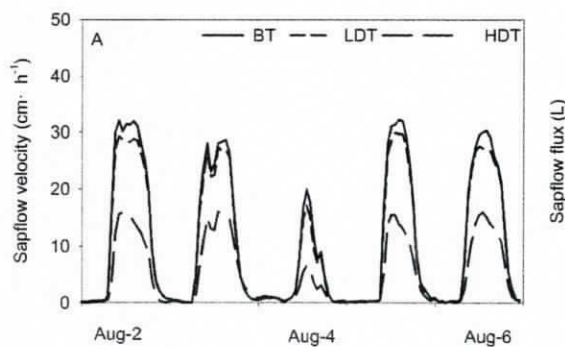


Figure 19. Installation de capteurs de flux de sève et résultats de mesures sur une semaine

### 8,3 Apport de la télédétection pour le suivi de la végétation

La télédétection est un outil puissant de surveillance qui permet de détecter les propriétés des surfaces et des phénomènes à distance. En particulier, les satellites d'observation de la terre offrent la possibilité de suivre les propriétés des surfaces continentales, les océans et l'atmosphère en tout point de la planète avec un temps de revisite allant de quelques minutes à quelques jours et ceci dépend du champ de vision du capteur.

En effet, plus le champ de vision est important, plus il est possible de couvrir de larges étendus, mais dans ce cas, on est contraint à des restrictions physiques qui empêchent d'avoir des images à haute résolution. Inversement, quand le champ de vision est faible, la période de revisite d'un point sur la surface de la terre devient importante, mais en contrepartie il est possible d'avoir des images à très haute résolution.

Le choix d'un type de capteur par rapport à un autre dépend de la nature de l'application. Par exemple, en météo, les images à très basses résolutions spatiales sont largement suffisantes, mais on a besoin de plusieurs images par heure. Par exemple le satellite MeteoSat offre une résolution de 3km 3km et avec une période de revisite de 20 minutes.

Le besoin dans le domaine de l'agriculture correspond à des images à moyenne ou haute résolution de façon à pouvoir distinguer les différentes parcelles voir même pouvoir distinguer les arbres dans des applications particulières.

En plus de la résolution spatiale, le satellite est caractérisé par la résolution spectrale qui correspond au nombre de couleurs qui peuvent être distinguées que ce soit dans le visible (rouge, vert, bleu),

le proche-infrarouge, le moyen infrarouge, l'infrarouge thermique, etc. Ces différentes couleurs sont bien corrélées aux propriétés de la végétation. Par exemple, plus la teneur en chlorophylle chez la plante est importante plus elle absorbe de la lumière visible et en particulier dans le rouge.

Ainsi, plus la couleur rouge observée par le capteur est sombre plus la teneur en chlorophylle est importante.

Inversement, si la couleur rouge est brillante, ceci pourrait impliquer la sénescence de la plante ou la présence d'anomalies et de stress. De même l'eau absorbe la lumière dans la couleur moyen infrarouge.

Ainsi, cette couleur est fortement corrélée à la teneur en eau chez les feuilles des plantes. Par exemple, si le capteur observant cette couleur, montre une image sombre ceci signifie une forte absorption dans ce domaine et donc la présence de l'eau. En particulier, si la scène visée est de la végétation ceci signifie l'abondance de l'eau dans les feuilles.

Les satellites Sentinel 2A et 2B sont un exemple de capteurs dédiés à l'agriculture. Ils ont une résolution de 10m avec une cadence de revisite de l'ordre de 10 jours chacun et ensemble ils divisent cette période pour obtenir 5 jours. Ils disposent de 10 bandes (i.e. couleur) dans le visible, proche-infrarouge et le moyen-infrarouge. Ces satellites ont bien montré leur capacité à suivre l'état des oliviers en Tunisie. La Figure 20 présente un exemple de zone d'étude qui est en hyper-intensif.

L'objectif de notre étude est d'estimer le besoin en eau des plantes. Pour cette raison, nous utilisons les données satellites pour retrouver les teneurs en eau et en chlorophylle ce qui va permettre de savoir le besoin exact de la plante.

La Figure 21 montre un exemple d'estimation des cartes des propriétés de la végétation du champ Hanchir Aziz.

Nous voyons bien que la chlorophylle est globalement assez intense, ceci n'est pas le cas pour la teneur en eau où on voit une teneur moyenne sur la majorité du champ avec quelques maximas qui apparaissent dans les vallées qui retiennent l'eau ruisselante.

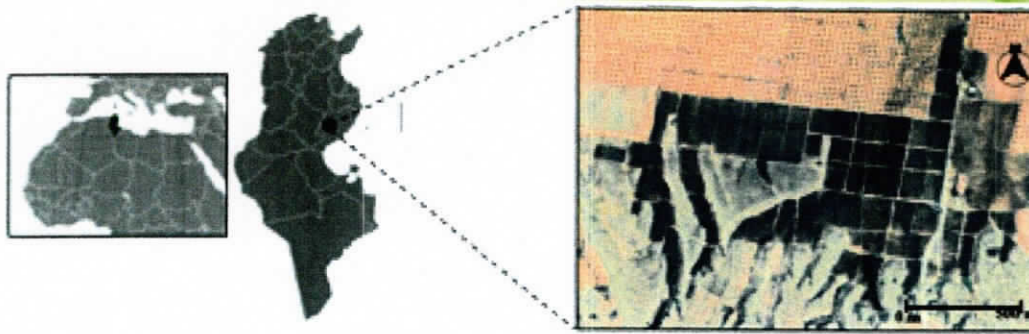


Figure 20 : Zone d'étude (image Google Earth) Hanchir Aziz, située à Sfax.  
 Coordonnées : (coin supérieur gauche: 35, 00 59 N, 10, 07,33 E; coin inférieur droit: 13 00 35 N, 00 10,09 E). La superficie de l'oliveraie en hyper intensif est de 60 hectares.

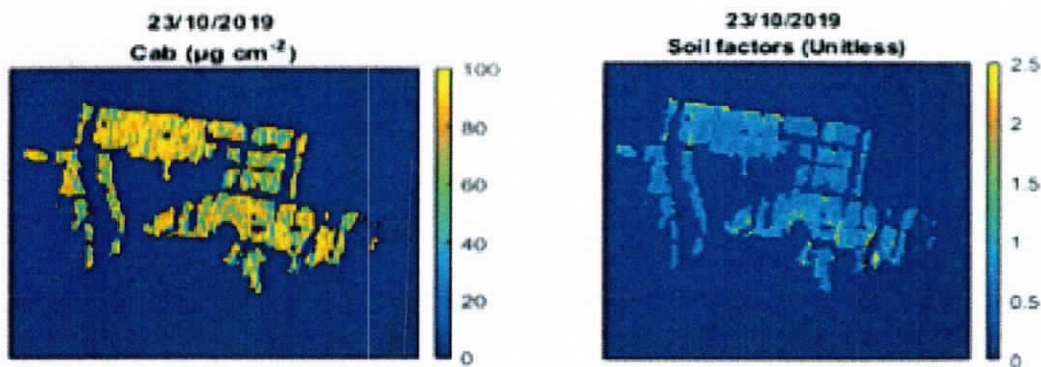


Figure 21 : Cartes des propriétés biophysiques de la végétation de Hanchir Aziz

#### 8,4 Valorisation de la disponibilité en eau du sol

Le sol est un facteur très important sur lequel on peut jouer pour augmenter la résistance à la sécheresse. La quantité d'eau maximale que le sol peut absorber et restituer aux plantes est le stock d'eau du sol qualifiée de réserve utile (RU). Ce stock dépend de la pluviométrie et de l'eau perdue par évapotranspiration et par ruissellement. Afin d'augmenter la réserve utile du sol, les principales stratégies consistent à :

- Optimiser l'infiltration de l'eau dans le sol pour éviter le ruissellement, ceci en appliquant les techniques de récolte de l'eau (Figure 22), des techniques de conservation de l'eau et du sol et un travail du sol raisonné ;
- Limiter l'évapotranspiration ;
- Améliorer la capacité de rétention d'eau du sol pour limiter le drainage



Figure 22. Système de collecte des eaux de pluie.

La gestion des plantations doit être adaptée à la situation climatique. En cas de l'installation de la sécheresse en se basant sur les indicateurs climatiques il faudra donc assurer la réalisation de tous les travaux qui sont de nature à assurer une valorisation maximale des eaux de pluies par la plante :

**Travail du sol :** bien qu'améliorant l'état du sol, affecte la capacité de rétention en eau, l'aération du sol et les possibilités d'infiltration. Afin de remédier à cela l'agriculteur peut pratiquer un travail simplifié du sol en d'autres termes un travail du sol moins intensif que le travail conventionnel (avec labour). La suppression du travail du sol durant la période allant de novembre à février et même d'octobre à mars (Figure 23). L'impact du non-labour durant la période hivernale sur les autres caractéristiques physico-chimique d'un sol sableux calcaire en milieu aride permet :

- Une meilleure infiltration de l'eau de pluie grâce à au système racinaire qui a créé des canaux préférentiels pour la circulation de l'eau ;
- Une amélioration l'épaississement de la couche arable en s'enfonçant dans la zone compactée (semelle de labour) ;
- L'enrichissement du sol en matière organique et en azote.

**Apport de matière organique :** Un des rôles de la matière organique est l'amélioration de la structure du sol, surtout dans les sols pauvres en agents d'agrégation. Elle intervient en effet dans la formation et la stabilité des agrégats et augmente la cohésion entre les particules minérales du sol par la formation de complexes argilo-humiques permettant d'augmenter la résistance du sol à l'éclatement par humectation. Une agrégation stable permet l'obtention d'une bonne structure du sol avec une porosité plus élevée, une protection contre l'érosion et la formation d'une croûte de battance. Il est recommandé si ce n'est nécessaire d'apporter des amendements organiques sous forme compostée ou fraîche ou engrais vert.



Figure 23 Travail du sol réduit en oliveraie pluviale.

### 8,5 Utilisation des mycorhizes

Les mycorhizes sont le résultat de l'association symbiotique, appelée mycorhization, entre des champignons et les racines des plantes (Figure 24). Grâce au mycélium très dense et ramifié qu'il développe autour des racines, le champignon multiplie par 1000 la surface de contact entre le sol et la racine, ce qui augmente les capacités d'absorption de l'eau par le système racinaire et par conséquent augmentent la tolérance des plantes aux différents stress environnementaux. Ils jouent également un rôle majeur dans le processus d'agrégation des particules du sol. Ils contribuent de ce fait à l'amélioration de la structure du sol, ce qui encourage la pénétration de l'eau, l'aération ainsi que la résistance à l'érosion et au lessivage. Il a été démontré que les plants en symbiose mycorhizienne présentent une meilleure conductivité hydraulique et un taux de transpiration réduit en situation de sécheresse. Cela établit un meilleur équilibre entre la transpiration de la feuille et le mouvement de l'eau dans les racines soumises au stress hydrique. De ce fait, les oliviers inoculés et infectés par les mycorhizes seront plus résistants à la sécheresse.

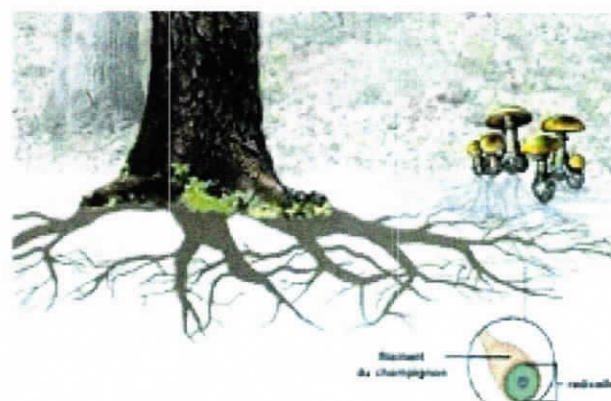


Figure 24. Symbiose mycorhizes –racines de plantes

## 8.6 Agroforesterie à base d'olivier

Les systèmes agro-forestiers constituent une alternative aux systèmes agricoles conventionnels pour atténuer les effets des changements climatiques sur la qualité des sols et les rendements des cultures agricoles. L'agroforesterie présente l'intérêt de l'association d'une diversité d'espèces aux modes de croissance et à l'architecture racinaire variés ce qui apporte une plus grande efficacité d'utilisation des ressources (Figure 25). L'agroforesterie se base sur les principes de multi-fonctionnalité (il a plusieurs fonctions et plusieurs usages) et de multi-temporalité (il fournit des services et des ressources à toutes les échelles de temps). Pour ce faire il faudra introduire d'autres cultures et l'élevage. Ceci diversifiera les sources de revenu et diminue la vulnérabilité des agriculteurs et des systèmes de production.



Figure 25. Système agro-forestier à base d'olivier.

Différents systèmes agro-forestiers à base d'olivier peuvent être adoptés. Des systèmes agro-sylvicoles d'association entre cultures et oliviers et des systèmes agro-sylvo-pastoraux d'association oliviers, cultures et élevage. Ces systèmes agro-forestiers à base d'olivier, ils sont généralement adoptés en vergers le plus souvent en mélange avec d'autres espèces fruitières (amandier, vigne, ...), médicinales et des cultures. Diverses cultures sont cultivées en dessous de l'olivier telles que les céréales, les fourrages et les légumineuses.

## 8.7 Gestion des plantations selon l'âge des oliviers

Suite aux évaluations faites lors de cycles de sécheresse qui ont sévi dans la région, il s'est avéré que la sévérité de l'impact du stress hydrique dépend de l'âge des oliviers. Ainsi la résistance de l'olivier à la sécheresse est plus efficace pour les arbres adultes que pour les arbres sénescents. D'où des modes de gestion de plantations en cas de sécheresse sont préconisés en fonction de l'âge des arbres.

Le cycle de vie d'une plantation d'olivier est caractérisé par trois phases. Le jeune âge qui s'étend sur les premières années de culture, depuis la plantation jusqu'aux productions de croisière. La seconde tranche d'âge est qualifiée d'adulte, durant laquelle les productions annuelles se développent jusqu'à un optimum pouvant être atteint vers 50 à 65 ans en culture pluviale. La troisième tranche est représentée par les plantations sénescentes dont l'âge a atteint 70 ans et plus. La sévérité de ce phénomène naturel évolue avec le temps (âge des oliviers). Au cours de cette phase, l'alternance des productions passe d'une fréquence souvent bisannuelle à tri annuelles et parfois pluri annuelles (1 année sur 4 ou sur 5) et les productions deviennent dérisoires et économiquement peu profitables.

Les productions quinquennales d'olives, enregistrées à la ferma Chaâl dans la région de Sfax, caractérisée par un sol sableux profond montre d'une manière explicite ces trois phases d'âge de l'olivier (Figure 26). En effet, la production à l'hectare est en augmentation continue jusqu'à l'âge compris entre 55 à 70 ans en atteignant une moyenne annuelle de 1242 Kg. Après cet âge, une régression est observée et à 90 ans, la production à l'hectare n'est que de 270 Kg, soit 22 % de la production optimale.

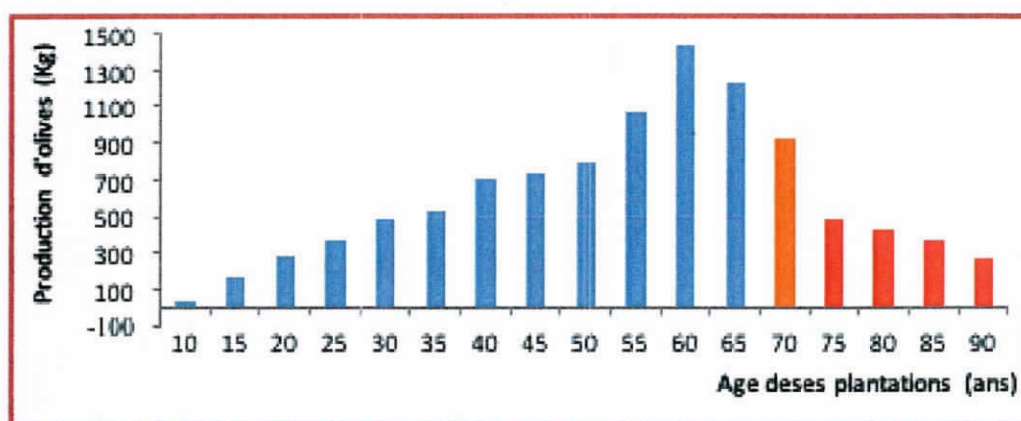


Figure 26. Evolution de la production d'olive en fonction de l'âge des oliviers dans la région de Sfax.

### Plantations adultes en production

Dans ce cas des arbres adultes et en plus des pratiques d'amélioration du stock d'eau dans le sol, d'autres opérations sont fortement recommandées pour atténuer l'impact de la sécheresse :

- La réalisation d'une récolte précoce des olives qui permet outre, l'amélioration de la qualité de la production, d'assurer à la plante les conditions favorables pour reconstituer ses réserves et mieux résister à la sécheresse ;
- La taille précoce en assurant un équilibre entre la partie aérienne et souterraine sans faire une taille sévère qui risque de dénuder l'arbre et l'exposer aux coups de soleils.

## Plantations sénescentes

La sénescence des oliviers s'exprime par une faible croissance végétative, une forte accumulation de bois dit « bois mort » et des productions faibles et espacées. Une amplification du phénomène d'alternance se présente où l'alternance bisannuelle se trouve remplacée par une autre, pluri annuelles. Par ailleurs, les productions moyennes d'olives régressent d'environ 70 % par rapport à celles obtenues durant l'âge productif (adulte). Lors d'un long épisode de sécheresse (1999-2001) il a été démontré la superposition parfaite entre le pourcentage de pieds souffrants et le pourcentage de pieds sénescents alors que cette superposition n'a pas été conforme pour le pourcentage de pieds souffrants et le déficit hydrique (Figure 27).

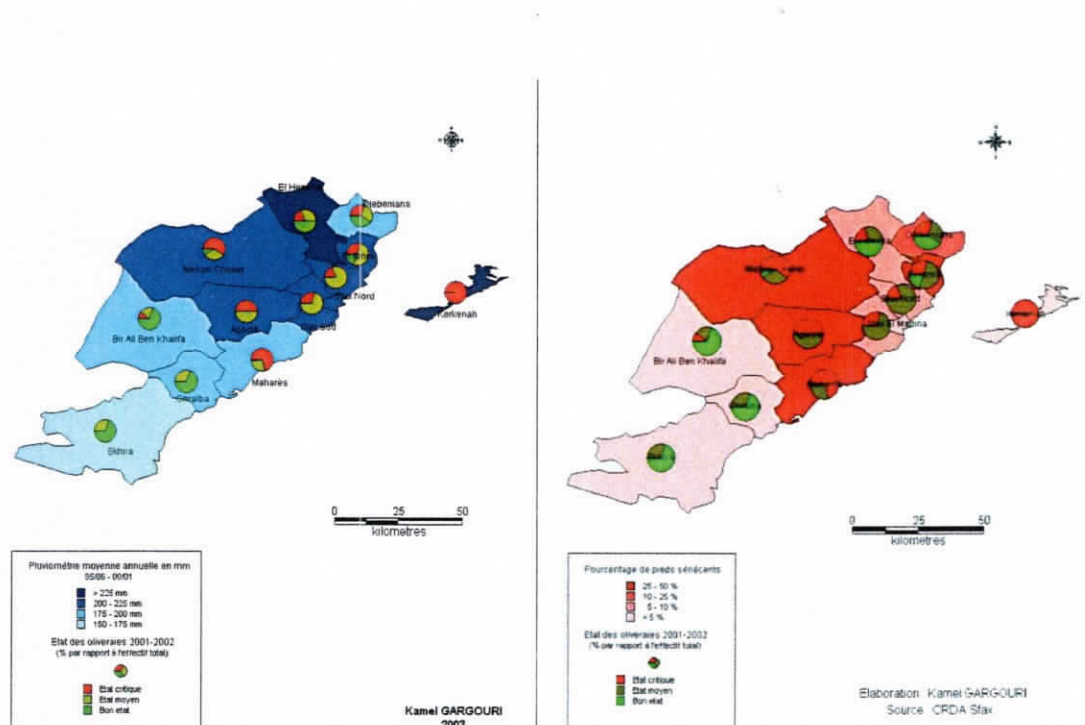


Figure 27. Réaction des oliviers à la sécheresse en fonction de la pluviométrie et de l'âge des plantations..

## Taille de rajeunissement

Durant les années 1980, une opération de taille sévère de rapprochement des branches charpentières, dite taille de 'rajeunissement' (Figure 28) a été réalisée sur une grande partie des arbres de la ferme Chaal.



Figure 28. Taille de rajeunissement de l'olivier

Le suivi régulier des productions des oliviers rajeunis durant 25 ans (1984 – 2009) a permis d'avoir des productions annuelles moyennes à l'hectare de 386 Kg sur les arbres non rajeunis et 734 Kg sur ceux rajeunis ; soit un accroissement annuel de 348 Kg ha<sup>-1</sup> (Figure 29). Cependant, si les 15 premières années, les différences des productions des deux types d'arbres ont dépassé 60 %, au-delà de cette date, les arbres rajeunis sont revenus à la sénescence et une chute de leurs productions est observée. Ainsi, cette solution éphémère ne peut être reprise et l'amélioration des productions de l'arbre ne peut être maintenue indéfiniment.

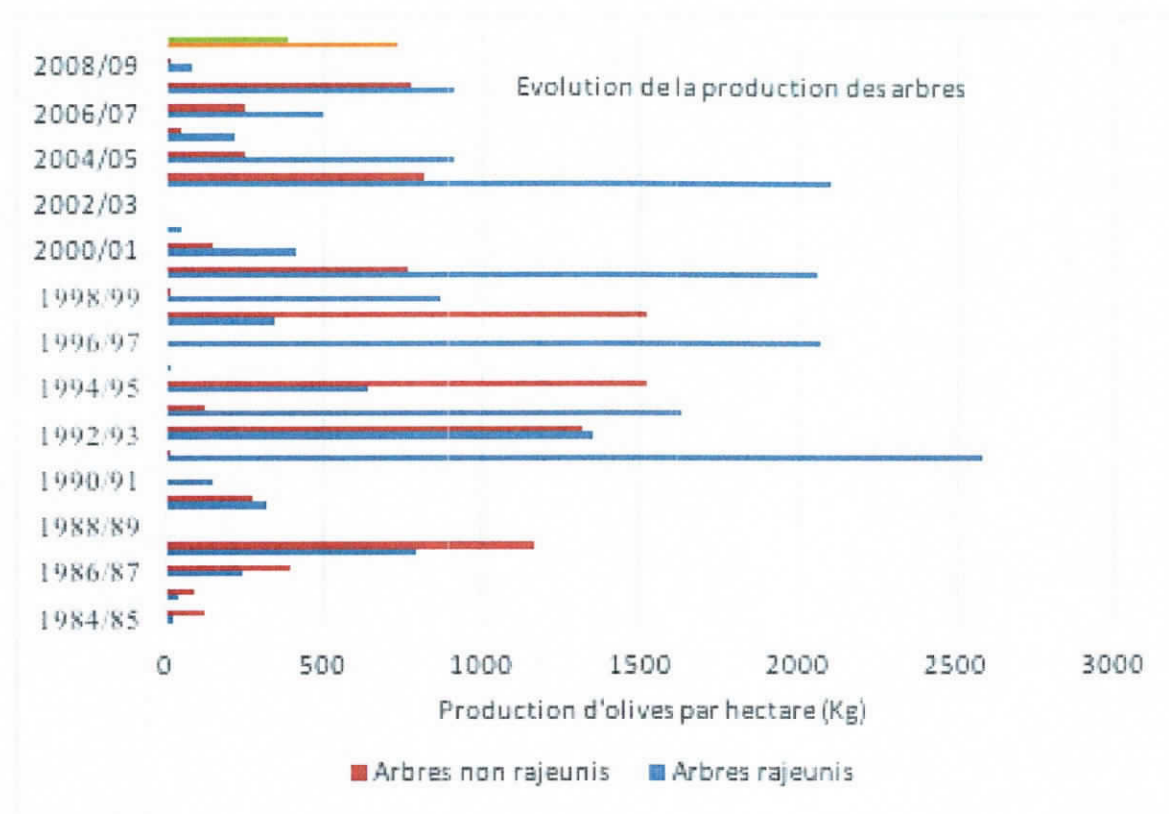


Figure 29. Evolution de la production des oliviers rajeunis et non rajeunis à la ferme Chaal (période 1984 – 2009).

### Renouvellement des plantations

Il ressort que le renouvellement des plantations âgées (> 70 ans) par l'arrachage et la replantation à base de boutures herbacées est une mesure importante pour améliorer la résilience des plantations face à la sécheresse. En effet, les jeunes plantations résisteront mieux à la sécheresse et permettront progressivement d'atténuer les fluctuations inter annuelles de la production.

### 8,8 Recours à l'irrigation

La région de Sfax souffre d'une pénurie d'eau en quantité et en qualité. Toutefois, des apports d'eau sont bien recommandés en cas de disponibilité en tant qu'irrigation d'appoint pour assurer une meilleure rentabilité ou en tant qu'irrigation de sauvegarde en période de sécheresse pour la survie des arbres.

## Irrigation d'appoint

Cet apport peut être qualifié d'irrigation complémentaire en cas d'apport réduit et continu et peut être ciblé durant les phases critiques au manque d'eau. Ceci permettra de garantir une production et un développement végétatif. Les phases propices pour mieux valoriser les apports d'eau de complément pour l'olivier en cas de déficit pluviométrique sont :

- i) Phase 1 : février – avril : différenciation florale, vague de croissance printanière et développement des inflorescences,
- ii) Phase 2 : mai – juillet : nouaison des olives, premier stade de leur développement, stade de durcissement des noyaux des olives, vague de croissance estivale et induction et d'initiation florale
- iii) Phase 3 : mi-août – septembre : la vague de croissance automnale, grossissement des olives,
- iv) Phase 4 : Octobre – novembre maturation des olives, fin de la croissance automnale et constitution des réserves.

## Irrigation de sauvegarde

L'objectif de l'irrigation de sauvegarde est de sauver l'olivier sans assurer de croissance végétative ni de production. Le principe se base aussi sur l'augmentation de l'efficacité de l'eau apportée, l'économie de l'eau et la mécanisation de la technique pour les grandes superficies. L'irrigation de sauvegarde est à préconiser en cas de déficit hydrique prolongé. Dans ce cas, il est préconisé d'apporter l'eau dans des tranchées de part et d'autre de l'olivier. Ces tranchées seront recouvertes après infiltration. Des doses allant de 1666 à 2500 l/arbre, en tenant compte du type de sol, sont suffisantes pour sauver l'olivier pour plusieurs mois. De plus en cas d'utilisation de paillage plastique nous pourrions utiliser des doses plus faibles de l'ordre de 1000 l/arbre.

## Techniques d'irrigation

Plusieurs techniques peuvent être appliquées pour apporter l'eau afin de compenser le déficit hydrique.

**Technique d'irrigation par jarre** : c'est une des techniques les plus anciennes pour l'irrigation de l'olivier est l'utilisation de jarres en terre cuite poreuse enterrées au pied de l'arbre. Ces jarres sont remplies périodiquement par l'eau qu'elles diffusent par suintement sur une longue période permettant l'alimentation de la plante surtout durant les mois secs. La durée de diffusion de l'eau dépend de plusieurs facteurs à savoir : la porosité de la jarre, l'humidité du sol, le volume de la jarre et la nature du sol qui conditionne sa succion.



Figure 30. Technique d'irrigation par jarre.

**Technique d'irrigation par tranchées ou double cuvette :** l'apport d'eau ponctuel pour face à un déficit pluviométrique peut se faire grâce à la confection des tranchées de part et d'autre de l'arbre à la limite de la frondaison facile à réaliser par un engin de labour profond. Cette technique est adoptée pour apporter une quantité importante en une seule fois. Après irrigation, les tranchées sont remises à niveau pour limiter l'évaporation. L'apport de complément peut aussi être fait en réalisant de double cuvette pour assurer une meilleure valorisation de l'eau apportée et éviter le contact d'eau avec le tronc.

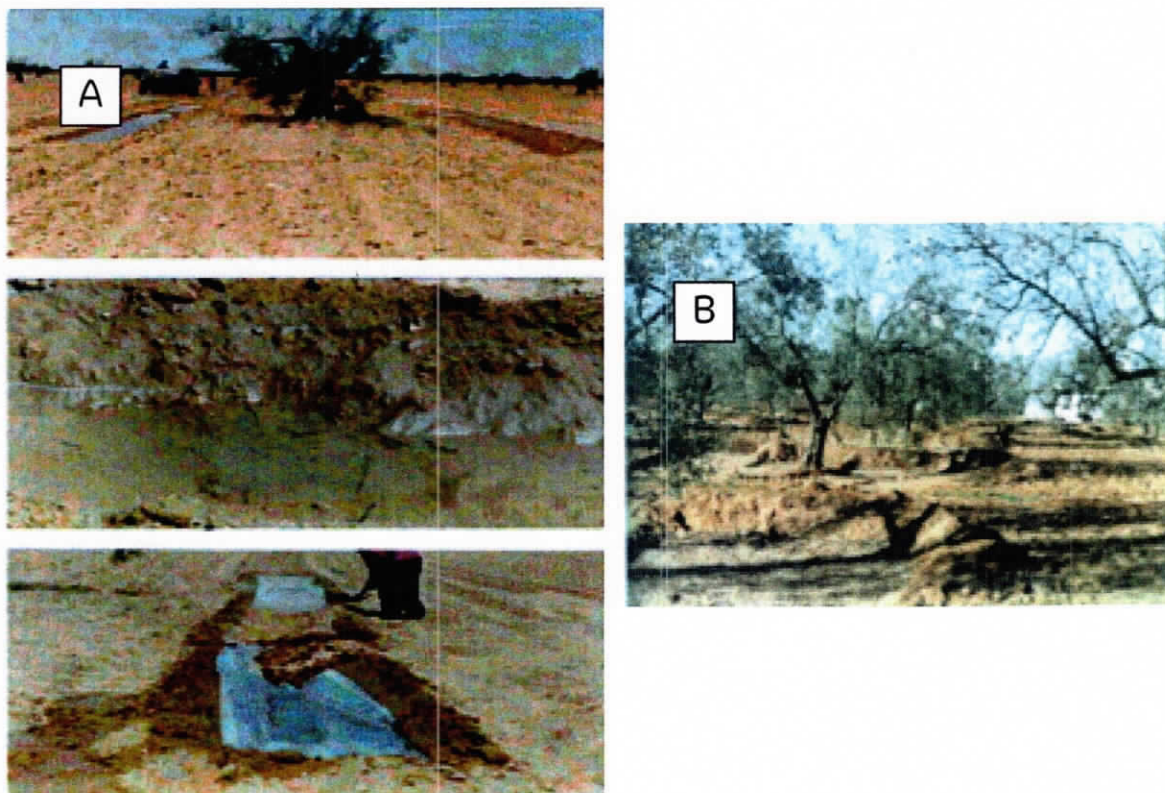


Figure 31. Technique d'irrigation par tranchées (A) ou double cuvette (B).

### Technique de réservoirs diffuseurs

:  
la technique en jarre a inspiré plusieurs innovations ou adaptation des réservoirs diffuseurs souterrains.

Parmi ces techniques ils y celle confectionnées sur place d'une manière durable comme les poches en pierres et les diffuseurs souterrains industrialisés ou éphémères comme l'enterrement des rafles de figuiers de barbarie, du fumier, du compost ou des polymères hydrophiles.

Ces installations peuvent être effectuées à la plantation pour assurer l'alimentation hydrique des jeunes plantules et entretenir

leur croissance ou dans les vergers adultes pour assurer des irrigations complémentaires.

Généralement ces réservoirs diffuseurs sont enterrés à une profondeur entre 30 et 60 cm avec un volume variable pouvant emmagasiner quelques dizaines ou centaines de litres d'eau. Ils sont reliés à la surface par un tube permettant leur remplissage. Les réservoirs éphémères ne sont généralement alimentés que par l'eau de pluie et par l'eau contenus dans ses composantes.

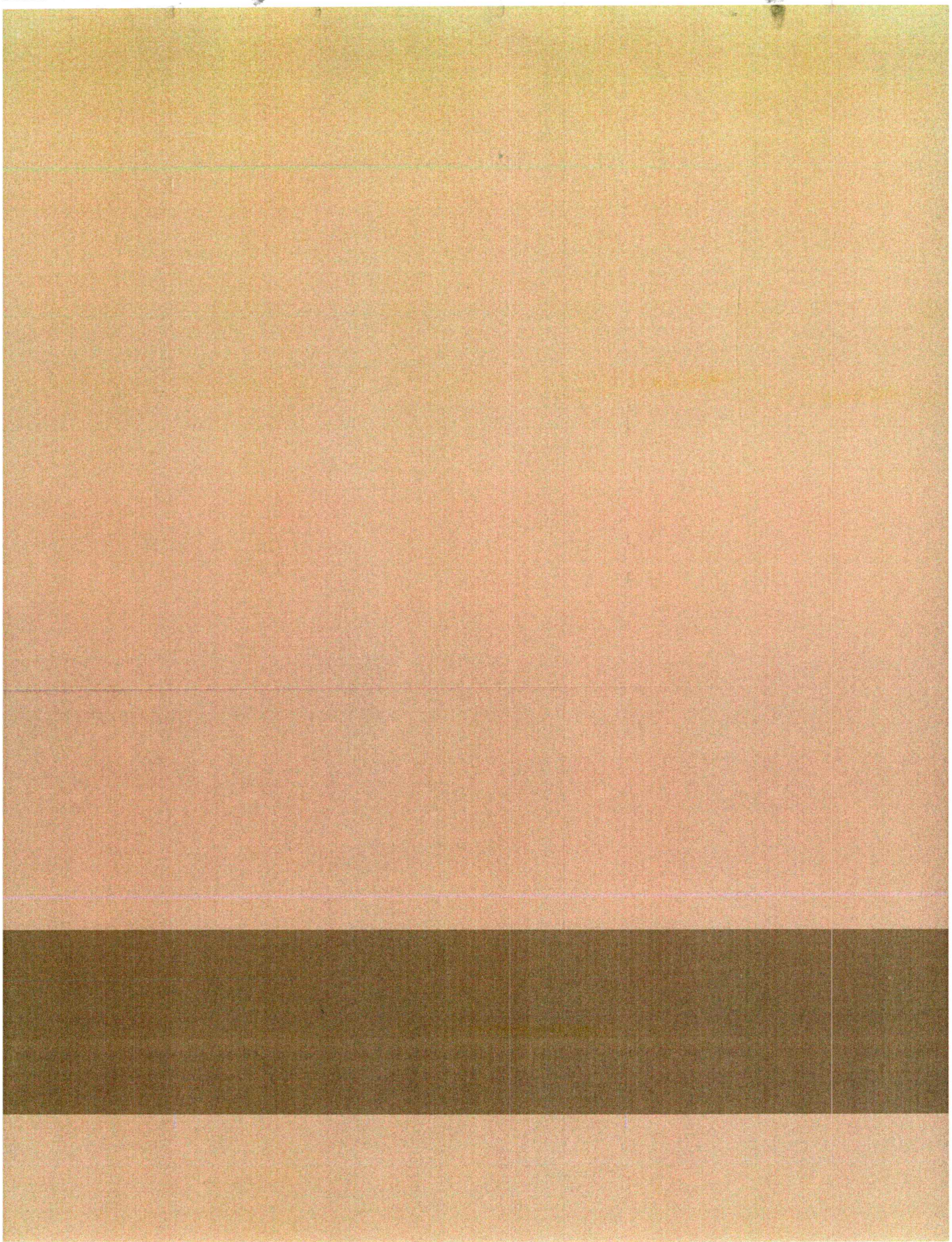


Figure 32. Technique d'irrigation par réservoirs diffuseurs.

## 9 Conclusion

Le présent guide est destiné à tous les acteurs de la production oléicole dans les délégations de Bir Al Ben Khelifa, Manzel Chaker et Hencha. Il permet à son utilisateur de définir et détecter la sécheresse et d'avoir les connaissances nécessaires pour la mise en place et la gestion des olivettes pour l'atténuation des effets de la sécheresse. Il retrace les innovations permettant la mitigation et l'adaptation à la sécheresse. Il est un outil performant pour l'aide lors de la prise de la décision.

Ce guide est muni d'une clé de lecture qui facilitera son utilisation pour des niveaux d'expertise divers.



2023