

# Étude de faisabilité des toitures végétalisées à la Commune de Gabes

Khaled Bedoui

## Table des matières

Liste des Figures .....	4
Liste des Tableaux .....	5
1. Introduction .....	6
2. Présentation générale des toitures/ terrasses végétalisées : définition, composition, avantages et inconvénients.....	7
2.1. Composition d'une toiture végétalisée .....	7
2.2. Avantages spécifiques des toiture végétalisées dans la ville de Gabes .....	10
2.3. La différence entre toiture végétalisée et l'agriculture urbaine sur toit .....	12
3. Etat de lieux des expériences des toitures végétalisées dans la région Sud de la Méditerranée. ....	13
3.1. Les expériences des toitures végétalisées au Maroc .....	14
3.2. En Tunisie : Des initiatives des toitures et des murs végétalisés ainsi que des expériences pilotes d'agriculture urbaine sur la toiture. ....	17
3.3. En Egypte : Quand le moindre espace devient support d'agriculture urbaine. Un homme au Caire transforme sa toiture en espace de production .....	20
3.4. Toitures végétalisées en Algérie.....	22
3.5. Conclusion .....	23
4. La problématique des toitures végétalisées à Gabes : Quel type de toiture est la plus adéquat à Gabes ? .....	23
4.1. Rappel des caractéristiques climatiques de la commune de Gabes .....	23
4.2. Les contraintes de conception des toits végétaux à Gabes .....	27
4.3. Bilan hydrique climatique.....	28
4.4. Identification de la toiture végétalisée la plus adaptée aux spécificités de la ville de Gabes ..	29
4.5. Morphologie urbaine, typologie de l'habitat à Gabes : quelle toiture végétale ?.....	31
5. Définition de la végétalisation adéquate pour le climat de Gabès .....	33
5.1. Les espèces recommandées pour les climats chauds .....	34
5.2. Capacité d'adaptation de la végétation aux différents stress.....	34
5.3. Stress au déficit hydrique (sécheresse).....	35
5.4. Stress thermique : Résistance aux températures élevées .....	36

6. Description des opérations de maintenance à réaliser, pour la durabilité des toitures/surfaces ....	40
6.1. Arrosage à l'installation de la végétalisation.....	40
6.2. Arrosage pour couvrir les besoins des végétaux en phase d'entretien .....	40
6.3. L'entretien des toitures végétalisées .....	41
7. Conclusion.....	45
<b>Annexe 1 : Proposition de modèle de Cahier de Charges Techniques d'une toiture/surface végétalisée</b>	<b>51</b>
1. Introduction.....	51
2. Informations générales .....	51
3. Hypothèse pour l'implémentation d'une toiture dans un bâtiment à Gabes.....	52
4. Conception et dimensionnement.....	53
5. Pratiques de mise en œuvre.....	55
6. Mise en œuvre de la végétation.....	61
7. Entretien :.....	63
Arrosage pour couvrir les besoins des végétaux en phase d'entretien .....	63
<b>Annexe 2 : Proposition de 5 terrasses/surfaces pour l'implémentation de la technologie en question..</b>	<b>68</b>

## Liste des Figures

Figure 1: Composition et différents types des toitures végétalisées.....	8
Figure 2: Toiture végétalisée réalisée par la société Ecovegetal Maroc à Oujda.....	14
Figure 3: Toiture végétalisée sur un complexe immobilier collectif « Le clos d’Anfa » – Casablanca, Maroc .....	15
Figure 4: Travaux de pose du substrat et de la végétation pour la toiture végétalisée de l’Institut National Supérieur de Musique et des Arts Chorégraphiques Rabat – Maroc.....	16
Figure 5 : Photos parking végétalisé à Rabat, Maroc .....	17
Figure 6: Mise en place des murs végétalisés dans l'école Robert DESNOS Tunis, conçu et réalisé par la société SICAP .....	18
Figure 7 : Photos des toitures végétalisées réalisées en Tunisie .....	18
Figure 8: Expériences d'agriculture urbaine sur la toiture de la banque UBCI Tunisie, siège sociale Avenu Habib Bourguiba,.....	19
Figure 9: Initiative innovante "Jenina à la médina" pour une agriculture urbaine valisant les toitures de l'ancienne Medina de Tunis.....	20
Figure 10: Végétalisation des toitures et Agriculture urbaine au Caire .....	21
Figure 11: Expérience pilote d'une toiture végétalisée en Algérie dans le cadre d'un projet de recherche.....	22
Figure 12: Carte des Isohyètes moyens en mm/an en Tunisie .....	24
Figure 13 : Variation Mensuelle de la pluviométrie pour l’2020-2021 à Gabes Ville.....	24
Figure 14 : Variation de la moyenne annuelle de précipitation dans le gouvernorat de Gabes.....	25
Figure 15: Températures mensuelles moyennes à Gabes (1991-2020).....	26
Figure 16: Nature de la végétation, épaisseur du substrat adéquat à la ville Gabes.....	33
Figure 17: Exemples des plantes xérophytes adaptées aux conditions climatiques de la ville de Gabes et aux toitures extensives .....	37
Figure 18: Enchaînement chronologique des différentes phases de mise en place et suivi de la végétalisation .....	43
Figure 19: Enchaînement chronologique des différentes phases de mise en place et suivi de la végétalisation .....	66



تتمين المياه العمرانية من خلال أعمال و أدوات متجددة  
Valorisation de l'eau urbaine à travers des actions  
et instruments innovateurs

## Liste des Tableaux

Tableau 1: Avantages et inconvénients des toitures à végétation intensive et extensive .....	9
Tableau 2 : La moyenne mensuelle de précipitation à Gabes Ville .....	25
Tableau 3 : Le nombre de jours de précipitation à Gabes .....	26
Tableau 4: Nombre de jours des tempêtes de sable et de sirocco à Gabès .....	27
Tableau 5: Répartition saisonnière de l'évapotranspiration (ETP) et du bilan hydrique (P-ETP) .....	28
Tableau 6: Comparaison des caractéristiques des toitures végétalisées .....	29
Tableau 7: Espèces végétales qui peuvent être plantées dans une toiture végétalisée à Gabes.....	37

## 1. Introduction

La Tunisie fait partie des pays du sud de la Méditerranée où les ressources en eau constituent l'un des biens les plus menacés. Cette situation a été amplifiée par les effets des changements climatiques qui ont accentués l'irrégularité pluviométrique par des événements pluvieux plus intenses et des périodes de sécheresse plus longues et plus fréquentes.

En outre, les zones urbanisées sont sévèrement touchées par le changement climatique. En cause, l'imperméabilisation des sols, l'omniprésence du bâti minéral, l'étalement urbain non contrôlé et la rareté du végétal et de l'eau en ville, qui sont autant de facteurs majeurs du dérèglement des cycles locaux de l'eau. Avec l'augmentation de la fréquence des épisodes de pluie violents, on constate des saturations rapides des réseaux d'assainissement, des inondations, des rejets polluants de plus en plus nombreux dans les milieux naturels...

Le développement, en ville, des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales est primordial non seulement pour lutter contre les saturations et les inondations mais aussi pour permettre de s'adapter aux effets du changement climatique et d'améliorer le cadre de vie urbain (embellissement des villes, amélioration de la qualité de l'air, réduction des îlots de chaleurs...)

Parmi ces techniques alternatives de gestion des eaux pluviales urbaines, on cite la végétalisation des toits qui contribuent à la réduction des ruissellements et sont dotées d'une forte capacité de rétention des eaux de pluies. Elles constituent, également, une substitution aux espaces verts au sol sacrifiés pour l'urbanisation, la création de microclimats et d'innombrables autres avantages ; d'ordre énergétique, environnemental, écologique, économique, social et autres.... Malgré qu'elles aient montré des très bonnes performances en termes d'amélioration de la gestion des eaux pluviales en milieu urbain ainsi que le confort thermique des bâtiments dans les pays de la rive nord de méditerranée, néanmoins ces expériences sont moins utilisées dans la région du Maghreb où le climat est caractérisé pour des larges périodes des hautes températures et des faibles précipitations.

Le présent rapport présente tout d'abord les différents types des toitures végétalisés ainsi que leurs avantages et inconvénients, ensuite il retrace les expériences des toitures végétalisées/surfaces urbaines terrestres végétalisées dans la rive sud de la méditerranées. Il aborde également la faisabilité des toitures/terrasses végétalisées dans la ville de Gabes comme, non seulement, outils de valorisation des eaux pluviales mais aussi une technique d'amélioration du confort thermique dans les bâtiments et d'amélioration de la qualité de l'air de la ville qui souffre le plus de la pollution atmosphérique en Tunisie.

D'autre part, les différents types et procédés de végétalisation des toits seront définis, ainsi que leurs composantes de base, leurs modes de mise en œuvre et les aspects environnementaux variés qu'ils génèrent. Par ailleurs, une attention particulière a été accordée au choix de la végétation et son adaptation aux conditions climatiques de la ville de Gabes.

Le rapport, propose, également, une description détaillée des procédures d'entretien et de maintenance des toitures végétalisées adéquates pour la ville de Gabes.

En annexe, nous proposons, un modèle de Cahier de Charges Techniques d'une toiture/surface végétalisée qui pourra être adoptée par la commune de Gabes pour la mise en échelle de cette technique.

## 2. Présentation générale des toitures/ terrasses végétalisées : définition, composition, avantages et inconvénients

Les toits verts que l'on appelle aussi : toit vert ou toit végétalisé ne constituent pas une nouvelle technique. Il s'agit d'une méthode de construction que de nombreuses communautés ont adoptée depuis des centaines et même des milliers d'années pour l'excellente qualité isolatrice des couches de terre et de végétation.

Le principe de la toiture végétale consiste à recouvrir d'un substrat végétalisé un toit plat ou à faible pente. Son succès était alors dû à ses diverses propriétés d'isolation, d'étanchéité, de résistance au feu et au vent, la rétention des eaux de pluie... le tout avec des matériaux facilement disponibles localement. Depuis les années 1970, face aux nouveaux enjeux liés à l'urbanisation, et à travers de nombreuses expériences, certains pays tels que l'Allemagne, les Pays-Bas, la Suisse et les Pays Scandinaves, se sont penchés sur les intérêts supplémentaires d'un point de vue technique et scientifique de la toiture végétalisée. Il est apparu que ces installations pouvaient jouer un rôle intéressant notamment dans la rétention des eaux de pluie, dans la perspective de restauration ou protection de la biodiversité et dans l'amélioration du confort thermique et de la qualité de vie en ville.

### 2.1. Composition d'une toiture végétalisée

Un toit vert ou toit végétal est constitué essentiellement de sept composantes comme indiqué dans la figure ci-dessous. En partant du support de toit, on retrouve :

- **La structure portante :** En béton, acier ou bois (ces deux derniers uniquement pour les toitures à végétation extensive et semi-intensive) **elle doit supporter le poids de l'installation prévue qui peut doubler lorsqu'elle est gorgée d'eau en cas de pluie ;**
- **Une couche d'étanchéité :** Une barrière anti racines et une membrane d'étanchéité séparent le système du toit vivant du bâtiment isolé qui se trouve en dessous ;

- **Couche drainante** : agrégats de minéraux poreux, argile expansée, matériaux alvéolaires, éléments synthétiques, etc.
- **Couche filtrante** : matériaux non tissés synthétiques en polyester ou polyéthylène.
- **Un substrat de croissance** : La terre végétale naturelle déjà trop lourde le devient encore plus quand elle se gorge d'eau (majoré à 75%). Les architectes des toits verts utilisent donc un substrat. Le substrat va permettre aux plantes de se développer, d'ancrer leurs racines et de retenir l'eau. Les matériaux utilisés sont généralement des éléments organiques (tourbe, compost, terreau...) avec minéraux (pierre de lave, pierre ponce, argile expansée...). Pour la toiture jardin, le substrat est constitué de terre végétale.
- **Une couche végétale** : dépend principalement des conditions climatiques, la nature de la toiture (accès matériaux, arrosage...). Pour les toitures végétalisées extensives on utilise (sédums, plantes vivaces...), semi-intensive (vivaces, graminées...), ou intensive (gazon, plantes basses, arbustes, arbres...).
- **Dispositif de séparation zone stérile / zone végétalisée** : bande métallique ou bordure préfabriquée en béton ou en brique.
- **Protection de l'étanchéité de la zone stérile** : gravillons (granulométrie > 15 mm), dalles préfabriquées en béton ou en bois posées sur la couche drainante ou sur plots.

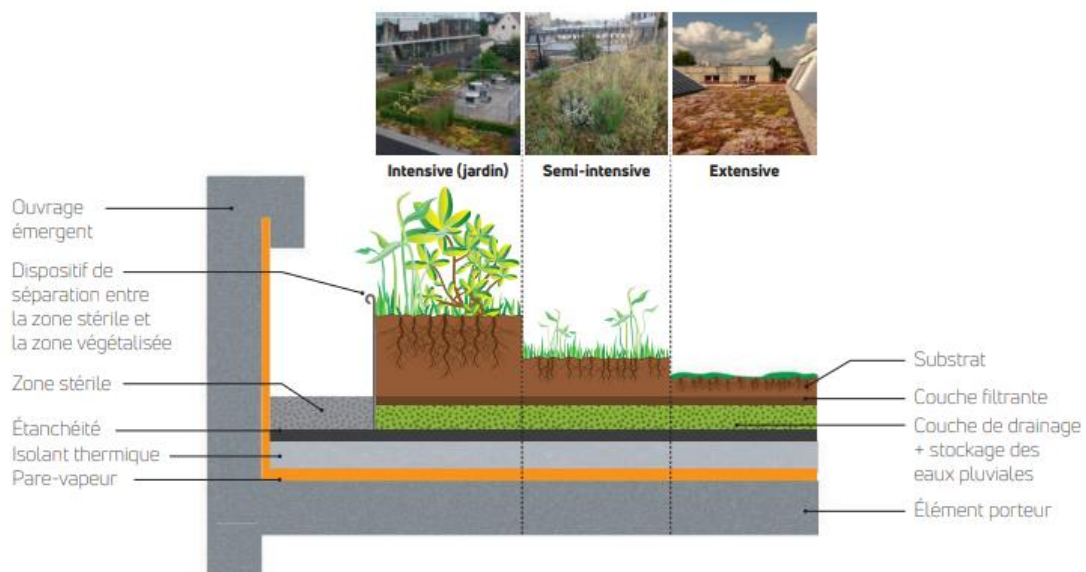


Figure 1: Composition et différents types des toitures végétalisées

La différence entre les trois types se repose essentiellement sur les niveaux d'épaisseur de substrats de croissance, les charges additionnelles sur les structures du toit, sur le type de



végétation qu'on souhaite faire pousser et sur le degré plus ou moins important d'entretien qu'on doit leur consacrer.

Chacune de ces typologies présente ses avantages et ses inconvénients. On trouve généralement une opposition toiture végétalisée extensive / toiture végétalisée intensive sur les points suivants :

Tableau 1: Avantages et inconvénients des toitures à végétation intensive et extensive

	Avantages	Inconvénients
<p><b>Toiture à végétation intensive</b></p> <p><i>Sol plus profond, besoin d'un système d'irrigation, conditions favorables aux plantes<sup>1</sup></i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permet l'implantation de nombreuses variétés de plantes et d'habitats</li> <li>• Bonnes propriétés isolantes et meilleure capacité de rétention des eaux</li> <li>• Peut simuler un jardin naturel, avec des étangs, des abris pour les oiseaux et même des potagers</li> <li>• Permet des loisirs récréatifs, peut être très attrayant</li> <li>• Durée supérieure de la membrane</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajoute plus de poids au toit</li> <li>• Besoin d'irrigation et de système de drainage (besoin de plus d'énergie, d'eau, de matériel, etc.)</li> <li>• Coût plus élevé</li> <li>• Un système plus complexe et plus d'expertise est requise</li> </ul>
<p><b>Toiture à végétation extensive</b></p> <p>Mince couche de sol, peu ou pas d'irrigation, faible diversité dans le choix de plantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Léger, le toit n'a généralement pas besoin d'être renforcé</li> <li>• Convient aux grands espaces</li> <li>• Convient aux toits à pentes de 0 à 30 degrés</li> <li>• Peu d'entretien, longue durée de vie</li> <li>• Ne nécessite pas d'irrigation ou de système de drainage dans la majorité des cas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choix limité de plantes</li> <li>• Rarement utilisable comme lieu récréatif (majorité des cas)</li> <li>• Attrait esthétique moindre pour certain, surtout en hiver</li> <li>• Efficacité énergétique et rétention des eaux pluviales moindres</li> </ul>

<sup>1</sup> Source : Adaptation tirée de Des toitures vertes et des billets verts : un nouveau secteur d'activités au Canada SCHL 1998

- Peu d'expertise technique requise
- S'intègre bien à des travaux de rénovation
- Développement spontané des plantes indigènes
- Peu onéreux
- Allure naturelle
- Plus facilement intégrable comme condition règlementaire dans les documents d'urbanisme

## 2.2. Avantages spécifiques des toiture végétalisées dans la ville de Gabes

La toiture végétalisée apparaît aujourd'hui comme une **alternative écologique durable**. Outre sa première fonction qui est de ramener de la nature en ville, végétaliser les toits d'une habitation ou d'un immeuble n'a pas qu'une vocation esthétique. Aujourd'hui indissociable des constructions durables, ce végétal offre en effet de nombreux avantages pour la **préservation du bâtiment, l'accueil de la biodiversité et la Gestion des Eaux Pluviales (GEP)**.

Dans la ville de Gabes caractérisée par la forte urbanisation, l'augmentation de la fréquence des inondations, la pollution atmosphérique et la température élevée qui dépasse 40C° en été, la **toiture végétalisée offre particulièrement trois grands avantages spécifiques à Gabes :**

### 2.2.1. Les toitures végétalisées une solution pour la dépollution atmosphérique de la ville de Gabes

La ville de Gabès est la plus polluée en Tunisie. Ceci étant dû aux activités du Groupe chimique. Les mesures effectuées en 2017 montrent des dépassements importants par rapport aux normes tunisiennes et à celles de l'OMS au niveau des particules en suspension (PM10) et du dioxyde de soufre (SO2). Des solutions à la dépollution de la ville sont en cours de discussion, dont la délocalisation des industries polluantes.

L'introduction des toitures végétalisées et les Surfaces urbaines terrestres végétalisées pourraient améliorer la qualité de l'air dans la ville de Gabes et ce à travers le processus de la photosynthèse, en effet la végétation, elle fixe le carbone et le CO2 et produit de l'oxygène: 1,5 m<sup>2</sup> de toit végétal couvre les besoins en oxygène d'un homme adulte.

Également, la végétation joue également un rôle de filtre en diminuant la concentration de certains polluants, notamment les particules fines (PM10). De quoi améliorer la qualité de l'air et lutter contre certaines affections respiratoires.

Les toitures végétalisées pourraient aider à lutter contre la pollution de l'air par de minuscules particules de poussières (« PM10 »), selon une enquête réalisée à Manchester<sup>2</sup> et publiée dans la revue *Atmospheric Environment*.

**La mise en échelles des toitures et des Surfaces urbaines terrestres végétalisés constituerait donc un filtre naturel permettant d'améliorer la qualité de l'air dans la ville de Gabes.**

### 2.2.2. La toiture végétalisée, un isolant thermique

La toiture végétalisée est aussi reconnue pour sa capacité d'isolant thermique, en particulier en cas de fortes chaleurs telles que celles connues à Gabes où elle peut dépasser facilement en été les 40°C. Un toit végétalisé permet, en été de **diminuer de 2°C la température intérieure** et de plus de 20°C la température du toit lui-même. Les végétaux absorbent le rayonnement solaire et évacuent cette chaleur sous forme d'eau par évapotranspiration. En effet, alors qu'un toit en béton peut atteindre 60 à 70°C, la toiture végétalisée ne dépasse pas 20 à 30°C. Or, la température de la toiture influe sur la température intérieure d'un logement et donc sur les éventuels besoins en climatisation. L'étude « Un projet pour quantifier les avantages des terrasses-jardins », menée par le Conseil National de recherches du Canada, révèle également que la toiture végétalisée permet de réduire les échanges thermiques à travers le toit. Par voie de conséquence l'énergie requise pour la climatisation durant les mois chauds ainsi que les dépenses engendrées se trouvent diminuées.

La couche supplémentaire apportée par un toit végétal réduit aussi sensiblement les pertes de chaleur en hiver, mais cet impact est moindre que celui de la protection contre la chaleur en été pour la ville de Gabes.

### 2.2.3. Les toitures végétalisées, un facteur de rétention des eaux de pluies

Les territoires de la Ville de Gabes est particulièrement concernés par les questions de maîtrise des eaux pluviales à cause de la forte inondation et la récurrence des inondations. Ces dernières sont directement liées aux problématiques d'imperméabilisation croissante des sols, et de perturbations générales du fonctionnement hydraulique des milieux naturels. Les toitures représentent une surface importante d'une ville (entre 25 et 35 %). Les eaux de pluie qui tombent sur ces toits se déversent dans les réseaux et participent pour une grande part à leur engorgement. **C'est pourquoi, les toitures végétalisées peuvent peser dans la construction d'une**

<sup>2</sup><https://www.batiactu.com/edito/toitures-vegetalisees-solution-depolluer-villes-33265.php>

**réponse efficace à cet enjeu primordial de la ville de Gabes**, et ce parce qu'elles réduisent la part des surfaces imperméables d'une parcelle, et qu'elles sont dotées d'une forte capacité de rétention des eaux de pluies. Une fois stockée, l'eau est pour une part utilisée par les plantes, pour une autre libérée par évapotranspiration. Le restant sera évacué graduellement par les canalisations, limitant ainsi les forts débits d'eaux pluviales tels que ceux engendrés par les pluies d'orage et le risque de saturation des réseaux. Les toitures végétalisées provoquent un retard d'écoulement de 50 à 75% lors de pluies d'orages. Un système de type végétalisation extensive d'une épaisseur de 6 à 10 cm de hauteur peut retenir jusqu'à 50% des précipitations annuelles, permettant ainsi une réduction des ruissellements et des coûts de gestion de l'eau de 5 à 10 %.

### **Dynamique de l'eau au sein d'une toiture végétalisée**

*Pour réduire le volume d'eau ruisselé et réduire le débit d'eau de pluie arrivant au réseau d'assainissement, l'utilisation des toitures végétalisées s'avère être une solution intéressante. La toiture végétalisée est une structure stockante de plus en plus intégrée dans la gestion des eaux de pluie en milieu urbain. Les Toitures Végétalisées jouent dans une certaine mesure le même rôle que la biomasse aérienne des plantes qui intercepte l'eau de pluie avant que celle-ci n'atteigne le sol. La végétation qui s'y développe permet aussi une évaporation plus rapide (emplacement sur le toit, qui favorise l'échange avec l'atmosphère), grâce à l'eau accumulée.*

#### **2.3. La différence entre toiture végétalisée et l'agriculture urbaine sur toit**

L'agriculture urbaine se définit comme « tout acte maîtrisant un cycle végétal ou animal se déroulant en milieu intra-urbain (sur ou dans des bâtiments, des sous-sols ou en pleine terre dans les espaces interstitiels) et faisant le lien avec l'agriculture périurbaine et rurale qui se développe sur les mêmes bassins de vie. Elle se caractérise par la diversité de ses fonctions dont certaines peuvent relever de l'intérêt général: elle peut combiner production alimentaire, finalité sociale [...], environnementale [...] et pédagogique [...]. Des formes « marchandes » (à finalité essentiellement commerciales) coexistent avec des formes « non marchandes » (sans vocation commerciale) »<sup>3</sup>. En milieu urbain, les toitures offrent l'avantage d'être des surfaces relativement importantes, comparées aux surfaces de pleine terre en milieu urbain. Ainsi elles

<sup>3</sup> CESE, L'agriculture urbaine : un outil déterminant pour des villes durables. [en ligne]. 2019 [Consulté le 7 septembre 2020]. Disponible à l'adresse :

[https://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2019/2019\\_15\\_agriculture\\_urbaine.pdf](https://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2019/2019_15_agriculture_urbaine.pdf)

sont un choix récurrent dans les projets d'Agriculture urbaine, d'où la similarité avec les toitures végétalisées comme c'était présenté ci-dessus.

Il est difficile de proposer une typologie fixe des projets d'agriculture urbaine, tellement les projets sont variés dans leur niveau de professionnalisation, leurs modèle économique, leurs objectifs, etc

*Les avantages de l'agriculture urbaine sont similaires à celles des toitures végétalisées avec quelques différences de point de vue implémentation, sécurité alimentaire et rentabilité économique. En effet les projets de l'agriculture urbaine sur les toitures assurent également la rétention des eaux pluviales, améliorent la qualité de l'air dans les villes, améliorent le confort thermique des bâtiments et la qualité des vies dans les villes, en outre elle permet de s'approvisionner des certaines cultures maraichères et dans certains cas d'encaisser des bénéfices financiers.*

### 3. Etat de lieux des expériences des toitures végétalisées dans la région Sud de la Méditerranée.

Face aux nouveaux enjeux liés à l'urbanisation, essentiellement l'imperméabilisation des villes et la gestion des eaux pluviales, certains pays tels que l'Allemagne, les Pays-Bas, la Suisse et les Pays Scandinaves, se sont penchés sur les intérêts supplémentaires d'un point de vue technique et scientifique de la toiture végétalisée. Il est apparu que ces installations pouvaient jouer un rôle intéressant notamment dans la rétention des eaux de pluie, dans la perspective de restauration ou protection de la biodiversité et dans l'amélioration de la qualité de vie en ville.

Malgré la forte urbanisation et la rareté des ressources en eau, les pays de la rive sud de la méditerranée, restent très en retard dans ce domaine. Ils n'ont pas encore de règlement spécifique à ces aménagements. Et même les règlements qui ont traité d'une manière anodine ces jardins sur le toit, sont très brefs sur la description des caractéristiques techniques de ces aménagements.

Nous avons essayé de recenser et d'analyse les expériences et les initiatives en matière de Toitures végétalisés - Surfaces urbaines terrestres végétalisées-Agriculture Urbaine au Maroc, en Tunisie, en Algérie et en Egypte. Pour consolider notre analyse et recueillir des retours d'expérience, nous avons contacté des société installatrices/ Architectes qui ont implémenté ces projets pilotes des toitures végétalisées.

Dans la section suivante, nous décrivons les expériences des toitures végétalisées recensées au Maroc, en Algérie, en Tunisie et en Egypte.

### 3.1. Les expériences des toitures végétalisées au Maroc

Au Maroc, nous avons trouvé plusieurs expériences de mise en place des toitures végétalisées. L'implémentation d'une filiale locale d'une société spécialisée dans l'installation des toitures végétalisées, depuis 2016, témoigne d'un potentiel/ marché local important. Nous nous limitons aux quatre exercices suivants :

#### 1. Réalisation de toitures végétales à la technopole d'Oujda Maroc.

Il s'agit d'un projet d'une toiture végétalisée mis en place par la société Ecovegetal Maroc au niveau de la toiture de la technopole d'Oujda. Il s'agit d'un système de toiture végétalisée extensive.

Le projet est présenté par la figure ci-dessous :



Figure 2: Toiture végétalisée réalisée par la société Ecovegetal Maroc à Oujda

Source : Ecovegetal Maroc

<https://www.facebook.com/1738523699704178/photos/a.1748001275423087/2495472360675971/>

#### 2. Toiture végétalisée dans un complexe immobilier collectif à Casablanca

Le deuxième projet de toiture végétalisée que nous citons est un projet d'un complexe immobilier collectif, « Le clos d'Anfa » situé à Casablanca. Le projet a été réalisé en 2017 par la société qui est une société internationale spécialisée dans l'aménagement de parkings perméables, et toitures végétalisées avec une filiale basée au Maroc.

Le projet consiste à réaliser des petites surfaces de toitures végétalisées extensive, avec différentes variétés de Sedum, autour des appareillages de climatisations, VMC (système de ventilation mécanique) et panneaux solaires.

Cela permet de limiter la réverbération du toit sur les appareillages, de protéger l'étanchéité et d'assurer un meilleur confort thermique dans le bâtiment.



Figure 3: Toiture végétalisée sur un complexe immobilier collectif « Le clos d'Anfa » – Casablanca, Maroc

Source: Ecovegetal Maroc: <https://www.facebook.com/profile.php?id=100063607506641>

### 3. Le projet de toiture végétalisée de l'Institut National Supérieur de Musique et des Arts Chorégraphiques Rabat – Maroc

- Système ECOSEDUM PACK – Pré cultivé sur le projet de l'INSMAC à Rabat en collaboration avec le cabinet d'architecture Karim Chakor et le ministère de la culture.
- Surface totale : 2000 m<sup>2</sup>

Il s'agit d'une toiture végétale de plus de 2000 m<sup>2</sup>, les travaux ont débuté par la pose des Nattes, profilées Alu puis du substrat saxalis 1.4 homologué toiture végétale un support de culture riche & drainant à base de différent composant qui permet aux végétaux de bien se développer avec le temps.

Deuxième phase des travaux qui est la végétalisation de plus de 2400 m<sup>2</sup>. En effet, après avoir déposé le substrat saxalis 1.4 homologué toiture végétale un support de culture riche & drainant à base de différents composants qui permettent aux végétaux de bien se développer avec le temps, la société a procédé à l'installation de la végétation (de plus de 30 milles sédums) de différentes variétés tout cela irrigué par système de goutte à goutte et aspersion.



*Figure 4: Travaux de pose du substrat et de la végétation pour la toiture végétalisée de l'Institut National Supérieur de Musique et des Arts Chorégraphiques Rabat – Maroc*

#### 4. Parking végétalisé à Rabat

Rabat Parking végétalisé est le fruit d'un partenariat entre la Société de Développement Local (SDL) avec la Commune de Rabat afin de régler les questions de stationnement de l'ensemble de la ville.

Le projet consiste à réaliser un parking sur deux sous-sols de 610 places **avec une toiture végétalisée extensive recouvert d'un gazon en plaques avec un système d'irrigation par aspersion**, la surface bâtie est de 16000 m<sup>2</sup> Lieu : Hay Riad, Rabat, Maroc Objectifs : Environnementaux et esthétique, Année de réalisation : 2005-2007





Figure 5 : Photos parking végétalisé à Rabat, Maroc

Source : <https://www.cgpark.ma/>

### 3.2. En Tunisie : Des initiatives des toitures et des murs végétalisés ainsi que des expériences pilotes d'agriculture urbaine sur la toiture.

En Tunisie, les toitures végétalisées telles que présentées ci-dessus, ne font pas objet d'un règlement, d'une norme ou d'un document technique réglementaire. Que ce soit pour spécifier les types de végétalisation, les procédés de mise en œuvre ou les caractéristiques des matériaux utilisés.

La Tunisie dispose d'un Label baptisé Eco-Bat dont l'objectif principale est de promouvoir les bâtiments à Haute Performance Energétique et contribuant à la protection de l'environnement et à l'atténuation des changements climatiques, dans les secteurs résidentiels et tertiaire. Le Label intègre quelques aspects relatifs à l'économie de l'eau, la gestion efficace de l'eau et la valorisation des eaux pluviales. Ce Label orienté « énergétique des bâtiments » peut reconnaître les toitures végétalisées grâce à leur impact sur le confort thermique du bâtiment mais pas comme techniques de gestion alternatives des eaux pluviales urbaines.

En Tunisie, la société SicaP s'est spécialisée dans deux techniques (Toitures et murs végétalisés) afin de les rendre accessibles à tous. Avec 1,5 ha de toiture végétalisée installée, la SicaP<sup>4</sup> se positionne comme étant le leader sur le marché Tunisien.

Un entretien avec cette société a montré que l'objectif principal des clients est l'embellissement des bâtiments et aucun intérêt n'est accordé aux aspects hydriques, environnementaux ou énergétique. Ceci témoigne d'un manque de sensibilisation chez les citoyens qui entravent malheureusement la mise en échelle de ces aménagements.

<sup>4</sup><http://www.sicap.com.tn/>

Un autre point important est l'absence des incitations financières qui freine également, la dissémination de ces initiatives de toiture végétalisée qui reste limité aux bâtiments administratifs de certaines sociétés/ banques ou les villas privés.



Figure 6: Mise en place des murs végétalisés dans le l'école Robert DESNOS Tunis, conçu et réalisé par la société SICAP

Source : <http://www.sicap.com.tn/>



Figure 7 : Photos des toitures végétalisées réalisées en Tunisie

Source : <http://www.sicap.com.tn/>

### Initiatives d'agriculture urbaine sur la toiture en Tunisie

L'agriculture urbaine a tendance à trouver un renouveau dans nos villes. En Tunisie une expérience pilote a eu lieu sur le bâtiment de la banque UBCI qui soutient l'agriculture urbaine et durable en faisant connaître les techniques agricoles axées sur l'économie de l'eau et le recyclage des eaux pluviales. C'est dans ce contexte qu'un jardin potager a été installé sur la terrasse de son immeuble UBCI Habib Bourguiba avec l'appui de l'entrepreneur Social «Grow it your self» qui a pu se distinguer pour son prix UBCI -Labess en 2018 . L'objectif de ce projet est de former et vulgariser une agriculture urbaine raisonnée sans pesticide mais aussi de

promouvoir une des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales. Ci-dessous quelques photos de cette initiative.



*Figure 8: Expériences d'agriculture urbaine sur la toiture de la banque UBCI Tunisie, siège sociale Avenu Habib Bourguiba,*

Source : <https://growit-yourself.com/portfolio/projet-ubci/>

Dans le même cadre, une autre initiative d'agriculture urbaine sur la toiture d'un ancien bâtiment dans la médina de Tunis ( la ville historique de Tunis) , « **Jenina à la médina** », il s'agit d'un projet de l'association "**Collectif Créatif Tunis**" avec le soutien de l'**Ambassade de la République Fédérale d'Allemagne en Tunisie** dans le but de créer des **solutions innovantes et durables** pour exploiter les espaces et les toits étroits des villes dans **l'agriculture urbaine et le Recyclage des déchets**.

Le projet est une expérience innovante pour créer un espace urbain pour l'agriculture sur le toit de "Dar Al Harakah" à la médina, ainsi, un autre jardin sera au quartier juif de la Hafsia.

La technique de la ferme verticale pour la culture a été utilisée et testée en utilisant le système d'eau, qui est une nouvelle technique qui repose sur la plantation de racines dans de l'eau qui contient des nutriments, conformément à la nature des toits des maisons dans la ville antique comme dans le reste des villes tunisiennes

**La photo ci-dessous illustre la mise en place de cette initiative pilote.**



*Figure 9: Initiative innovante "Jenina à la médina" pour une agriculture urbaine valisant les toitures de l'ancienne Medina de Tunis*

- 3.3. En Egypte : Quand le moindre espace devient support d'agriculture urbaine. Un homme au Caire transforme sa toiture en espace de production<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Source : <http://www.tdg.ch/monde/sherif-hosny-homme-veut-verdir-caire/story/27062643>

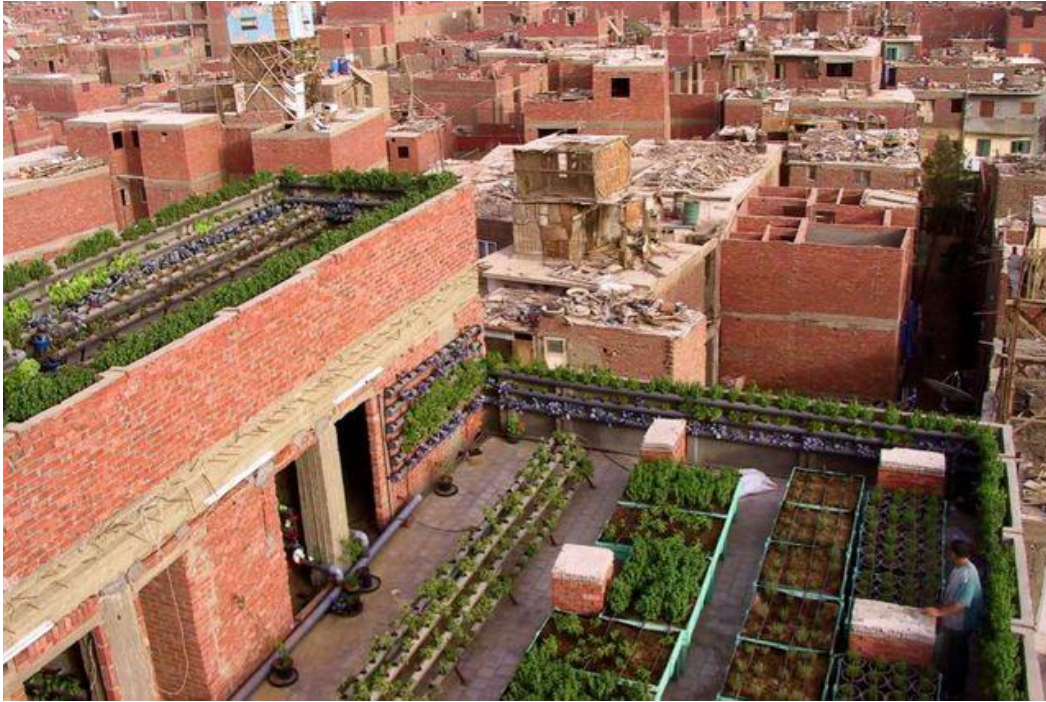


Figure 10: Végétalisation des toitures et Agriculture urbaine au Caire

Source : Sherif Hosny utilise les toits du Caire pour y installer des espaces verts. Image: DRDe Farid Omeir / Le Caire 28.07.2015, <http://www.toitsvivants.org/microfermes-sur-les-toits-au-caire/>

Le Caire est une ville surpeuplée et sur polluée, elle est affectée également par un climat aride et un manque d'eau potable. Moins de 5% des rues du Caire possèdent des arbres, et avec vingt millions d'habitants et une urbanisation démesurée, il reste très peu de place pour les terres agricoles et les espaces verts. Donc il nous faut utiliser les espaces existants, comme les toits, les murs », constate Sherif. Dans un premier temps, ce sont surtout de grandes entreprises et des restaurants qui ont été charmés par le projet. Un jeune ingénieur cairote, Sherif Hosny, a eu une idée simple d'utiliser les toits et les murs de la capitale pour y installer des espaces verts et des microformes urbaines.

Un constat très important de la startup Egyptienne et qui peut concerner tous les pays de la rive sud de la méditerranée et que « **les citoyens sont très difficiles à sensibiliser sur les questions de respect de l'environnement, des toiture végétalisés car cela ne fait pas partie de notre culture et le discours est nouveau. Nous avons des décennies de retard par rapport à l'Occident. Mais les**

*choses changent petit à petit<sup>6</sup>. il faut aborder l'impact économique pour susciter l'intérêt de la classe populaire ...».*

### 3.4. Toitures végétalisées en Algérie

En Algérie, malgré l'absence, comme les autres pays, d'un cadre réglementaire spécifique à la mise en place des toitures/terrasses végétalisées, certains ministères ont opté pour une végétalisation timide des toitures de leur bâtiment, sous forme de grandes jardinières tels que le ministère de l'énergie (Hydra- Alger), ou le bâtiment du ministère des affaires étrangères (Alger) avec une plantation de palmier sur le toit<sup>7</sup>. Ces derniers sont réalisés avec le procédé d'étanchéité SOPREMA<sup>8</sup>.

Des expériences pilotes d'installation des toitures végétalisées ont eu lieu en Algérie, on cite par exemple, le projet de recherche mené par M<sup>elle</sup> ABDERREZAK ADJIEL dans la cadre de sa thèse doctorat « évaluation de l'efficacité de rafraîchissement passif d'une toiture végétale sous un climat semi- aride « Cas d'une terrasse à végétation extensive à Constantine ».



*Figure 11: Expérience pilote d'une toiture végétalisée en Algérie dans le cadre d'un projet de recherche*

<sup>6</sup><http://www.toitsvivants.org/microfermes-sur-les-toits-au-caire/>

<sup>7</sup><http://www.secheresse.info/spip.php?article27224>

<sup>8</sup><https://www.soprema.fr/fr/soprema/nos-marques/soprema>

### 3.5. Conclusion

L'analyse de ces expériences pilotes des Toitures végétalisées - Surfaces urbaines terrestres végétalisées montre l'absence d'un cadre réglementaire qui encadre ces aménagements. Nous avons constaté, également, l'absence d'une réelle dynamique de végétalisation des toitures. La majorité des projets recensés sont des initiatives ou expériences pilotes motivés principalement par l'embellissement du bâtiment sans une vraie conscience des avantages des toitures végétalisées (réduction de la pollution atmosphérique, confort thermique du bâtiment et diminution des ruissellements et rétention des eaux pluviales).

Les entretiens que nous avons eu avec les architectes montrent, également, un manque d'engagement des citoyens, manque de conscience et de sensibilisation des avantages de ces aménagements qui reste limité à des bâtiments publics ou des bâtiments des société privés dans le cadre de leur politique RSE.

## 4. La problématique des toitures végétalisées à Gabes : Quel type de toiture est la plus adéquat à Gabes ?

Les toitures végétalisées dites intensives sont réputées apporter des bénéfices plus importants pour la biodiversité, mais nécessitent une irrigation et un entretien conséquents, en particulier dans les régions méditerranéennes. Les toitures végétalisées extensives, couramment constituées de végétaux de type "orpins" (Sedum sp.), ne nécessitent pas d'entretien ni d'arrosage mais sont moins riches en biodiversité. Le choix de la nature des toitures végétalisées dépend, en fait, de plusieurs paramètres (climatiques (précipitation, température, vent ensoleillement..., architecturale (pente, étanchéité, portance...) Sociale...)

Tenant en considération les spécificités climatiques et architecturale de la ville de Gabes, nous essayerons dans cette section de proposer la typologie de toiture végétalisées (extensive ou intensive, végétation, épaisseurs, système drainant, dimensionnement des épaisseurs...) adéquate pour la ville de Gabes tout en maximisant les bénéfices pour la nature et le cadre de vie.

### 4.1. Rappel des caractéristiques climatiques de la commune de Gabes

La municipalité de Gabès se situe au Sud-Est de la Tunisie, chef-lieu du gouvernorat de Gabès, elle s'étend sur une superficie de 8 838 Ha. Elle est limitée au Nord par la municipalité de Ghannouch, au Sud par oued Essourag, à l'Est par la Méditerranée (une côte de 12 km) et à l'Ouest par la municipalité de Cheneni Nahal.

#### 4.1.1. La Pluviométrie

Le climat de la région de Gabès se caractérise par une pluviométrie irrégulière et intense, la moyenne pluviométrique varie entre 120 mm et 224 mm (voir figure N°12 : carte des Isohyètes moyens en mm/an en Tunisie).

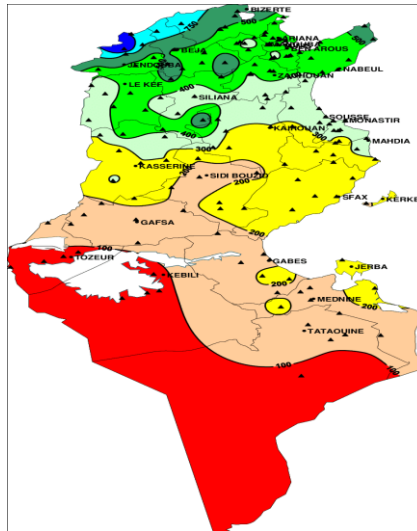


Figure 12: Carte des Isohyètes moyens en mm/an en Tunisie

Le régime saisonnier des pluies fait ressortir un été sec et un automne pluvieux. Les pluies d'hiver sont légèrement moins importantes que celles de l'automne mais elles sont moins brutales et plus bénéfiques. Les pluies d'automne sont souvent marquées par leur intensité forte engendrant des crues importantes causant des dégâts catastrophiques à l'infrastructure et à la couche arable du sol (voir figure N°13).

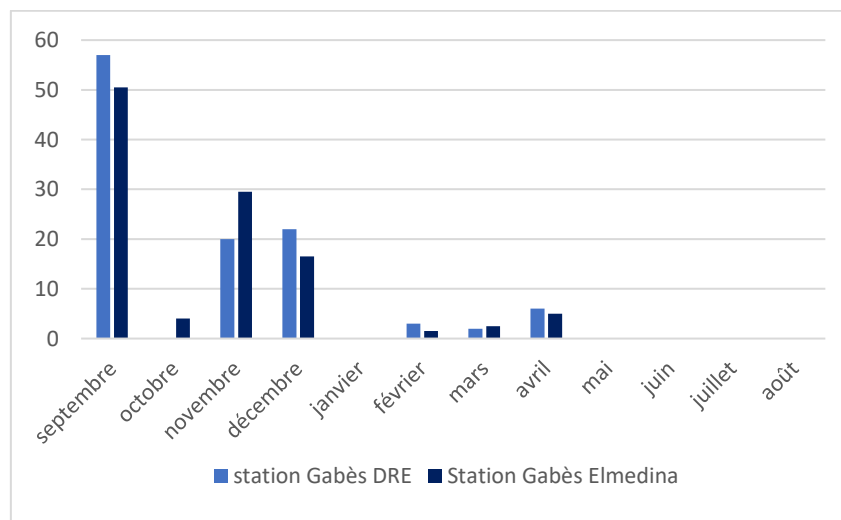


Figure 13 : Variation Mensuelle de la pluviométrie pour l'2020-2021 à Gabs Ville



Source des données : compilation de l'auteur, données collectées auprès du CRDA Gabes

La figure ci-dessous montre la variation de la précipitation moyennes annuelles pendant 25 ans, dans le **gouvernorat de Gabes**. Durant cette période la moyenne annuelle de précipitation est de 142 mm/an (données collectées chez la DGRE).

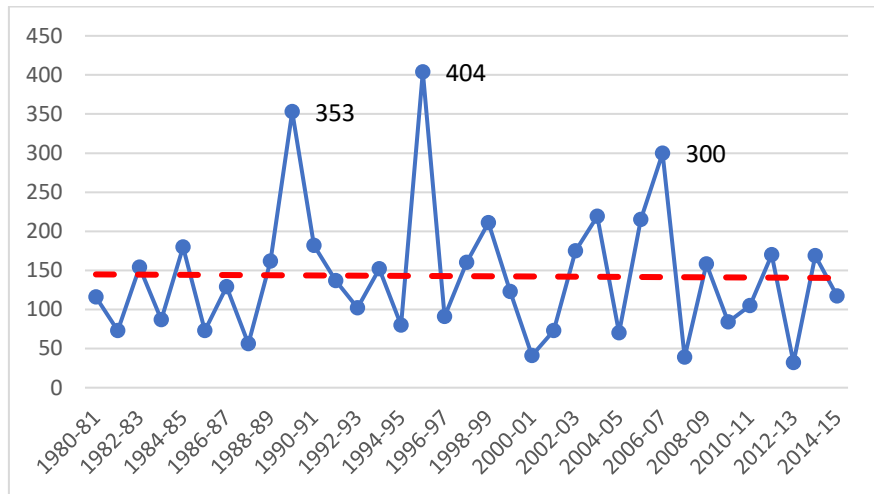


Figure 14 : Variation de la moyenne annuelle de précipitation dans le gouvernorat de Gabes

Source des données : compilation de l'auteur, données collectées auprès du CRDA Gabes

Les moyennes pluviométriques enregistrées dans la ville de Gabes pour l'année 2021 au niveau de deux (station Gabes Medina et Station direction des ressources en eau), en comparaison avec les précipitation moyennes pour le même mois sont les suivantes, le tableau 2 confirme le caractère saisonnier des précipitations durant l'automne.

Le tableau N°3 montre que le nombre des jours de précipitation dans la ville de Gabes est très faibles (uniquement 27 jours dans la station de la direction des ressources en eau et 22 jours dans la station Gabes Medina). En moyenne sur une période de plus vingt ans le nombre des jours de précipitation ne dépasse pas 25 Jours.

Le caractère orageux des pluies d'automne, conjugué avec la forte imperméabilisation des sols est à l'origine des inondations dans la ville de Gabes.

Tableau 2 : La moyenne mensuelle de précipitation à Gabes Ville

Station	Septembre		Octobre		Novembre		Décembre		Janvier		Février	
	Moy	2020-2021	Moy	2020-2021	Moy	2020-2021	Moy	2020-2021	Moy	2020-2021	Moy	2020-2021
Gabès DRE	22,4	57	35,8	0	25,2	20	24,5	22	24,1	0	11,5	3

GabèsElmedina	19,6	50,5	34,8	4	27,1	29,5	19,6	16,5	21,6	0	16,3	1,5
---------------	------	------	------	---	------	------	------	------	------	---	------	-----

Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Moyenne Annuelle	
Moy	2020-2021	Moy	2020-2021	Moy	2020-2021	Moy	2020-2021	Moy	2020-2021	Moy	2020-2021	Moy	2020-2021
16,3	2	13,9	6	8,9	0	1,8	0	0,3	0	0,9	0	186	110
20,1	2,5	14,4	5	8	0	1,7	0	0,3	0	0,9	0	184	105

Tableau 3 : Le nombre de jours de précipitation à Gabes

STATIONS	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Année
Gabès DRE	4	2	3	8	0	2	3	3	1	1	0	0	27
Gabès SM (elmidina)	4	3	1	8	0	1	2	2	1	0	0	0	22

#### 4.1.2. La température à Gabes

Les températures sont similaires à celles du climat méditerranéen, bien que l'été soit particulièrement chaud. En fait, en raison de la proximité du Sahara, des vagues de chaleur peuvent se produire toute l'année, mais surtout en été, avec des vents chauds et secs, capables d'apporter du sable et de la poussière.

La figure ci-dessous récapitule les moyennes mensuelles de la température dans la ville de Gabes

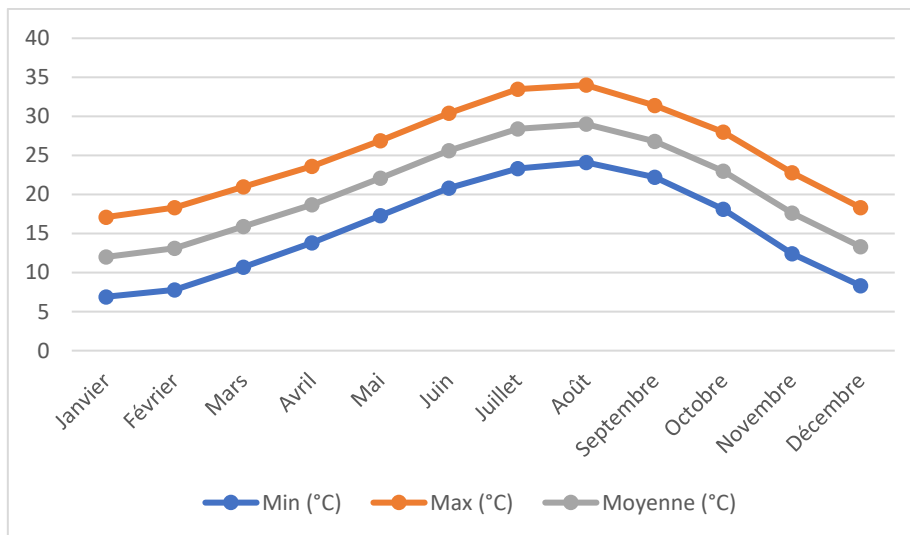


Figure 15: Températures mensuelles moyennes à Gabes (1991-2020)

#### 4.1.3. Le vent à Gabes : présence des vents de sable et Sirocco

A Gabes, les vents actifs sont aussi générateurs de poussières sahariennes qui atteignent environ 8 j/an à Gabès. En plus des vents de poussières, les vents de sirocco de direction S, S-W, W, qui s'accompagnent d'une forte élévation de température pouvant dépasser 50°C, sont assez fréquents à Gabès. Le nombre de jours de sirocco est variable selon les années, avec une moyenne d'environ une dizaine de jours par an. Nombre de jours des tempêtes de sable et de sirocco à Gabès (Ferchichi, 1999)<sup>9</sup>.

Tableau 4: Nombre de jours des tempêtes de sable et de sirocco à Gabès

	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Total
Tempêtes de sable	1.6	1.4	0.6	1	0.8	1	0.8	0.8	0.4	8.4
Sirocco	--	--	0.5	1	3.4	2.6	1.0	1.2	0.5	10.2

Les données climatiques à Gabes montrent une moyenne annuelle de précipitation faible avec quasi absence de la précipitation en été conjugué avec une augmentation de la température qui peut dépasser 40 °C en été et la présence des vents de sable et des siroccos. Ces contraintes climatiques sont à prendre en considération dans le choix de la typologie des toitures végétalisées ainsi que la nature de la végétation capable de résister à ces conditions climatiques difficiles.

#### 4.2. Les contraintes de conception des toits végétaux à Gabes

Instaurer un paradis de verdure sur une terrasse/ toiture à Gabes est un vrai défi puisque les contraintes sont variées: pollution de l'air, paramètres climatiques (faible précipitation et température très élevé et sirocco pendant l'été), contraintes techniques... Il est primordial de concilier à la fois l'esthétique à la fonction de la plante et ses besoins. Pour cela, plusieurs facteurs doivent être pris en considération avant la conception afin d'obtenir le confort souhaité. On peut citer :

- **Les exigences techniques regroupent:** la localisation climatique de la toiture végétalisée (régime pluviométrique, intensité solaire, vent, température, ...) ; la disposition de la toiture végétalisée dans la construction et l'environnement (zones d'ombre, surplomb) ; la visibilité de la toiture végétalisée (éloignement, angle de vue) ; l'accessibilité aux

<sup>9</sup><http://www.ods.nat.tn/upload/communesGabes2019.pdf>

zones techniques par la création de chemins de circulation. Mais aussi, les dispositifs de sécurité et de protection des personnes ; la forme géométrique et hauteur de la toiture végétalisée par rapport au sol ; la pente et l'incidence du poids du complexe de végétalisation à CME (capacité maximale en eau) sur la structure portante.

- **Les contraintes architecturales :** La configuration de la toiture, ses caractéristiques architecturales, son affectation, ses dimensions et son volume, la charge que le toit peut supporter, la pente, l'orientation de la toiture...peuvent être des éléments déterminants dans le choix du type de végétalisation et des caractéristiques de chaque matériau.
- **Les exigences esthétiques :** varient selon les attentes du maître d'ouvrage par un effet immédiat ou différé selon le mode de mise en œuvre choisis (semis de fragments, de semences, micromottes, godets, éléments pré cultivés). En plus du choix des plantes et du type d'agencement (caduques, persistantes, floraison, variation des couleurs des feuillages, volume, port, texture,...)
- **Les exigences particulières :** concernent le niveau d'entretien, fréquence d'arrosage et la rétention temporaire des eaux pluviales.

#### 4.3. Bilan hydrique climatique

Pour bien analyser la faisabilité et le choix de la nature des toitures végétalisées adéquate à Gabes, nous avons calculé le bilan hydrique climatique qui représente la quantité de pluie disponible pour les plantes, une fois les besoins en évaporation et en transpiration satisfaits. Elles sont calculées par la différence entre les précipitations (P) et l'évapotranspiration potentielle. A Gabes, ce bilan est toujours déficitaire, sauf pour les années exceptionnellement pluvieuses. Ce bilan calculé pour Gabès donne des déficits annuels de -1184 mm/an.

Répartition saisonnière de l'évapotranspiration (ETP) et du bilan hydrique (P-ETP) de la station de Gabès<sup>10</sup>

Tableau 5: Répartition saisonnière de l'évapotranspiration (ETP) et du bilan hydrique (P-ETP)

	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Annuel
P en mm	59	68	49	1	177
ETP en mm	310	121	370	560	1361
P-ETP en mm	-251	-53	-321	-559	-1184

<sup>10</sup><http://www.ods.nat.tn/upload/communesGabes2019.pdf>

Dans le cas des toitures végétalisées, ce bilan montre clairement qu'on dehors des années exceptionnellement humides, il y a un besoin permanent en irrigation. Ceci va influencer sur le type de la toiture végétalisées et la nature de végétation à adopter. En effet, une toiture végétalisées consommatrice d'eau d'irrigation n'est pas adaptée aux conditions climatiques de la ville.

#### 4.4. Identification de la toiture végétalisée la plus adaptée aux spécificités de la ville de Gabes

Dans l'objectif d'identifier la typologie de la toiture végétalisées la plus adaptée aux condition techniques et climatiques de la ville de Gabes, nous avons préparé le tableau comparatif ci-dessous qui résume les caractéristiques des trois toitures végétalisées et les compare avec les spécificités de la ville de Gabes :

Tableau 6: Comparaison des caractéristiques des toitures végétalisées

	Végétalisation Intensive	Végétalisation Semi-Intensive	Végétalisation Extensive	Caractéristiques des toitures Gabes
Epaisseur du substrat	>30 cm	<30 cm	<8cm	
Poids du complexe de végétation	>600 KG/m <sup>2</sup>	150 à 350 kg/m <sup>2</sup>	100kg/m <sup>2</sup>	Pour une toiture standard le maximum de la charge permanent qu'une toiture existant à Gabes peut supporter est 300 Kg/m <sup>2</sup>
Support admissible	Béton	Béton, Acier, Bois	Béton, Acier, Bois	Toiture en béton
Pente Maximale	5%	20%	30%	Pente 0-2%
Choix de la végétation	Très large	Large	Restreint	<b>Retreinte à cause des conditions climatiques</b>
Entretien	<b>Important</b>	Limité	<b>Faible</b>	Difficile à cause du manque du personnel au niveau de la commune
Rétention des eaux pluviales	Elevé +/- 50 % des eaux de pluie sur une année.	Moyen +/- 30 % des eaux de pluie sur une année.	Moyen +/- 30 % des eaux de pluie sur une année.	Faible précipitation
Confort thermique	Elevé	Moyen	Moyen	Besoin important en particulier en été

Besoin en irrigation	Elevé	Moyen	Faible	Il faut un besoin faible en irrigation compte tenu de la situation hydrique et climatique de la ville
Cout global	Élevé	Moyen	Economique	Budget Limité en absence des incitations financière (pour la commune ou pour les particuliers)

1. Compte tenu du poids du complexe de végétation, les toitures végétales extensives peuvent **être réalisées au cours des travaux d'aménagement du bâtiment alors que la réalisation d'une toiture végétale intensive doit forcément être prise en compte pendant la conception du bâtiment.**

Pour les bâtiments existants dont la charge maximale qui peuvent supporter ne dépasse pas 300kg/m<sup>2</sup> et compte tenu du poids du complexe de végétation qui dépasse 600 kg/m<sup>2</sup> pour les toitures intensives, donc les toitures extensives et dans certains cas semi intensives sont à développer à Gabes.

2. Les toitures extensives ou semi-intensives, nécessitant moins d'entretien et peu demandeuses d'eau par contre, les formes de toitures intensives, ou de « jardins » demandant d'importants entretiens et une forte capacité en eau seront donc à éliminer. Compte tenu des conditions climatiques et hydriques de la ville de Gabes les toitures extensives ou semi-intensives, semblent être les méthodes à promouvoir pour la commune de Gabes.
3. Nous recommandons de favoriser des toitures à végétation extensives qui sont caractérisées par un besoin très faible en arrosage ou des toitures semi intensives avec un besoin faible en irrigation. Les toitures à végétation intensive qui necessite une irrigation fréquente sont fortement déconseillées pour le cas de la ville de Gabes.
4. Economiquement, les toitures végétalisées extensives et semi intensive sont à favoriser vue le cout raisonnable d'implantation et la charge faible d'entretien de la toiture et de la végétation

#### 4.5. Morphologie urbaine, typologie de l'habitat à Gabès : quelle toiture végétale ?

La commune de Gabès est caractérisée par un tissu urbain éclaté s'étalant sur plus de 8km. Cette situation est engendrée par la présence de plusieurs ruptures d'ordre naturel et anthropique tel que l'oasis et l'oued du côté Nord, le canal de Gabès du côté Sud. La ville est ainsi composée par plusieurs entités, chaque partie présentant une structure particulière.

- Les noyaux anciens :** Il s'agit des noyaux anciens de Menzel, Jara et Boulbaba. Ces noyaux anciens représentant une trame irrégulière qui reflète les caractéristiques des noyaux médiévaux. Ces noyaux présentent une valeur historique et patrimoniale, ils se caractérisent par des voies étroites, généralement piétonnes, des parcelles de petite taille et une implantation sans retrait par rapport à l'alignement et aux limites séparatives ; les pièces ouvrent sur un patio intérieur. La hauteur dépasse rarement (R+1). Les noyaux de Menzel et Jara sont classés patrimoine historique.

Compte tenu de l'ancienneté des bâtiments, la valeur historique et patrimoniale et la densité des habitations, il est déconseillé de mettre en place des toitures végétalisées ou des surfaces urbaines terrestres végétalisées dans ces quartiers, par contre on peut faire des petits aménagements d'agriculture urbaine sur la toiture quand les conditions techniques le permettent.
- Le tissu colonial :** Il s'agit du tissu dominant dans la zone de Bab Bhar, caractérisé par un tracé de voirie orthogonal, une hiérarchisation des voies et des constructions de type collectif. L'implantation des constructions est sur l'alignement. Les ouvertures sont disposées sur les façades donnant sur les voies publiques ou sur une cour centrale. La hauteur des constructions dépasse dans plusieurs cas R+2 notamment pour certains lots rénovés.

Compte tenu du caractère collectif des habitations et l'ancienneté des bâtiments, il est difficile de démarrer des expériences en toiture végétalisée par contre, on peut commencer par des petits projets d'agriculture urbaine avec l'encadrement et l'appui de la commune et des associations locales ou nationales et pourquoi pas la dissémination des ces nouvelles pratiques à grande échelle en cas de réussite. (Technique et acceptabilité sociale).
- Les quartiers d'habitat social :** Il s'agit d'opérations d'habitat réalisées par des promoteurs publics, présentant un tissu dense du type groupé ou en bande continue, une trame régulière et des parcelles de petite taille. La densification horizontale et verticale de ces tissus fait que la plupart des logements comporte un étage.

Ces habitats sont convenables pour la mise en place des projets pilotes des toitures végétalisées extensives, avec la sensibilisation et l'encadrement technique qui pourrait être assuré par la commune de Gabes et les associations locales.

Les projets d'agriculture urbaine sur la toiture et les surfaces urbaines terrestres végétalisées sont également faisables.

- **L'habitat collectif** : Ce type de tissu se caractérise par une implantation ponctuelle sous forme d'opérations de petite taille localisées au centre et dans la zone Sud, réalisés par des organismes publics. Il se présente sous forme d'immeubles collectifs disposés en ordre continu ou isolé ; leur effet sur l'organisation spatiale de la ville est faible.

Ce type d'habitation n'est pas très convenable pour les projets des toitures végétalisées compte tenu du caractère collectif. Par contre, il est possible, après coaching et sensibilisation de faire des projets d'agriculture urbaine sur la toiture ou des surfaces urbaines terrestres végétalisées par la commune. Ceci permettra de réduire le ruissellement, diminuer les îlots de chaleurs particulièrement en été.

La commune de Gabes peut sensibiliser et inciter les promoteurs immobiliers pour intégrer progressivement des toitures végétalisées extensives dans leurs nouveaux projets immobiliers à caractère collectif.

- **L'habitat pavillonnaire** : C'est le tissu dominant dans la zone Sud ; il se caractérise par une trame orthogonale, l'implantation en retrait des constructions et une faible densité ; ce type de tissu émerge comme étant le caractère dominant des nouvelles tendances de l'urbanisation de la ville de Gabès. En effet, on construit essentiellement des villas de taille relativement grande. Les opérations de l'Agence Foncière de l'Habitat l'AFH, des organismes publics et des lotisseurs privés s'inscrivent dans cette tendance qui va à l'encontre des objectifs de densification et de maîtrise de la consommation des ressources en sols. A côté des lotissements réglementaires, se développe d'une façon moins prononcée, en périphérie des zones urbanisées, des lotissements anarchiques.

Il est fortement recommandé de démarrer des expériences pilotes avec des toitures végétalisées extensives ou semi intensives au niveau de ce tissu d'habitation individuelle. Dans un second temps la commune de Gabes peut exiger, dans l'octroi des permis de bâtir, la mise en place des citernes de collecte des eaux pluviales ainsi que des toitures végétalisées, il est également possible de tester la faisabilité des toitures/ terrasse à végétation Semi-intensive malgré les difficultés climatiques.

- **Les tissus villageois** : Les tissus villageois dominant dans la zone Nord et leurs développements sont plus récents. La zone était essentiellement formée par l'oasis, néanmoins elle subit une mutation continue, passant d'un espace agricole à un espace urbain spontané qui peut être dense ou semi-dense. Ce tissu se caractérise par une trame urbaine proche de celle des noyaux anciens, avec cependant, des voies plus



larges généralement véhiculaires et des parcelles de plus grande taille. Les constructions sont implantées sur les limites séparatives et les pièces ouvrent sur une cour plus spacieuse que le patio traditionnel. Cette zone est sous-équipée.

Pour le tissu villageois limitrophe des oasis, c'est difficile de promouvoir les toitures végétalisées et ce compte tenu du caractère informel des constructions dans certains cas, par contre, il est très recommandé de lancer des expériences d'agriculture péri urbaine pour valoriser le savoir-faire des villageois et l'emplacement limitrophe des oasis traditionnelles de Gabes.

## 5. Définition de la végétalisation adéquate pour le climat de Gabès

La sélection des végétaux pour un aménagement doit prendre en considération l'analyse de certains paramètres. On retrouve: les paramètres édaphiques (structure, texture, pH, profondeur du sol...), les paramètres climatiques (températures, pluviométrie, ensoleillement, luminosité...), la disponibilité spatiale (pour le développement optimal du végétal), mais aussi les caractéristiques botaniques à savoir: les critères propres à la végétation (dimensions, époque de floraison, feuillage, adaptations ...) et le facteur phytosociologique (association des végétaux, et leur comportement en groupe, ainsi que les ambiances qu'ils génèrent). Aux paramètres précédents, la végétation accompagnant un bâtiment doit entre autres s'accorder avec le style architectural.

Comme le montre le schéma ci-dessous, l'encadré bleu montre la forme de végétalisation adéquate aux spécificités de la ville de Gabes ainsi que l'épaisseur et de la composition du substrat :

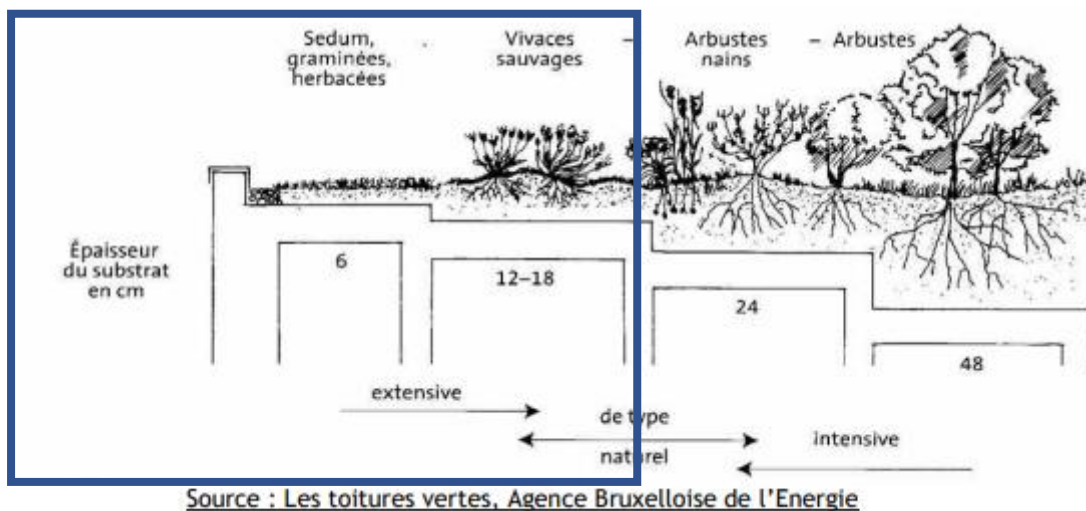


Figure 16: Nature de la végétation, épaisseur du substrat adéquat à la ville Gabes

## 5.1. Les espèces recommandées pour les climats chauds

Pour la végétalisation extensive les caractéristiques du climat, les faibles épaisseurs de substrat et la restriction ou l'absence d'arrosage réduisent la pellette végétale. Ces compositions floristiques pour les végétalisations extensives ont été déduites de l'analyse et de l'observation de la végétation spontanée qui a recouvert certaines toitures durant des années. Le choix des végétaux et des associations possibles s'accorde avec les épaisseurs du complexe de culture selon les besoins des végétaux mais aussi selon le climat.

Lassale (2006), pense qu'une vigilance doit être portée pour le climat des pays de la rive sud de la méditerranée non seulement pour le choix de la végétation mais aussi pour les complexes de culture: une situation très exposée, avec des périodes sèches d'une durée de sept à huit semaines réduira la palette végétale aux vivaces vraiment xérophiiles<sup>11</sup> et aux succulentes. Les régions à précipitations rares pendant la saison chaude, le littoral méditerranéen par exemple, présentent les contraintes les plus fortes pour les végétalisations extensives de toiture et donc la conception et le choix des matériaux et des végétaux, prennent une importance particulière. Une irrigation de sauvegarde peut être préconisée, mais elle doit rester aussi rare que possible (un arrosage copieux toutes les trois ou quatre semaines). Les plantes préconisées pour ces régions sont, les succulentes et les bulbeuses, alors que les plantes ligneuses et les mousses ne sont pas résistantes quelques soient le volume de rétention en eau mis à leur disposition. **Quant aux graminées qui sont très résistantes à la sécheresse comme Koeleriaglauca, Sesleriaglauca ou Stipa pennata, trouvent leur limite de résistance.** Il se trouve que même parmi les succulentes, la sélection est limitée sous ce climat: Sedum acre, Sedum spurium et d'autres variétés ne résistent pas toujours aux longues semaines de canicule de l'été méditerranéen. Dans les régions plus chaudes encore (Californie, Afrique...), un arrosage d'appoint avec une fréquence assez faible est recommandé pour que de telles végétalisations puissent encore être considérées comme extensives : ce sont des « végétalisations semi- extensives » ou bien des « végétalisations extensives assistées »<sup>12</sup>.

## 5.2. Capacité d'adaptation de la végétation aux différents stress

Selon les nouveaux procédés de végétalisation des toits, la végétation exposée aux conditions climatiques extrêmes doit survivre d'une manière autonome à des situations stressantes

---

<sup>11</sup>Xérophile : caractéristique d'adaptation à la sécheresse. Les xérophytes : sont des plantes xérophiiles ; qui s'adaptent à la sécheresse.

<sup>12</sup>François Lassalle, «Végétalisation extensive des terrasses et toitures : 34 réalisations exemplaires», Editions Le Moniteur, Paris, 2006. p.73-74

variées. Le stress biologique implique les effets hostiles s'exerçant sur un organisme. C'est une influence hostile qui tend à empêcher un système normal de fonctionner<sup>13</sup>.

Les plantes subissent différents types de stress (hydrique, thermique et lumineuse), et afin d'éviter leurs effets néfastes, les végétaux présentent des adaptations différentes. Celles-ci permettent aux plantes d'éviter le stress en accomplissant leur croissance en période de moindre stress; elles lui échappent comme les plantes du désert. Ou bien, elles le tolèrent par des mécanismes soit ; d'acclimatation après exposition à une situation stressante grâce à des modifications physiologiques non hérissables (non transmissible à la génération suivante) ; soit d'adaptation par des modifications génétiques hérissables tel que le métabolisme acide des plantes crassulacées (CAM-Crassulacen Acid Metabilism), d'où leur préférence pour les toitures végétalisées. **Pour la ville de Gabes, nous nous intéressons surtout au stress thermique (température élevée) et au stress hydrique (manque d'eau) que les plantes ont à subir en période estivale.**

### 5.3. Stress au déficit hydrique (sécheresse)

Compte tenu des conditions climatiques de la ville de Gabes (absence des précipitation et augmentation de la température en été), le stress hydrique représente un déficit en eau constituant une menace à la survie des toitures végétalisée. Lorsque les plantes sont exposées à des conditions hydriques extrêmes, dues par exemple au manque d'eau dans le sol et à l'augmentation de la température ambiante, elles s'adaptent par des stratagèmes morphologiques, anatomiques et physiologiques. Lorsque l'air chaud et sec souffle sur une plante, il provoque une différence de pression de vapeur entre la feuille et l'air environnant augmentant l'intensité de la transpiration. La plante doit se protéger des pertes excessives d'eau lorsqu'il arrive à en manquer dans le sol, elle doit survivre à une dessiccation qui n'endommage pas son protoplasme<sup>14</sup> et doit conserver sa capacité de reprendre une croissance normale une fois réhydratée<sup>15</sup>. En général, les végétaux présentent différentes adaptations à la sécheresse que ce soit par: la taille de la plante (forme en coussinet, en touffe ou en boule) ; le développement des racines (en profondeur lorsque le sol le permet ou latéralement pour de faibles épaisseurs du sol). Les feuilles présentent les adaptations les plus complètes dans le but de réduire la transpiration excessive de par: la taille, le parenchyme, la cuticule ou par les stomates.

<sup>13</sup>Jones et Jones (1989), In William G. Hopkins, « La physiologie végétale », 2e éd. Edition De Boeck, Bruxelles, 2003. p 452.

<sup>14</sup>Protoplasme : Synonyme de Cytoplasme : ensemble constitué du hyaloplasme et des organelles cellulaires, dans une cellule vivante, par opposition au noyau et à la membrane. (Dic. Hachette, 2005)

<sup>15</sup>Les plantes reviviscentes (mousses et lichens) par exemple, survivent sans dommage à un dessèchement de l'air qui provoque un abaissement de leur teneur en eau de 7%. (William G. Hopkins, 2003- p 453)

En générale, les plantes grasses, xérophytes ou succulentes telles que: les agaves, Joubarbes et Sedums sont caractérisés par des adaptations leurs permettant de capter le maximum d'eau de la stocker et de la conserver. L'absorption de l'eau se fait rapidement et massivement en surface ou en profondeur au moment des averses par un appareil racinaire très important présentant un réseau de racines superficielles proche de la surface. Le stockage de l'eau se fait par les organes aériens ou même dans les racines de ces plantes qui sont gorgées d'eau grâce à un parenchyme spécial abondant dans les tiges et les feuilles (le parenchyme aquifère) permettant le stockage de l'eau.

#### 5.4. Stress thermique : Résistance aux températures élevées

Le climat de Gabès est **désertique**, mais tempéré par la mer. Les températures sont similaires à celles du climat méditerranéen, bien que l'été soit particulièrement chaud. En fait, en raison de la proximité du Sahara, des vagues de chaleur peuvent se produire toute l'année, mais surtout en été, avec des vents chauds et secs, capables d'apporter du sable et de la poussière. Le record de chaleur est de 46,6 °C. Chaque plante possède un optimum de température lui permettant d'effectuer sa croissance et les fonctions primaires à son développement telles que l'assimilation chlorophyllienne et la transpiration. Lorsque la température dépasse le maximum ou le minimum toléré on dit qu'elle est exposée au stress thermique qui parfois annule la croissance. Ce stress diffère selon les saisons, on distingue en hiver le stress au froid (températures basses) et au gel, et en été le stress aux températures élevées qui est souvent accompagné d'un stress hydrique (sécheresse).


Les plantes qui doivent subir des températures élevées avec des manques d'eau sont variées. Il y a les éphémérophytes, les reviviscentes et les xérophytes qui résistent à la déshydratation et dont on distingue : les sclérophytes qui ne font aucune réserve d'eau (Thym, Romarin, l'Olivier, le Chêne), et les succulentes (plantes grasses) caractérisées par des organes aériens gorgées d'eau. Les plantes s'adaptent au mieux aux températures saisonnières, hivernales et estivales par différents stratagèmes ce qui leur donne des aspects saisonniers différents.



Figure 17: Exemples des plantes xérophytes adaptées aux condition climatiques de la ville de Gabes et aux toitures extensives

Ci-après, nous allons citer quelques espèces végétales qui peuvent être plantées dans notre terrasse végétale :

Tableau 7: Espèces végétales qui peuvent être plantées dans une toiture végétalisée à Gabes

	<p>Rouleau de Gazon de type Paspalum Vaginatatum, gazon Américain résistant à la sécheresse: le Paspalum est un gazon naturel de qualité élevée et connu pour ses avantages: Résistance au piétinement, résistance à la salinité, résistance aux maladies, résistance à la sécheresse (économie d'eau), tolérance a la stagnation de l'eau...</p>
---	---

	<p><b>Les succulentes :</b> Aussi nommées “plantes grasses” Ces plantes sont en effet capables de stocker de l'eau dans leurs feuilles, leurs tiges et leurs racines, et de la transformer en suc mucilagineux qui leur permet de survivre dans les milieux les plus hostiles, en particulier la température élevée et les grandes périodes de sécheresse<sup>16</sup>. Le substrat doit être bien drainant et doit se rapprocher d'un sol désertique ou semi-aride.</p>
	<p>Les joubarbes sont des plantes particulièrement robustes et rustiques. <b>Elles sont très résistantes au froid, à la chaleur, à la sécheresse, et ne nécessitent presque aucun soin.</b> Leur seul véritable ennemi est l'humidité stagnante. Elles préfèrent une exposition chaude et ensoleillée mais supportent également d'être cultivées en situation mi-ombragée. Placez-les dans tout type de sol bien drainé, même sec ou très pauvre. Elles s'associent très bien avec d'autres plantes grasses comme les sedums.</p>
	<p><b>Les Sedums</b><sup>17</sup> : il s'agit des plantes vivaces les plus adaptées avec les toitures végétalisées extensives. Les jardins sont orpin à fleurs bleues (Sedum caeruleum), orpin brûlant (Sedum acre), orpin bâtard (Sedum spurium), orpin remarquable (Sedum spectabilis), orpin de Siebold (Sedum sieboldii). <b>Les sédums préfèrent les sols légers et drainants et nécessitent peu d'arrosage.</b> <b>Une exposition en plein soleil est également indispensable pour son quotidien.</b></p>

<sup>16</sup> Source : <https://www.plantezcheznous.com/blog/les-succulentes-des-plantes-etonnantes-faciles-et-decoratives/>

<sup>17</sup> [https://www.researchgate.net/publication/316890595\\_Plantes\\_florales\\_a\\_massif\\_en\\_Tunisie](https://www.researchgate.net/publication/316890595_Plantes_florales_a_massif_en_Tunisie)

	<p><b>Pennisetum</b></p> <p>Il s'agit de graminées résistantes à la sécheresse, idéales à planter en sol sec pour embellir un jardin malgré un soleil brûlant. Des végétaux aux inflorescences légères qui se plaisent même en période de canicule.</p> <p><u>Période de plantation</u> : De février à avril et de septembre à novembre.</p> <p><u>Période de floraison</u> : En juin et en octobre</p> <p><u>Niveau d'arrosage</u> : Moyen</p> <p><u>Entretien facile</u></p>
	<p><b>Gazania</b></p> <p>Le gazania est une fleur sublime qui sait se démarquer non seulement par sa beauté, mais aussi par sa robustesse. En effet, il reste en fleur tout l'été et en plus il résiste à la sécheresse, même sans arrosage et sans entretien<sup>18</sup>.</p> <p><u>Période de plantation</u> : Printemps</p> <p><u>Période de floraison</u> : Printemps</p> <p><u>Niveau d'arrosage</u> : faible</p> <p><u>Entretien facile</u></p> <p><b>Les gazanias supportent tous les types de sol bien drainé mais préfèrent les sols neutres ou calcaires.</b></p> <p><b>Il faut choisir une exposition ensoleillée. À l'ombre, les gazanias fleurissent moins et leurs fleurs se referment.</b></p> <p>Le gazania s'accommode de tous les sols, même secs et calcaires. Il supporte le climat maritime<sup>19</sup>.</p>
	<p><b>Les Sesleria : de petites graminées</b></p> <p>Vivaces et persistantes, les Séslières sont de discrètes mais élégantes graminées à feuilles étroites et linéaires qui forment de petites touffes herbacées denses de 30 à 60 cm de haut et 20 à 40 cm de large.</p> <p>Les séslières forment de jolis couvre-sol.</p> <p><u>Période de plantation</u> : Printemps</p> <p><u>Période de floraison</u> : Printemps</p>

<sup>18</sup> <https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/585/gazania>

<sup>19</sup> <https://www.researchgate.net/publication/316890595> Plantes florales a massif en Tunisie

	<p><u>Niveau d'arrosage</u> : <b>Une fois bien installé, les sesleria tolèrent la sécheresse</b> mais vous pourrez néanmoins arroser de temps en temps pour favoriser la floraison.</p> <p><u>Entretien</u> : facile</p>
--	--

## 6. Description des opérations de maintenance à réaliser, pour la durabilité des toitures/surfaces

Pour développer cette partie relative à l'entretien des toitures végétalisées et en absence des normes, et de réglementation tunisienne qui organise la mise en place et l'entretien des toitures végétalisées, on s'est inspiré du document « règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées »<sup>20</sup>. Ces règles concernent les procédés d'étanchéité avec végétalisation extensive et semi-intensive en France et en Europe et nous avons essayé de l'adapter pour le contexte tunisien.

### 6.1. Arrosage à l'installation de la végétalisation

Compte tenu de la spécificité du climat de la ville de Gabes, quel que soit le mode de plantation, toute toiture végétalisée nécessite un arrosage à l'installation des végétaux à partir des points d'eau disponibles en toiture et dimensionnés à la surface végétalisée jusqu'à saturation du substrat durant la période de parachèvement de l'installation. Ensuite, dans le cas de mise en œuvre par semis de graines, semis de fragments de Sedum, plantation de micro-mottes, de godets ou encore de tapis pré cultivés, l'arrosage devra se poursuivre jusqu'à enracinement suffisant des plantes dans le substrat.

### 6.2. Arrosage pour couvrir les besoins des végétaux en phase d'entretien

Selon l'épaisseur du substrat, l'arrosage peut être nécessaire lorsque la pluviométrie seule ne suffit pas à combler les besoins des plantes.

L'arrosage courant : en méditerranée, en période de canicule et de sécheresse un arrosage de début juin à la fin septembre est nécessaire. Une fois par semaine à raison de 14 à 20 mm d'eau selon les températures. Il sera fait en deux fois, 7 à 10 mm à l'aube et 7 à 8 mm le soir. En été l'arrosage ne sera mis en fonctionnement qu'après le premier épisode de forte chaleur afin que

<sup>20</sup> <https://www.iko.fr/wp-content/uploads/2015/03/18-05-Regles-Professionnelles-TTV-ed3.pdf>



ce dernier puisse agir en tant que désherbant naturel sur les éventuels adventices qui pourraient s'installer sur la toiture.

#### •Contrôle des systèmes d'arrosage

- Contrôler principalement l'état hydrique des substrats,
- Entretien du système d'arrosage automatique, comprenant (le réglage éventuel des arroseurs ; la modification des durées d'arrosage en fonction de la pluviométrie ; les opérations d'hivernage (notamment de purge du réseau) et de remise en fonction au printemps.
- Arrosage manuel, pour sauvegarder le couvert végétal en cas de sécheresse prolongée.
- Etablissement d'un rapport d'intervention à chaque passage.

**Note : l'utilisation d'outils pouvant porter atteinte au complexe d'étanchéité, à la couche filtrante et aux systèmes d'arrosage éventuels est interdite.**

### 6.3. L'entretien des toitures végétalisées

L'entretien des toitures végétalisées est obligatoire et peut être exécuté par le propriétaire ou doit être formalisé par un contrat à la réception de l'ouvrage, en particulier pour les administrations publiques. L'accès à la toiture nécessaire aux futures opérations d'entretien est prévu par le maître d'œuvre dès la conception de la toiture.

L'entretien spécifique des toitures végétalisées se décompose en un entretien initial qui concerne la première année suivant l'installation et un entretien courant, au-delà de cette première année. L'entretien de chaque système fait l'objet d'une fiche de préconisation d'entretien remise par le fournisseur du procédé de végétalisation extensive.

Lors des opérations d'entretien :

- Comme pour toute toiture inaccessible, la sécurité du personnel doit être assurée vis à vis des chutes de hauteur.
- Il appartient au Maître d'Ouvrage d'avertir le personnel que des précautions sont à prendre pour ne pas endommager le revêtement d'étanchéité compte tenu de la faible épaisseur du complexe de végétalisation extensive.

**L'étanchéité a un rôle primordial dans la protection d'un ouvrage. Sa bonne exécution et son entretien régulier doivent être assurés pour lutter contre tout dommage ultérieur**

#### •Entretien du complexe d'étanchéité et de la toiture

- Examen des ouvrages d'étanchéité visibles
- Inspection des ouvrages complémentaires directement visibles, notamment : bandeaux, murs en élévation, acrotères, garde-corps, pénétrations, etc. ;
- Nettoyage des orifices d'évacuation des eaux pluviales ;
- Enlèvement des mousses, herbes, feuilles mortes, végétations et détritiques au droit des zones stériles, nettoyage des joints.

#### Entretien du système de végétalisation<sup>21</sup>

L'entretien des végétaux démarre à leur installation, lors des phases de parachèvement et de confortement. L'entretien courant des terrasses et toitures végétalisées est obligatoire. Il doit être formalisé au plus tard à la réception de l'ouvrage à l'aide :

L'entretien (concernant le confortement et l'entretien courant) doit être assuré par le propriétaire du bâtiment en étroite concertation avec la société qui a assuré la mise en place de la toiture végétalisée.

L'objectif de l'entretien de la végétalisation est :

- D'obtenir et conserver un taux de couverture végétale supérieur à 80 %.
- De maîtriser le développement des adventices ;
- D'assurer le développement durable de la végétation.

Pour l'entretien du système de végétalisation, trois périodes sont à différencier :

#### Sous la responsabilité de l'entreprise qui a assuré la mise en place de la toiture végétalisée

- La période de parachèvement: c'est la période comprise entre l'installation de la végétalisation et la réception de l'ouvrage. Sa durée est variable en fonction des conditions de coordination du chantier. Les travaux de parachèvement font partie intégrante du marché de travaux.

<sup>21</sup><https://www.iko.fr/wp-content/uploads/2015/03/18-05-Regles-Professionnelles-TTV-ed3.pdf>

Sous la responsabilité du maître d'ouvrage :

- La période de confortement: c'est la période entre la réception de l'ouvrage et le démarrage de l'entretien courant (celui-ci commence dès obtention d'un taux de couverture  $\geq 80\%$ ). Sa durée pourra varier en fonction de la mise en œuvre de la végétation retenue.
- La période d'entretien courant : elle commence après l'obtention d'un taux de couverture  $\geq 80\%$ .

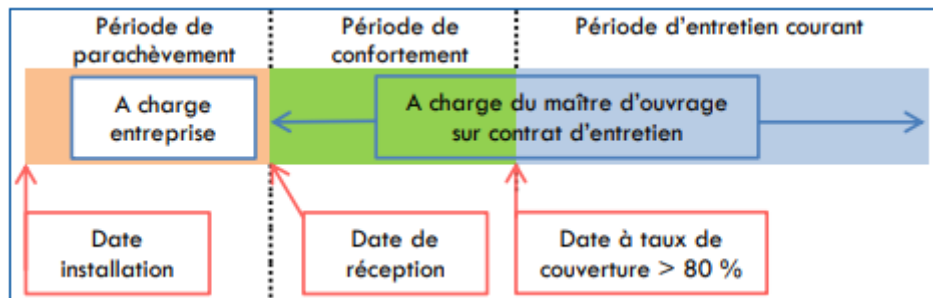


Figure 18: Enchaînement chronologique des différentes phases de mise en place et suivi de la végétalisation

Ci-dessous, les différentes opérations nécessaires pour entretenir les systèmes de végétalisation extensive et semi extensive

•Entretien du système de végétalisation extensive

- Enlèvement des déchets apportés par le vent sur les surfaces végétalisées
- Désherbage manuel des végétaux indésirables (adventices)
- Opération complémentaire de semis (graines ou fragments de sedum) ou de plantation (de micromottes ou godets) pour atteindre un taux de couverture  $\geq 80\%$ .
- Fertilisation d'appoint éventuelle pour soutenir le développement des végétaux
- Dans le cas où un système d'arrosage automatique est installé, vérification et entretien du système avec purge du réseau avant l'hiver et remise en service en fin de printemps.
- Tonte ou fauchage (graminées).
- Taille (plantes vivaces à feuillage élevé, hampes florales).

#### •Entretien du système de végétalisation Semi-Intensive

- Ramassage et évacuation des déchets apportés par le vent (feuilles mortes, papiers...).
- Enlèvement des mousses, feuilles mortes, détritiques et toute végétation au droit des zones stériles (l'utilisation d'herbicides complets est interdite).
- Suppression le plus tôt possible par arrachage manuel des plantes (saule, ailante, peuplier, etc.) issues de semences apportées par le vent ou les oiseaux et susceptibles d'endommager les ouvrages.
- Suppression par arrachage manuel des plantes adventices pouvant nuire au développement des espèces introduites initialement ou porter préjudice à l'aspect esthétique de l'aménagement. Il est admis que certaines adventices peuvent participer ponctuellement au maintien d'un couvert végétal continu. L'utilisation d'herbicides sélectifs est interdite.
- Maintien de l'équilibre entre les différentes espèces de façon à pérenniser la composition d'origine ou de la faire évoluer harmonieusement.
- Opérations complémentaires de semis ou de plantation, conformément au projet d'origine, pour maintenir un couvert végétal supérieur à 80 %.
- Taille des fleurs fanées sur les espèces à floraison érigée et taille rase des graminées à la sortie de l'hiver.
- Tonte des zones engazonnées de façon à maintenir une hauteur maximum moyenne de 10 à 12 cm et ramassage systématique des déchets de tonte. Les tontes rasées en été sont fortement déconseillées.
- Fauchage des zones de prairie, après épiaison. Un fauchage fractionné peut être effectué. Les déchets de fauche doivent être évacués après séchage notamment dans le cas de prairies à fleurs. L'utilisation de la débroussailleuse à fil est proscrite le long des émergences, des relevés d'étanchéité et des zones stériles.
- Mise en œuvre d'engrais complet si nécessaire en début de printemps sur l'ensemble de la surface végétalisée en prenant soin de ne pas épandre sur les zones stériles.
- Remise en place de la couche de culture en cas de déplacement (migration du substrat) par le vent ou par la pluie et rétablissement de la couche végétale le cas échéant.

## 7. Conclusion

Compte tenu des spécifications climatiques de la ville de Gabes ainsi que les paramètres énergétiques suivants :

- La faible pluviométrie avec une moyenne annuelle qui ne dépasse pas 200 mm/an
- La température élevée de la ville de Gabes particulièrement en été
- La consommation importante de la ville en électricité en été pour la climatisation (Le profil énergétique de la ville de Gabès est marqué par une augmentation de 30% de la consommation électrique de 2011 à 2015 et une croissance remarquable de la demande en gaz naturel<sup>22</sup>).
- Les perpétuelles augmentations des tarifs de l'électricité en Tunisie pour réduire la compensation du secteur énergétique<sup>23</sup>.
- Le niveau de pollution atmosphérique très important de la ville de Gabes et la nécessité de multiplier les espaces verts.
- **Le rôle important des toitures végétalisées dans l'amélioration de l'isolation thermique du bâtiment et la réduction des écarts de températures en toiture. Les bâtiments sont moins sensibles aux conditions extérieures et leurs besoins énergétiques pour maintenir une température intérieure confortable sont moins importants et ainsi la baisse de la facture énergétique.**

Considérant tous les paramètres précédemment cités, nous recommandons la promotion des toitures végétalisées à Gabes principalement sous l'angle de l'amélioration du confort thermique et de la réduction de la consommation et la facture énergétique des ménages, ensuite la contribution à la réduction de la pollution atmosphérique de la ville sans oublier leurs rôles dans la rétention des eaux pluviales, en particulier avec l'amplification des événements pluviométriques extrêmes à cause des changements climatiques.

### La promotion des toitures végétalisées extensive ou semi intensive :

Considérant les caractéristiques climatiques de la ville de Gabes, à savoir la faible pluviométrie avec une moyenne annuelle qui ne dépasse pas 200 mm/an ainsi que les températures élevées en été et la récurrence des années de sécheresse conjugués avec les effets des changements climatiques qui multiplie la fréquence de ces événements extrêmes dans la ville. Nous recommandons d'opter pour les toitures à végétation extensives qui sont caractérisées par un besoin très faible en arrosage ou des toitures semi intensives avec un besoin faible en irrigation.

<sup>22</sup> <https://medcities.org/wp-content/uploads/2021/06/Strategie-de-Developpement-Durable-de-la-Ville-de-Gabes.pdf>

<sup>23</sup> <https://lapresse.tn/130449/steg-augmentation-des-tarifs-du-gaz-naturel-et-de-lelectricite/>

Les toitures à végétation intensive qui nécessite une irrigation fréquente sont fortement déconseillées pour le cas de la ville de Gabes.

Également, et compte tenu du poids du complexe de végétation, les toitures végétales extensives peuvent **être réalisées au cours des travaux d'aménagement du bâtiment alors que la réalisation d'une toiture végétale intensive doit forcément être prise en compte pendant la conception du bâtiment.**

Pour les bâtiments existants dont la charge maximale supportée ne dépasse pas 300kg/m<sup>2</sup> on peut développer les toitures extensives et dans certains cas semi intensives dans la ville de Gabes.

Les toitures extensives ou semi-intensives, nécessitant moins d'entretien et peu demandeuses d'eau par contre, les formes de toitures intensives, ou de « jardinets » demandant d'importants entretiens et une forte capacité en eau seront donc à éliminer. Compte tenu des conditions climatiques et hydriques de la ville de Gabes les toitures extensives ou semi-intensives, semblent être les méthodes à promouvoir pour la commune de Gabes.

Economiquement, les toitures végétalisées extensives et semi intensives sont à favoriser vu le cout raisonnable d'implantation et la charge faible d'entretien de la toiture et de la végétation.

### Quel rôle pour la commune de Gabes ?

La commune de Gabes doit assurer la sensibilisation nécessaire pour la promotion des toitures végétalisées et ce à travers :

1. Jouer le rôle du modèle à suivre par les citoyens et ce par la mise en place des projets pilotes des toitures végétalisées avec ces fonds propres ou en bénéficiant de l'appui des organisations de la coopération internationale ou les ONG internationales.
2. La commune doit assurer le suivi nécessaire des projets et communiquer aux administrations locales et au grand public les impacts des projets pilotes en termes de gain énergétique et économique.
3. En second lieu, la commune peut mettre en place des incitations administratives dans l'octroi des permis de bâtir pour les bâtiments intégrant les toitures végétalisées et les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales en générale.
4. La commune peut également faire le plaidoyer à l'échelle nationale pour l'adoption d'une réglementation permettant la promotion des toitures végétalisées comme technique d'isolation thermique et de rétention des eaux pluviales.

## Fiche technique récapitulative Toitures végétalisées

<p><b>Définition</b></p>	<p>Les toitures végétalisées, sont des toitures recouvertes de la végétation. Il s'agit d'un toit plat ou à faible pente, recouvert d'un substrat pouvant supporter une structure végétale.</p> <p>Non seulement elles peuvent retenir les eaux de pluie mais les toitures végétalisées peuvent jouer le rôle d'un isolant thermique et améliorent ainsi les performances énergétiques du Bâtiment.</p> <p><i>Cette technique est nouvellement utilisée en Tunisie</i></p>
<p><b>Principe de fonctionnement</b></p>	<p>Les toitures végétalisées jouent le rôle d'un isolant thermique, réduction des ruissèlements, purificateur de l'air ainsi que la fonction d'esthétique.</p> <p>Pour les toitures constituées d'une végétation extensive (la plus adéquate aux conditions techniques et climatiques de la ville de Gabes), la capacité de rétention annuelle est de l'ordre de 30%.</p> <p>Selon les travaux menés par l'ADIVET<sup>24</sup> et le CSTB<sup>25</sup> notamment, un système de type végétalisation extensive d'une épaisseur de 6 à 10 cm de hauteur peut retenir jusqu'à 50% des précipitations annuelles)<sup>26</sup></p>
<p><b>Conditions à respecter</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilité d'accès pour l'entretien.</li> <li>• Nécessite d'une étude hydraulique et mécanique contenant un calcul de la charge en eau</li> <li>• Une source d'eau alternative pour l'arrosage est nécessaire</li> <li>• Nécessité d'une couche drainante dans le cas où la pente &lt;5%</li> <li>• Zone « stérile » à mettre en place (largeur supérieure à 40 cm)</li> <li>• Avoir une pente nulle: dispositif de régulation et trop pleins de sécurité protégés par des grilles</li> <li>• Avoir une très bonne étanchéité du toit</li> <li>• Bonne exposition du toit au rayonnement solaire sur la majorité de sa surface pendant une grande partie de la journée</li> </ul>
<p><b>Champs d'application et matériaux utilisés</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sur les toits existants (vérification de la stabilité et de l'étanchéité auparavant) ou neufs ; ( pour plus de détails ( voir la section 4.5 du rapport))</li> <li>• Eviter le climat de montagne (&gt;900m d'altitude)</li> </ul>
<p><b>Matériaux</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Élément porteur comme le bois, béton, acier</li> </ul>

<sup>24</sup> Association pour le Développement et Innovation sur la Végétalisation Extensive des Toitures

<sup>25</sup> Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

<sup>26</sup> [https://www.nice.fr/uploads/media/default/0001/02/Etude\\_sur\\_les\\_toitures\\_vegetalisees\\_1.pdf](https://www.nice.fr/uploads/media/default/0001/02/Etude_sur_les_toitures_vegetalisees_1.pdf)

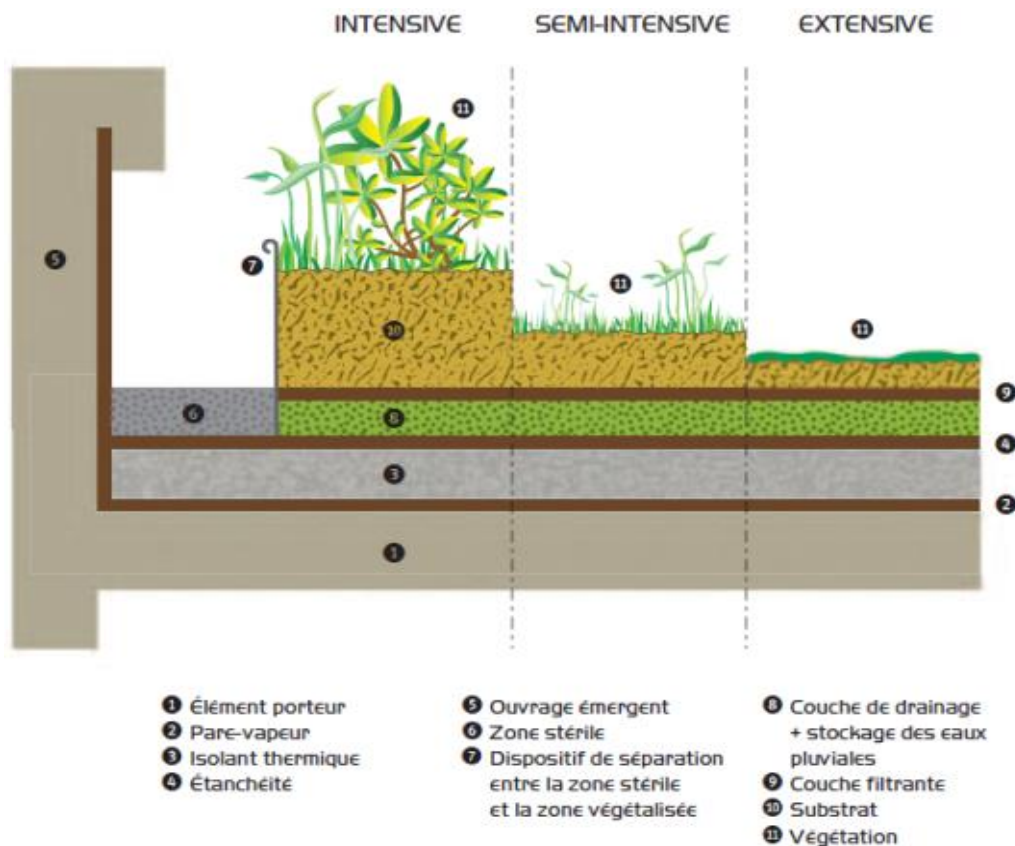
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pare vapeur et isolant thermique</li> <li>• Protection d'étanchéité placée sous ou dalles béton, des gravillons ou du bois</li> <li>• Cas de Pente nulle: reliefs en béton armé de 25 cm de haut au-dessus de la protection comme un barrage</li> </ul>
<p><b>Dimensionnement</b></p>	<p>Pour une inclinaison de toit inférieure à 5%, la couche de drainage joue également le rôle de stockage temporaire d'eau. Elle est dimensionnée comme suit :</p> $H = V / (S \times P)$ <p>Avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H : épaisseur de la couche en Mètre</li> <li>• V : volume d'eau à stocker en m<sup>3</sup></li> <li>• S : surface du toit en m<sup>2</sup></li> <li>• P : porosité du matériau utilisé.</li> </ul> <p>La couche de drainage est facultative pour les toits dont l'inclinaison est supérieure à 5%. Cependant, des structures supplémentaires s'avèreront nécessaires telles que, les baquets de rétention de substrat, les matériaux et panneaux de drainage, les canalisations etc. La terre de jardin ne convient pas pour les toitures vertes car elle se compacte et s'acidifie facilement. Des substrats spécialement conçus pour la végétalisation des toits existent dans le marché.</p>
<p><b>Coût</b></p>	<p>Le cout estimé pour une toiture de 1000 m<sup>2</sup> sans considération de l'élément porteur et l'étanchéité est répartie comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Végétalisée extensive : 200 à 350 DT /m<sup>2</sup></li> <li>• Végétalisée semi intensives : 300 à 500 DT/m<sup>2</sup></li> </ul>
<p><b>Entretien</b></p>	<p><b>Il est recommandé de faire deux opérations d'entretien annuellement et ce comme suit :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Une première visite est fortement recommandée avant la période estivale pour contrôler les avaloirs, les descentes d'eaux pluviales,</li> <li>2. Afin d'enlever les feuilles mortes, les mousses et espèces parasites une deuxième visite est fortement recommandée avant la période automnale ;</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un désherbage des végétaux indésirables doit être effectué pour chaque toiture.</li> <li>• Dans certain cas, un arrosage peut être prévu, ainsi qu'une taille et une tonte des végétaux présents, et ce spécifiquement dans les climats arides avec des longues périodes de sécheresse (le cas de Gabes)</li> </ul>



**Options de valorisation de l'eau collectée**

1. Arrosage
2. Récupération dans des citernes pour autres types d'utilisation domestique particulièrement l'irrigation des Jardins

**Schéma de principe d'une toiture végétalisée**



Source : Maëlleancelle, chargée de mission - adopta la gestion durable et integree des eaux pluviales la boîte à outils des techniques alternatives

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Absence d'emprise foncière</li> <li>▪ Espace nécessaire faible</li> <li>▪ Simplicité dans la conception</li> <li>▪ Une bonne intégration paysagère.</li> <li>▪ Assure un Confort thermique et acoustique en particulier durant l'été où les températures à Gabes peut dépasser 40 °C</li> <li>▪ Permet une réduction des coûts énergétiques relatifs à la climatisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacité de stockage faible</li> <li>▪ Accès difficile à la toiture</li> <li>▪ Nécessité d'assurer un entretien régulier</li> <li>▪ Risque d'étanchéité</li> <li>▪ Risque de nuisances olfactives</li> <li>▪ Acceptabilité sociale</li> <li>▪ Investissement supplémentaire</li> </ul>



تعزيز المياه العمرانية من خلال أعمال و أدوات مخصصة  
Valorisation de l'eau urbaine à travers des actions  
et instruments innovateurs

- Ralentir le ruissèlement des eaux de pluie

## Annexe 1 : Proposition de modèle de Cahier de Charges Techniques d'une toiture/surface végétalisée

### 1. Introduction

Les systèmes de gestion des eaux pluviales sont très utilisés dans les pays avec climats et régimes de précipitations très différents à celui-ci de Gabés et elles ont donné des résultats positifs dans la réduction des eaux de ruissellement pendant les temps de pluie ainsi que l'amélioration du confort thermique des bâtiments.

Le présent Cahier des Clauses Techniques (C.C.T.) définit les prescriptions techniques générales aux travaux nécessaires à la mise en place de la technique de gestion des eaux pluviales (Les toitures végétalisées).

En particulier, il énumère les spécifications générales imparties aux travaux de :

- Vérification des conditions d'implantation ;
- Test et contrôle divers ;
- Dimensionnement et choix des matériaux ;
- Travaux d'étanchéité ;
- Exécution de la toiture végétalisée ;
- Entretien et maintenance.

### 2. Informations générales

Un toit vert ou toiture végétale/végétalisée est un toit plat ou à faible pente, recouvert d'un substrat pouvant supporter une structure végétale. En plus de retenir les eaux de pluie, les toitures végétalisées contribuent à améliorer le confort thermique des bâtiments, tout en constituant un atout considérable à l'aménagement paysager.

Une toiture végétalisée type est constituée, par ordre chronologique d'installation :

1. Un support porteur (constituant le « toit », qui peut être principalement en béton, en métal ou en bois),
2. Un matériau pare-vapeur,
3. Une couche d'isolant,
4. Un complexe d'étanchéité résistant à la pénétration racinaire,
5. Une couche de drainage spécialisé,
6. Un géotextile filtrant pour contenir le substrat tout en laissant circuler l'eau,
7. Un substrat de croissance fabriqué, sans terre (sauf végétalisations intensives),
8. De plantes, choisies dans une gamme de végétaux spécifiques.

Une zone stérile, non végétalisée, longe les acrotères afin de faciliter la surveillance et l'entretien du relevé d'étanchéité et des évacuations d'eau pluviales.

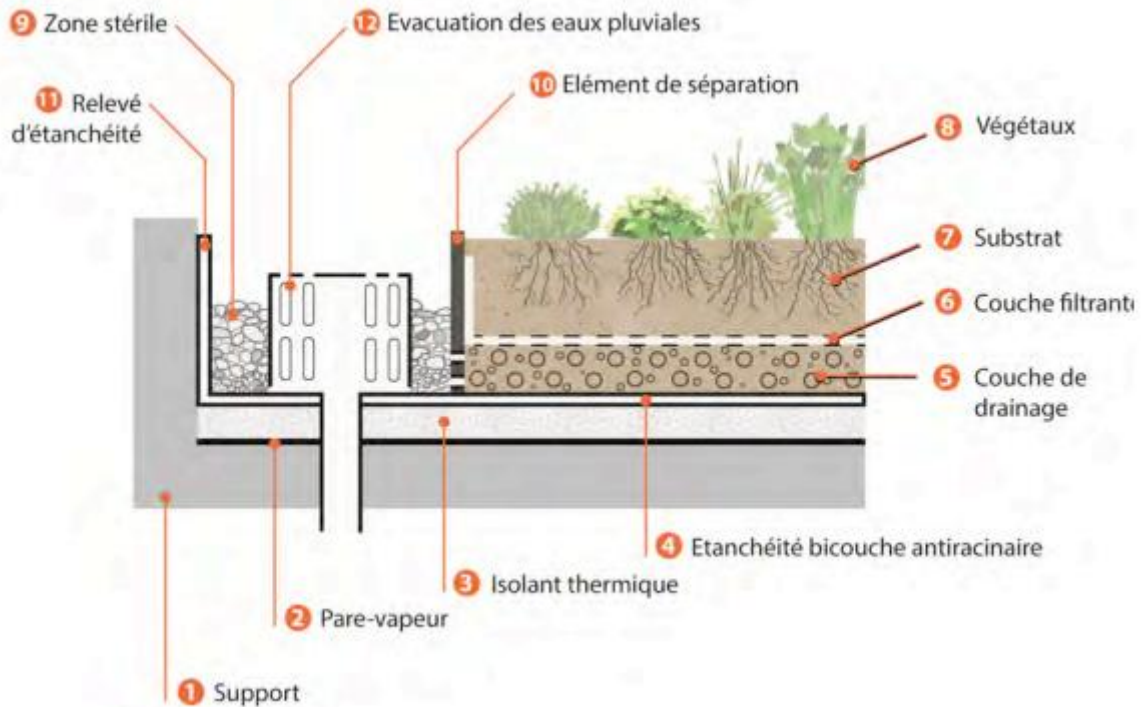


Figure 19 : Coupe type d'une toiture végétalisée (réalisation : F. Bellagamba pour SEPIA Conseils)

### 3. Hypothèse pour l'implémentation d'une toiture dans un bâtiment à Gabes.

Le bâtiment choisi présente les caractéristiques suivantes :

- Surface : 200m<sup>2</sup> ;
- Pente du toit : Terrasse plate ;
- Bonne exposition du toit au rayonnement solaire sur la majorité de sa surface pendant une grande partie de la journée ;
- Possibilité d'installer une source d'eau alternative pour l'arrosage ;
- Possibilité d'ajouter un accès à la terrasse pour l'entretien ;
- Poids maximal permanent tolérer est de 300 Kg/m<sup>2</sup>

**Nous optons pour la solution de toiture végétale extensive ou semi-intensive, et cela pour les raisons suivantes cités dans le paragraphe 4.4. « Identification de la toiture végétalisées la plus adaptées aux spécificités de la ville de Gabes »**

#### 4. Conception et dimensionnement

**Remarque : En absence d'une norme tunisienne relative à la mise en place des toitures végétalisées, nous faisons référence à la norme française NF-DTU 43.1**

*Les règles professionnelles actuellement en vigueur s'appliquent aux terrasses et aux toitures de pente inférieure ou égale à 20 %, pendant que les planchers porteurs en béton sont, eux, gérés par le DTU 43.1.*

##### a. Conditions d'implantation à vérifier pour chaque nouveau projet/ bâtiment à Gabes

Les conditions de réalisation d'une toiture végétale sont :

- Capacité du toit à supporter la charge supplémentaire du substrat végétalisé,
- Très bonne étanchéité du toit,
- Bonne exposition du toit au rayonnement solaire sur la majorité de sa surface pendant une grande partie de la journée,
- Existence d'une source d'eau alternative pour l'arrosage,
- Facilité d'accès pour l'entretien.

##### b. Conception

La conception des toitures végétales est basée sur les critères suivants :

- Toiture plate ou légèrement inclinée < 5% pour les toitures végétales intensives ou semi-intensives.
- Vérifier la stabilité sur les constructions existantes car ce système génère une surcharge.
- Attention à la mise en œuvre de l'étanchéité qui doit être particulièrement soignée, et dans le respect des préconisations du DTU 43.1.
- Le nombre d'évacuation d'eaux pluviales est fixé par le DTU 60.11.
- Il ne doit pas y avoir d'équipement électrique (chaufferie, VMC, capteurs solaires...).
- L'évaluation de la hauteur d'eau est importante : permet une bonne régulation tout en assurant la sécurité de la structure (10 cm d'eau maximum).

#### Éléments porteurs et charges à prendre en compte<sup>27</sup>

Quel que soit l'élément porteur, en béton, en béton cellulaire, en tôles d'acier nervurées, les charges de calcul à prendre en compte sont les suivantes :

**Les charges permanentes qui correspondent à la somme :**

- Du poids propre du complexe d'isolation-étanchéité (pare-vapeur, isolant, revêtement d'étanchéité) ;

<sup>27</sup><https://www.iko.fr/wp-content/uploads/2015/03/18-05-Regles-Professionnelles-TTV-ed3.pdf>

- Du poids propre du système de végétalisation à capacité maximale en eau (couche drainante, couche filtrante, substrat, végétaux). Il est indiqué par le tenant du système de végétalisation sur la base d'essais réalisés par un laboratoire indépendant. Note : dans le cas où le couvert végétal n'est pas uniforme, la valeur maximale sera prise en considération sur toute la zone végétalisée pour le calcul sous charges descendantes et sans complexe de végétalisation pour le calcul sous charges ascendantes.
- Une charge de sécurité fixée forfaitairement à 15 daN/m<sup>2</sup>. Une charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m<sup>2</sup> (soit 100 daN/m<sup>2</sup> au total) sera ajoutée pour le dimensionnement des seuls éléments à base de bois supports d'étanchéité pour tenir compte de leur fluage naturel, lorsque la pente est inférieure à 7 % sur plan. Note : cette charge de 85 daN/m<sup>2</sup> n'est donc pas à prendre en compte pour le calcul des éléments structuraux tels que poutres, solives, etc. Elle n'est pas non plus à prendre en compte dans le cas de panneaux faisant l'objet d'Avis Technique dimensionnés suivant l'Eurocode 5, le fluage ayant déjà été pris en compte.

**Les charges d'exploitation** à prendre en compte, à défaut de dispositions plus contraignantes dans les documents particuliers du marché, sont de 100 daN/m<sup>2</sup> pour les zones végétalisées.

**Les charges descendantes et ascendantes de calcul sont définies :**

Lorsque les éléments porteurs se vérifient aux « états limites », en combinant et pondérant les charges permanentes, climatiques, d'exploitation, d'entretien, etc.

Lorsque les éléments porteurs se vérifient aux « contraintes admissibles » et pour les complexes d'étanchéité, en additionnant les charges permanentes, climatiques, d'exploitation, d'entretien, etc.

### Éléments porteurs en travaux neufs

Les éléments porteurs suivants sont admis avec une pente maximale de 20 % :

- Maçonnerie conforme au NF DTU 20.12 ;
- Béton cellulaire autoclavé défini par Avis Technique, avec pente minimale de 1 % ;

### Éléments porteurs dans le cas d'ouvrages existants (très important)

Une étude de stabilité générale est requise comme le précise le NF DTU 43.5 pour les éléments porteurs. Cette étude est à la charge du maître d'ouvrage, l'entreprise d'étanchéité n'étant pas compétente pour la réaliser. Le cas de la mise en place d'un système de végétalisation sur une toiture existante est possible sous réserve d'une étude spécifique menée par une entreprise qualifiée suivant les dispositions du NF DTU 43.5 en tenant compte du changement éventuel de destination de la toiture en toiture végétalisée.

**Isolation thermique**  
*Sur ouvrages neufs*

Les panneaux isolants supports d'étanchéité admis sont de classe C (compressibilité selon le Cahier CSTB n°2662\_V2) et sont visés, sur l'élément porteur considéré, pour un emploi en support de revêtement de toiture-terrasse jardin, végétalisée ou sous protection lourde par leur Document Technique d'Application. Sur pente  $\leq 5\%$ , l'utilisation de panneaux isolants en isolation inversée est également admise selon leur Document Technique d'Application auquel il conviendra de se référer pour la pose du système de végétalisation.

#### Sur ouvrages existants

Une étude de l'existant doit être effectuée suivant les modalités définies dans le NF DTU 43.5. A l'issue, si on n'est pas certain d'avoir un isolant de classe C, il y a lieu de refaire un nouveau complexe. Dans le cas d'une isolation complémentaire, avec application définie par le NF DTU 43.5, les panneaux isolants répondent aux mêmes spécifications qu'en travaux neufs.

#### c. Dimensionnement de la couche drainante

Pour les toits dont l'inclinaison est inférieure à 5%, la couche de drainage joue également le rôle de stockage temporaire d'eau. Elle est dimensionnée comme suit :

$$H = V / (S \times P)$$

Avec :

- H : épaisseur de la couche en mètre
- V : volume d'eau à stocker en m<sup>3</sup>
- S : surface du toit en m<sup>2</sup>
- P : porosité du matériau utilisé.

La couche de drainage est facultative pour les toits dont l'inclinaison est supérieure à 5%. Cependant, des structures supplémentaires s'avèreront nécessaires telles que les matériaux et panneaux de drainage, les canalisations, les baquets de rétention de substrat, etc.

## 5. Pratiques de mise en œuvre

### a. Matériaux

Élément	Matériaux
Élément porteur pour Gabes	Toiture Extensive ou semi intensive: béton, bois et acier
Pare vapeur	Film en polyéthylène, feuilles d'aluminium, couche bitumineuse
Isolant thermique	Laine de verre, laine de roche
Revêtement d'étanchéité	Bicouche en membranes bitumeuses traitées anti- racine ou asphalte coulé

<b>Couche drainante</b>	Agrégats minéraux poreux, argile expansée, matériaux alvéolaires, éléments synthétiques pré moulés, matelas de drainage synthétiques
<b>Couche filtrante</b>	Matériaux non tissés synthétiques en polyester ou polyéthylène
<b>Substrat</b>	TE : éléments organiques (tourbe, compost, terreau de feuilles...) avec minéraux (pierre de lave, pierre ponce, argile expansée...) TI : terre végétale
<b>Dispositif de séparation zone stérile et zone végétalisée</b>	Bande métallique ou bordure préfabriquée en béton ou en brique
<b>Végétation</b>	Extensive (4-5 cm), semi-intensive (12-30 cm),
<b>Protection de l'étanchéité de la zone stérile</b>	Gravillons (granulométrie > 15 mm), dalles préfabriquées en béton ou en bois posées sur la couche drainante ou sur plots

Tableau 2 : Matériaux utilisés pour la réalisation d'une toiture végétalisée

#### b. Etapes de réalisation

##### ➤ Préalables

- Vérifier les conditions d'ensoleillement sur le toit à végétaliser ;
- Vérifier l'étanchéité et la résistance du toit (de préférence par un ingénieur génie civil ou un architecte) ;
- Zone stérile à mettre en place (largeur > 40 cm) pour l'accès et l'entretien.
- Choisir le type de la végétation selon les caractéristiques du toit à végétaliser.
- Les travaux d'étanchéité ne peuvent être commencés qu'après approbation par le Maître d'ouvrage ou son représentant en ce qui concerne la qualité des produits approvisionnés.

##### ➤ Travaux préparatoires

##### ❖ Nettoyage du support :

Quel que soit l'utilisation future de la toiture, avant tous travaux d'étanchéité, il faut procéder à son nettoyage ainsi qu'à sa rénovation si ce n'est pas une construction neuve. S'il y a de la mousse, un démoussage de toiture peut être utile, puis un ponçage ou un décapage. Enfin, passer l'aspirateur sera toujours plus efficace qu'un balayage.

##### ❖ Réparation des fissures et exécution d'une chape de ravaillage :

Si nécessaire sur du bâti existant, il faut réparer les fissures.

Au-dessus des planchers, nettoyés de tout gravats et préalablement humidifiés, il sera appliqué une chape de ravaillage en mortier de ciment de 3cm d'épaisseur, dosé à 300kg de ciment CEMI 42,5 N/m<sup>3</sup>, finement frottée et qui sera prolongée sur toute la hauteur des becquets des acrotères en exécutant un enduit de 2cm au dit mortier.



Une équerre dite de renfort en béton de 15x15cm dosé à 300kg sera réalisée au droit de la jonction plancher/ acrotère afin d'appliquer les relevés d'étanchéité.

#### ➤ Travaux d'étanchéité

- ❖ Au-dessus de la chape de ravaillage, il sera appliqué le pare vapeur conformément aux instructions du fournisseur.
- ❖ Ensuite, il sera collé à froid (colle bitumineuse) un matelas de laine de roche soudable assurant l'isolation thermique des planchers terrasses.
- ❖ Au-dessus de complexes précités, il sera soudé à la flamme une membrane bitumineuse, conformément au DTU en vigueur.

En deuxième phase, il sera appliqué sur les parements des bequets des acrotères, les relevés d'usage qui seront prolongés jusqu'à la sous-face du nez des acrotères le tout suivant détails d'exécution.

- ❖ Protection de l'étanchéité de la zone stérile par du gravillons ou des dalles préfabriquées ;
- NB :** Les travaux d'étanchéité d'une toiture-terrasse sont à réaliser par une période sans pluie et sans gel, afin de permettre aux matériaux et colles de prendre et sécher.

Ce complexe d'étanchéité doit résister aux efforts dus à la dépression du vent spécifique à l'ouvrage objet des travaux, quel que soit le taux de couverture de la végétalisation



Figure 20 : Travaux d'étanchéité (source : Travaux d'étanchéité - 8 types courants de matériaux d'imperméabilisation (snayi.com))

#### ➤ Mise en place de la couche drainante

La couche drainante peut être des agrégats ou sous forme de matelas de drainage synthétiques.

La couche drainante assure l'évacuation de l'eau en excès et évite l'asphyxie des racines. Elle est obligatoire. Différents types de matériaux peuvent assurer la fonction drainage.

A noter que celle-ci peut être associée à une fonction rétention d'eau :

- Granulats minéraux poreux : roches volcaniques, argiles ou schistes expansés, concassés ou non ;
- Granulats non poreux (graviers roulés uniquement par exemple cf. NF-DTU 43.1) ;
- Éléments alvéolaires et poreux : panneaux à base de mousses plastiques ;
- géotextiles et composites spécifiques pour l'utilisation en drainage ;
- Éléments drainants à réserve d'eau : ils assurent la récupération des eaux de pluie de manière homogène sous toute la surface de la toiture végétalisée, ainsi que le drainage des eaux excédentaires.

Les caractéristiques de la couche drainante sont indiquées dans une fiche technique rédigée par son fournisseur sur la base d'analyses réalisées par un laboratoire indépendant. Elles sont déterminées lors de la constitution du document technique de référence.

Les caractéristiques requises pour les matériaux de drainage en situation dans le complexe de végétalisation sont les suivantes :

- Perméabilité verticale  $\geq 0,3$  cm/s (180 mm/min) ; cette valeur, pour les couches drainantes non granulaires type géotextile se réfère à la norme NF EN ISO 11058 (VH50). Pour les plaques alvéolaires, celles-ci devront être conformes au NF DTU 43.1.
- Pour les matériaux granulaires, en pente nulle ou inférieure à 2%, une épaisseur minimale permettant d'assurer le drainage (prise en compte de la tolérance de planéité ou d'horizontalité du NF DTU 43.1) de 2 cm en œuvre pour les plaques alvéolaires, les géotextiles et composites spécifiques, ou de 4 cm pour un matériau granulaire (dont la granulométrie sera  $\geq 4$  mm) ;
- En pente supérieure à 0 %, débit dans le plan (parallèle au plan) supérieur ou égal à 0,1 L/m/s avec gradient d'au moins 0,1 et sous pression de 20 kPa ; elle se réfère à la norme NF EN ISO 12958 portant sur les débits ;
- Poids à CME et à sec : ils sont calculés conformément aux protocoles de mesure de la CME, annexes G1 à G3.
- **Mise en place de la Couche filtrante**

Elle retient le substrat et participe au maintien des propriétés de celui-ci. Elle s'interpose :

- Entre le substrat et la couche drainante pour éviter leur mélange et un colmatage éventuel de la couche drainante ;
- Entre le substrat et le dispositif de séparation ajouré pour éviter le passage du substrat au travers des ouvertures, au droit des entrées d'eaux pluviales (EEP), et ceci même en l'absence de couche drainante.

En l'absence de couche drainante, elle reste obligatoire sur au moins 1,50 m au droit des dispositifs de séparation.

Les caractéristiques de la couche filtrante sont définies dans le tableau ci-après.

Caractéristiques	Norme	Seuils
Perméabilité perpendiculaire au plan	EN ISO11058	$\geq 15 \text{ L/m}^2/\text{s}$
Grammage	EN ISO 9864	$\geq 100 \text{ g/m}^2$ si constituée de non-tissé polypropylène $\geq 170 \text{ g/m}^2$ pour les autres non-tissés synthétiques
Résistance à la traction	EN ISO 10319	$\geq 1 \text{ kN/m}$
Résistance au poinçonnement statique	EN ISO 12236	$\geq 200 \text{ N}$
Ouverture de filtration	EN ISO 12956	$50 \mu\text{m} \leq \text{et} \leq 200 \mu\text{m}$

#### ➤ Mise en œuvre la couche de substrat

Ses caractéristiques agronomiques permettent l'ancrage des racines, l'alimentation hydrique et minérale des plantes pour assurer leur développement. Le substrat est une couche déterminante pour assurer la rétention en eau du système de végétalisation. Les caractéristiques du substrat sont analysées par un laboratoire indépendant selon les protocoles de références du tableau 5. Elles doivent être reportées dans le document technique de référence. Les matériaux admis sont des mélanges de matières minérales et organiques (roches volcaniques, tourbes,...)<sup>28</sup>.

Le substrat doit avoir une grande capacité d'absorption et de rétention d'eau, tout en favorisant librement son écoulement.

Il peut être constitué d'éléments organiques avec minéraux ou simplement de la terre végétale pour les toitures végétales intensives.

<sup>28</sup><https://www.iko.fr/wp-content/uploads/2015/03/18-05-Regles-Professionnelles-TTV-ed3.pdf>

Tableau 1: Les caractéristiques physico-chimiques du substrat

Caractéristiques		Unité	Protocoles de référence	Substrats extensifs	Substrats semi-intensifs
Physiques	Masse volumique à CME	kg/m <sup>3</sup>	Annexes G	≥ 950	≥ 1050
	Masse volumique à sec	kg/m <sup>3</sup>	Annexes G	≥ 600	≥ 600
	Perméabilité verticale	cm/s mm/min	Annexes G	≥ 0,01 ≥ 6	≥ 0,005 ≥ 3
	Rétention maximale en eau	% vol	Annexes G	≥ 35	≥ 45
	Porosité à l'air à CME	% vol	Annexes G	≥ 10	≥ 10
	Granulométrie	-	NF EN 933-1	comprise entre 0 et 20 mm selon courbes en annexe H	
	Fines (< 0,063 mm)	% masse sèche (ms)	NF EN 933-1	≤ 15	≤ 20
Chimiques	Conductivité électrique	mS/m	NF EN 13 038	≤ 150	
	pH (eau)	-	NF EN 13 037	5,5 à 9,5	
	Matière organique	% masse sèche (ms)	NF EN 13 039	≤ 10	≤ 15

### ➤ Végétation

Le choix des végétaux et de leurs modes de mise en œuvre doit tenir compte des données climatiques locales, de l'exposition de la toiture et du complexe de culture (voir liste des végétaux adéquate au climat de la ville de Gabes dans le paragraphe 6).

Des zones très localisées, subissant des contraintes particulières (absence de pluie, couloir de vent, réflexion solaire intense, zone ombragée en permanence, etc.) sont à considérer comme des zones singulières qui ne rentrent pas dans l'appréciation du taux de couverture global.

Elles devront être aménagées en zone stérile ou faire l'objet de dispositions particulières (végétaux adaptés, arrosage, etc.) .

### Système de végétalisation extensive

Le choix des végétaux et leur mode de mise en œuvre relève de la responsabilité conjointe du maître d'œuvre, de l'entreprise et du tenant du procédé de végétalisation en prenant en compte les besoins des plantes. Il est rappelé que les systèmes de végétalisation extensive constituent un tapis végétal permanent qui s'adapte progressivement à son milieu et

fonctionne de façon quasi autonome. Ce tapis végétal est obtenu par une association de plantes spécialement adaptées qui se reproduisent in situ. Dans ce contexte d'adaptation tendant vers un écosystème, il est normal que certaines espèces disparaissent partiellement ou totalement au profit d'autres espèces (sélection naturelle).

Les caractéristiques des végétaux concernant ces systèmes sont les suivantes :

- Aptitude à couvrir le sol ;
- Résistance au gel ;
- Résistance à la sécheresse ;
- Capacité d'auto-régénération ou de colonisation.

Moyennant une épaisseur de substrat adaptée et un programme d'entretien accepté par le maître d'ouvrage, les catégories de végétaux à utiliser sont principalement des plantes vivaces (parmi lesquelles les espèces du genre Sedum occupent une place importante, voir aussi la section relative aux plantations adéquates pour le climat aride). Le poids propre des végétaux à « CME » utilisés en végétalisation extensive est pris forfaitairement égal à 10 daN/m<sup>2</sup>. Il fait partie du poids du système de végétalisation à CME.

#### Cas d'un système de végétalisation semi-intensive

En fonction de l'aspect souhaité et du programme d'entretien et d'arrosage accepté par le maître d'ouvrage, le choix des végétaux relève de la responsabilité conjointe du maître d'œuvre, de l'entreprise et du tenant du procédé de végétalisation en prenant en compte les besoins des plantes. Les caractéristiques des végétaux concernant ces systèmes sont les suivantes :

- Intérêt ornemental ;
- Résistance au gel ;
- Résistance à la sécheresse. Les présentes règles ne visent ces systèmes que pour des pentes maximales de 5 %.

#### LE CAS DES SYSTÈMES « TOUT-EN-UN »

Ils se posent directement sur le revêtement d'étanchéité. La surface d'appui sur le complexe d'étanchéité est telle que la pression exercée sur ce dernier ne dépasse pas la valeur admise pour le revêtement d'étanchéité et pour l'isolant thermique (se reporter à leurs DTA, avec limitation du tassement à 2 mm dans le cas des isolants). Les bacs doivent permettre l'évacuation des eaux vers les dispositifs de collecte d'eaux.

## 6. Mise en œuvre de la végétation

Pendant la phase chantier, l'arrosage est obligatoire pour permettre le démarrage de la végétation. Il est à adapter à la technique retenue de mise en œuvre de la végétation, à la saison et aux conditions climatiques. Jusqu'à réception du chantier, la reprise de la végétation est assurée par l'installateur du système de végétalisation. Après réception, un contrat d'entretien est obligatoire pour assurer la pérennité du couvert végétal.

## Système de végétalisation extensive

Différents modes de mise en œuvre sont possibles :

- Par semis (manuel, hydraulique) : de graines de plantes vivaces ou de Graminées ; de fragments de Sedum (valeurs usuelles 80 à 100 g/m<sup>2</sup> selon les espèces).
- Par plantation de micro-mottes à raison de 15 à 25 unités/m<sup>2</sup> ou godets (12 à 15 unités/m<sup>2</sup>) ;
- Par pose d'éléments préculтивés (plaques, tapis, bacs). Le recours à un mélange des modes de mise en œuvre est également possible. En fonction du mode de mise en œuvre retenu et de l'entretien, le taux de couverture à prévoir est variable (voir tableau ci-dessous).

Taux de couverture en fonction du mode de mise en œuvre

Mode de mise en œuvre	Période de mise en œuvre <sup>a</sup>	Taux initial après mise en œuvre	Taux de couverture à 1 an	Taux de couverture à 3 ans
Eléments préculтивés (plaques, tapis, systèmes « tout-en-un »)	Toutes saisons	≥ 70 %	≥ 80 %	≥ 80 %
Plantation de micro-mottes ou godets	Printemps ou automne	≥ 5 %	≥ 60 %	≥ 80 %
Semis de fragments ou de graines	Printemps ou automne	0 %	≥ 40 %	≥ 80 %

<sup>a</sup> : sauf périodes de sécheresse ou de gel

Source : <https://www.iko.fr/wp-content/uploads/2015/03/18-05-Regles-Professionnelles-TTV-ed3.pdf>

## Système de végétalisation semi-intensive

Différents modes de mise en œuvre sont possibles :

- Le plus généralement par plantation de micro-mottes, godets, conteneurs, mottes. Les densités au m<sup>2</sup> sont différentes en fonction des espèces retenues.
- Par semis (manuel, hydraulique) de graines de plantes vivaces ou de Graminées. Le choix du conditionnement des plantes et des espèces et variétés dépend en partie de l'épaisseur de substrat.

Le recours à un mélange des modes de mise en œuvre est également possible. L'évolution du taux de couverture est variable en fonction des espèces plantées, du mode de mise en œuvre et de la densité de plantation. Dans le cas où le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre souhaite une composition particulière, le maître d'œuvre devra fournir un plan de plantation détaillé.

Celui-ci devra préciser les espèces et variétés des végétaux, leur force ou taille, leur densité de semis ou plantation, la délimitation et la composition des différentes zones. Le maître d'œuvre pourra se faire assister par l'entreprise en charge de la végétalisation, le concepteur du système de végétalisation ou un bureau d'étude spécialisé ; ceux-ci fourniront un plan détaillé.

Quelle que soit la date prévisionnelle de la réception de travaux il est recommandé de procéder à une réception partielle dès l'achèvement des travaux de végétalisation, du fait du caractère vivant des végétaux.

Cette réception partielle ou, à minima, constat d'achèvement des travaux de végétalisation doit être réalisée, à la demande de l'entreprise, de façon contradictoire entre le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'entreprise. Ce document vise d'une part, à vérifier les engagements contractuels de l'entreprise (qualité des matériaux, conformité avec le plan, respect des essences, variétés, de leur densité, etc.) et d'autre part à constituer un document opposable en cas de dégradation accidentelle par des tiers de la couche végétale.

#### 7. Entretien :

Pour développer cette partie relative à l'entretien des toitures végétalisées et en absence des normes, et de réglementation tunisienne qui organisent la mise en place et l'entretien des toitures végétalisées, on s'est inspiré du document « règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées »<sup>29</sup>. Ces règles concernent les procédés d'étanchéité avec végétalisation extensive et semi-intensive en France et en Europe et nous avons essayé de l'adapter pour le contexte tunisien.

#### Arrosage à l'installation de la végétalisation

Compte tenu de la spécificité du climat de la ville de Gabes, quel que soit le mode de plantation, toute toiture végétalisée nécessite un arrosage à l'installation des végétaux à partir des points d'eau disponibles en toiture et dimensionnés à la surface végétalisée jusqu'à saturation du substrat durant la période de parachèvement de l'installation. Ensuite, dans le cas de mise en œuvre par semis de graines, semis de fragments de Sedum, plantation de micro-mottes, de godets ou encore de tapis pré cultivés, l'arrosage devra se poursuivre jusqu'à enracinement suffisant des plantes dans le substrat.

#### Arrosage pour couvrir les besoins des végétaux en phase d'entretien

Selon l'épaisseur du substrat, l'arrosage peut être nécessaire lorsque la pluviométrie seule ne suffit pas à combler les besoins des plantes.

<sup>29</sup> <https://www.iko.fr/wp-content/uploads/2015/03/18-05-Regles-Professionnelles-TTV-ed3.pdf>

L'arrosage courant : en méditerranée, en période de canicule et de sécheresse un arrosage de début juin à la fin septembre est nécessaire. Une fois par semaine à raison de 14 à 20 mm d'eau selon les températures. Il sera fait en deux fois, 7 à 10 mm à l'aube et 7 à 8 mm le soir. En été l'arrosage ne sera mis en fonctionnement qu'après le premier épisode de forte chaleur afin que ce dernier puisse agir en tant que désherbant naturel sur les éventuels adventices qui pourraient s'installer sur la toiture.

#### •Contrôle des systèmes d'arrosage

- Contrôler principalement l'état hydrique des substrats,
- Entretien du système d'arrosage automatique, comprenant (le réglage éventuel des arroseurs ; la modification des durées d'arrosage en fonction de la pluviométrie ; les opérations d'hivernage (notamment de purge du réseau) et de remise en fonction au printemps.
- Arrosage manuel, pour sauvegarder le couvert végétal en cas de sécheresse prolongée.
- Etablissement d'un rapport d'intervention à chaque passage.

**Note : l'utilisation d'outils pouvant porter atteinte au complexe d'étanchéité, à la couche filtrante et aux systèmes d'arrosage éventuels est interdite.**

#### L'entretien des toitures végétalisées

L'entretien des toitures végétalisées est obligatoire et peut être exécuté par le propriétaire ou doit être formalisé par un contrat à la réception de l'ouvrage, en particulier pour les administrations publiques. L'accès à la toiture nécessaire aux futures opérations d'entretien est prévu par le maître d'œuvre dès la conception de la toiture.

L'entretien spécifique des toitures végétalisées se décompose en un entretien initial qui concerne la première année suivant l'installation et un entretien courant, au-delà de cette première année. L'entretien de chaque système fait l'objet d'une fiche de préconisation d'entretien remise par le fournisseur du procédé de végétalisation extensive.

Lors des opérations d'entretien :

- Comme pour toute toiture inaccessible, la sécurité du personnel doit être assurée vis à vis des chutes de hauteur.
- Il appartient au Maître d'Ouvrage d'avertir le personnel que des précautions sont à prendre pour ne pas endommager le revêtement d'étanchéité compte tenu de la faible épaisseur du complexe de végétalisation extensive.



L'étanchéité a un rôle primordial dans la protection d'un ouvrage. Sa bonne exécution et son entretien régulier doivent être assurés pour lutter contre tout dommage ultérieur

•Entretien du complexe d'étanchéité et de la toiture

- Examen des ouvrages d'étanchéité visibles
- Inspection des ouvrages complémentaires directement visibles, notamment : bandeaux, murs en élévation, acrotères, garde-corps, pénétrations, etc. ;
- Nettoyage des orifices d'évacuation des eaux pluviales ;
- Enlèvement des mousses, herbes, feuilles mortes, végétations et détritux au droit des zones stériles, nettoyage des joints.

Entretien du système de végétalisation<sup>30</sup>

L'entretien des végétaux démarre à leur installation, lors des phases de parachèvement et de confortement. L'entretien courant des terrasses et toitures végétalisées est obligatoire. Il doit être formalisé au plus tard à la réception de l'ouvrage à l'aide :

L'entretien (concernant le confortement et l'entretien courant) **doit être assuré par le propriétaire du bâtiment en étroite concertation avec la société qui a assuré la mise en place de la toiture végétalisée.**

L'objectif de l'entretien de la végétalisation est :

- D'obtenir et conserver un taux de couverture végétale supérieur à 80 %.
- De maîtriser le développement des adventices ;
- D'assurer le développement durable de la végétation.

Pour l'entretien du système de végétalisation, trois périodes sont à différencier :

Sous la responsabilité de l'entreprise qui a assuré la mise en place de la toiture végétalisée

- La période de parachèvement : c'est la période comprise entre l'installation de la végétalisation et la réception de l'ouvrage. Sa durée est variable en fonction des conditions de coordination du chantier. Les travaux de parachèvement font partie intégrante du marché de travaux.

<sup>30</sup><https://www.iko.fr/wp-content/uploads/2015/03/18-05-Regles-Professionnelles-TTV-ed3.pdf>

Sous la responsabilité du maître d'ouvrage :

- La période de confortement : c'est la période entre la réception de l'ouvrage et le démarrage de l'entretien courant (celui-ci commence dès obtention d'un taux de couverture  $\geq 80\%$ ). Sa durée pourra varier en fonction de la mise en œuvre de la végétation retenue.
- La période d'entretien courant : elle commence après l'obtention d'un taux de couverture  $\geq 80\%$ .

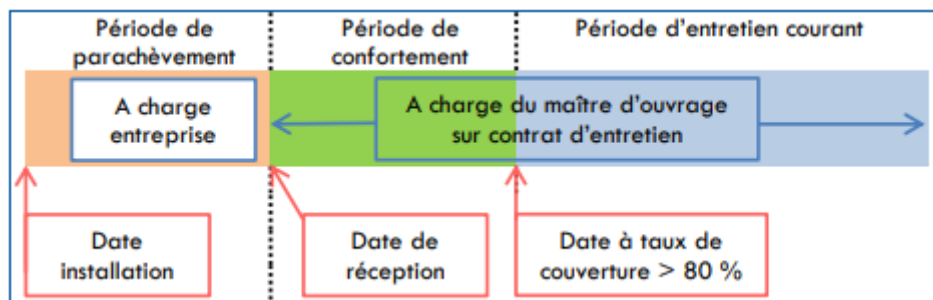


Figure 19: Enchaînement chronologique des différentes phases de mise en place et suivi de la végétalisation

Ci-dessous, les différentes opérations nécessaires pour entretenir les systèmes de végétalisation extensive et semi extensive

•Entretien du système de végétalisation extensive

- Enlèvement des déchets apportés par le vent sur les surfaces végétalisées
- Désherbage manuel des végétaux indésirables (adventices)
- Opération complémentaire de semis (graines ou fragments de sedum) ou de plantation (de micromottes ou godets) pour atteindre un taux de couverture  $\geq 80\%$ .
- Fertilisation d'appoint éventuelle pour soutenir le développement des végétaux
- Dans le cas où un système d'arrosage automatique est installé, vérification et entretien du système avec purge du réseau avant l'hiver et remise en service en fin de printemps.
- Tonte ou fauchage (graminées).
- Taille (plantes vivaces à feuillage élevé, hampes florales).

#### •Entretien du système de végétalisation Semi-Intensive

- Ramassage et évacuation des déchets apportés par le vent (feuilles mortes, papiers...).
- Enlèvement des mousses, feuilles mortes, détritiques et toute végétation au droit des zones stériles (l'utilisation d'herbicides complets est interdite).
- Suppression le plus tôt possible par arrachage manuel des plantes (saule, ailante, peuplier, etc.) issues de semences apportées par le vent ou les oiseaux et susceptibles d'endommager les ouvrages.
- Suppression par arrachage manuel des plantes adventices pouvant nuire au développement des espèces introduites initialement ou porter préjudice à l'aspect esthétique de l'aménagement. Il est admis que certaines adventices peuvent participer ponctuellement au maintien d'un couvert végétal continu. L'utilisation d'herbicides sélectifs est interdite.
- Maintien de l'équilibre entre les différentes espèces de façon à pérenniser la composition d'origine ou de la faire évoluer harmonieusement.
- Opérations complémentaires de semis ou de plantation, conformément au projet d'origine, pour maintenir un couvert végétal supérieur à 80 %.
- Taille des fleurs fanées sur les espèces à floraison érigée et taille rase des graminées à la sortie de l'hiver.
- Tonte des zones engazonnées de façon à maintenir une hauteur maximum moyenne de 10 à 12 cm et ramassage systématique des déchets de tonte. Les tontes rasées en été sont fortement déconseillées.
- Fauchage des zones de prairie, après épiaison. Un fauchage fractionné peut être effectué. Les déchets de fauche doivent être évacués après séchage notamment dans le cas de prairies à fleurs. L'utilisation de la débroussailleuse à fil est proscrite le long des émergences, des relevés d'étanchéité et des zones stériles.
- Mise en œuvre d'engrais complet si nécessaire en début de printemps sur l'ensemble de la surface végétalisée en prenant soin de ne pas épandre sur les zones stériles.
- Remise en place de la couche de culture en cas de déplacement (migration du substrat) par le vent ou par la pluie et rétablissement de la couche végétale le cas échéant.

## Annexe 2 : Proposition de 5 terrasses/surfaces pour l'implémentation de la technologie en question

Les critères de sélection sont les suivants :

- Bâtiment nouvellement construit
- Toiture en béton avec possibilité de supporter une charge supérieure à 150 Kg/m<sup>2</sup>
- Accès facile à la toiture pour l'entretien particulièrement de la végétation
- Disponibilité d'eau pour l'arrosage et l'irrigation d'appoint durant les périodes de longue sécheresse
- Pente maximal 30%.
- Le bâtiment doit être accessible et doit représenter un exemple/modèle à suivre par les citoyens

En concertation avec la commune de gabes les bâtiments sélectionnés pour des éventuelles toitures végétalisées en extensif ou semi extensif sont les suivant :

### 1. Le palais Municipal :

- 33°53'12.21"N
- 10° 5'59.47"E



### 2. Le parc municipal :

- 33°53'28.18"N
- 10° 6'36.24"E



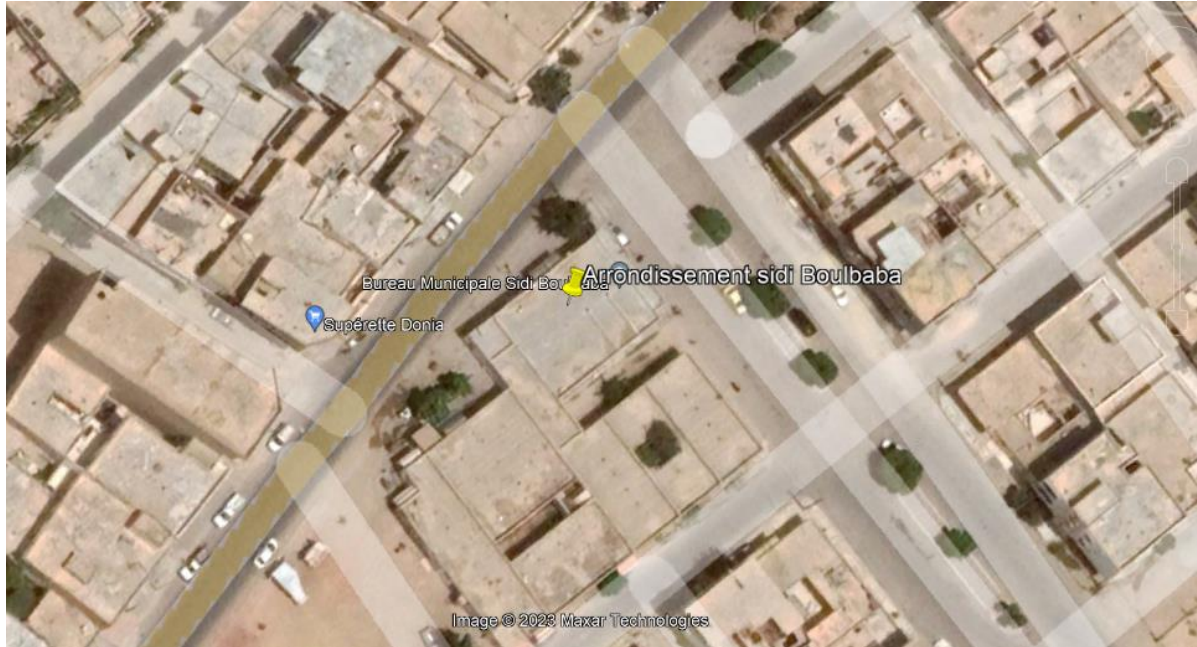
### 3. Arrondissement Manara

- 33°51'52.52"N
- 10° 6'25.00"E



#### 4. Arrondissement sidi Boulbaba

- 33°52'4.47"N
- 10° 5'15.52"E



#### 5. Arrondissement ZRIG

- 33°51'47.32"N
- 10° 5'49.98"E





تتمين المياه العمرانية من خلال أعمال و أدوات متجددة  
Valorisation de l'eau urbaine à travers des actions  
et instruments innovateurs

Cette publication a été produite avec le soutien financier de l'Union européenne. Son contenu relève de la seule responsabilité des partenaires du projet ValEUR Gabès et ne reflète pas nécessairement les opinions de l'Union européenne.

