



Lis maritime

Rapport final

Etude de faisabilité d'une pépinière de plantes littorales en Occitanie

Décembre 2022

Sommaire

Sommaire	1
Introduction : Les aléas littoraux nous obligent à changer notre façon de voir et d'aménager le littoral	3
Anticiper et prévoir	3
Entre renaturation et recomposition spatiale : de nouveaux besoins et de nouveaux outils.....	3
1 Les dunes littorales : un immense patrimoine écologique à mettre en valeur	5
1.1 Un environnement extrême aux besoins très spécifiques.....	5
1.2 Un potentiel mal exploité à cause d'un contexte opérationnel défavorable	9
1.3 Un rendez-vous manqué : entre espaces négligés et développement d'EVEE	11
2 A l'étranger, des exemples de pépinières de plantes littorales	14
2.1 En Espagne, la pépinière municipale d'El Saler et la pépinière de Somo-Loredo	14
2.1.1 El Saler : une pépinière municipale à l'action très localisée	14
2.1.2 Somo-Loredo : une pépinière nationale aux techniques singulières	19
2.2 En Italie, des réseaux de pépinières régionales	25
2.2.1 En Sicile : la pépinière de Randello et le centre technique de Noto	25
2.2.2 Des modèles similaires ailleurs en Italie : Vénétie, Abruzzes, Molise, Pouilles, Sardaigne	31
2.3 Un modèle de pépinière privé en Nouvelle-Zélande.	35
2.4 Que retenir à ce stade ?	37
3 Une pépinière en Occitanie : quels critères de réalisation	40
3.1 Situation, choix du site, et règles d'urbanismes :	40
3.2 Dimension de la pépinière :	42
3.2.1 Caractéristiques techniques de la serre	43
3.2.2 Approche typologique et prix de la serre	44
3.2.3 Conditions climatiques de la serre	46
3.2.4 Le générateur d'air ou l'aérotherme	47
3.2.5 Le thermitube ou la serre bioclimatique.....	47
3.3 Approche sur les eaux d'arrosage ; ressource et volumes.....	49
3.3.1 Le forage	49
3.3.2 La prise d'eau	51
3.3.3 Le stockage	51
3.3.4 Distribution de l'eau	52



3.4	Réseaux secs et réseaux humides.....	53
3.4.1	Distribution d'électricité	53
3.4.2	Télécommunications	53
3.4.3	Eau usée et eau potable	53
3.5	Processus de plantation.....	55
3.5.1	Culture par semis.....	55
3.5.2	Culture par clonage :	55
3.5.3	Culture par stumps :	56
3.5.4	Désherbage.....	57
3.5.5	Choix des espèces à cultiver	57
	Conclusion.....	58
	Bibliographie.....	60
	Table des illustrations	63
	Table des figures et des tableaux	66
	Annexe 1 : Aspects financiers – estimation des travaux.....	68
	Annexe 2 : Esquisses supplémentaires de la pépinière	70
	Annexe 3 : Fiches espèces pour la culture en pépinière.....	72



Introduction : Les aléas littoraux nous obligent à changer notre façon de voir et d'aménager le littoral

Anticiper et prévoir

Les chiffres sont désormais connus, les volumes de sable disponibles pour alimenter les plages diminuent en Occitanie (23% du linéaire côtier naturel d'Occitanie est en érosion, et sur l'avant-côte, 85% du littoral présente un bilan sédimentaire négatif)¹ ; et les estimations du GIEC sur l'élévation du niveau marin à l'horizon 2100 sont plus élevées d'années en années, et tendent à montrer une accélération du phénomène : en 2007, la prévision se situait entre 18 cm et 59 cm selon les scénarii, en 2013, elle était revue à entre 30 cm et 90 cm, aujourd'hui il faudrait s'attendre à entre 60 cm et 110 cm^{2 3 4}.

Ces changements auront des conséquences évidentes sur la position du trait de côte, sur l'exposition aux risques littoraux, sur les infrastructures et l'économie des territoires. Anticiper ces évolutions est le seul moyen d'éviter les crises et de réduire les coûts d'adaptation, en offrant la possibilité aux gestionnaires de ne pas agir dans l'urgence face à des modifications qui seront structurelles et permanentes. Aussi, prévoir les réponses aux besoins de demain facilite la planification, améliorant la capacité à protéger ce qui peut l'être et à tirer parti de ces évolutions.

Entre renaturation et recomposition spatiale : de nouveaux besoins et de nouveaux outils

En Occitanie, la renaturation du littoral est une dynamique portée par les acteurs du Plan Littoral 21, avec l'ambition de faire de la façade littorale un territoire innovant dans l'adaptation au changement climatique et la résilience écologique.

Ces dernières années, des efforts considérables ont été fournis pour insuffler une dynamique d'anticipation et d'adaptation aux évolutions du littoral, notamment via l'adoption de nouveaux cadres réglementaires (dernièrement la Loi n°2021-1104 du 22 août 2021 dite Climat & résilience) et de nouvelles pratiques (la construction collective d'une gouvernance de la recomposition spatiale par exemple).

En ouvrant la voie de la recomposition spatiale, les pouvoirs publics tournent définitivement la page d'une vision de l'aménagement sur le littoral symbolisé par le tourisme de masse et la Mission Racine, et font le choix des solutions d'accompagnement des dynamiques naturelles : notamment

¹ Chiffres issus de la Stratégie Régionale de Gestion Intégrée du Trait de Côte, 2018.

² Réseaux marégraphiques français, et Services Hydrographique et Océanographique de la Marine. http://refmar.shom.fr/fr/sea_level_news_2013/t3/hausse-niveau-mer-rapport-groupe-experts-giec-ipcseptembre-2013

³ Beynet, JM. (2020) « *Habiter ou abandonner le littoral d'ici 2100 : Prospective et propositions pour l'Occitanie.* » Essai.

⁴ Denis Lacroix, Nicolas Rocle. *La mer monte : impacts et stratégies Scénarios à 2100 et trajectoires d'adaptation.* Futuribles, Association Futuribles, 2020, pp.5-26.



par la consolidation et la restauration de cordons dunaires et par les opérations de renaturation du front de mer.

En France, notamment à travers l'expertise de l'ONF et de l'EID-Méditerranée, comme à l'international⁵, la stabilisation des dunes est considérée comme essentielle pour atténuer les effets du changement climatique : le développement du couvert végétal est la meilleure technique de fixation et de protection des sables dunaires^{6 7}.

Néanmoins, il est indispensable de disposer de plantes dunaires en grande quantité pour garantir une capacité d'action de renaturation et de recomposition spatiale en adéquation avec l'ampleur du défi que nous promettent les prochaines années (Illustration 1).



Illustration 1 : Exemple d'opération de recomposition spatiale effectuée en Occitanie, sur le lido de Sète à Marseillan (34), avec la délocalisation d'une route et la création d'un cordon dunaire. Sur ce projet, 310 000 oyats ont été plantés.

⁵ Spencer Rogers, David Nash. *The Dune Book*, 2003.

⁶ Loïc Gougnet (Dir). *Guide de gestion des dunes et des plages associées*. Editions Quae, 2018.

⁷ Jean Favennec (Coor). *Connaissance et gestion durable des dunes de la côte Atlantique. Manuel récapitulatif les enseignements du projet européen Life-Environnement de « Réhabilitation et gestion durable de quatre dunes françaises »*. ONF, Les dossiers forestiers n°11, 2002.



1 Les dunes littorales : un immense patrimoine écologique à mettre en valeur

1.1 Un environnement extrême aux besoins très spécifiques

Les dunes littorales offrent une mosaïque d'habitats en fonction de caractéristiques environnementales particulièrement difficiles : salinité et intrusion marine, sécheresse, mobilité du sol, mitraillage du sable, etc. La combinaison entre ces conditions extrêmes et la multitude de milieux permet la présence d'une riche biodiversité, avec plus de 330 espèces de plantes dunaires inventoriées sur le littoral méditerranéen français⁸. Ce biotope reste néanmoins fragile puisque peu étendu, très dépendant de facteurs environnementaux (dynamique sédimentaire, intrusion marine, aléas climatiques, etc.), et victime de pressions anthropiques (piétinement, urbanisation, etc.)⁹(Figure 1).

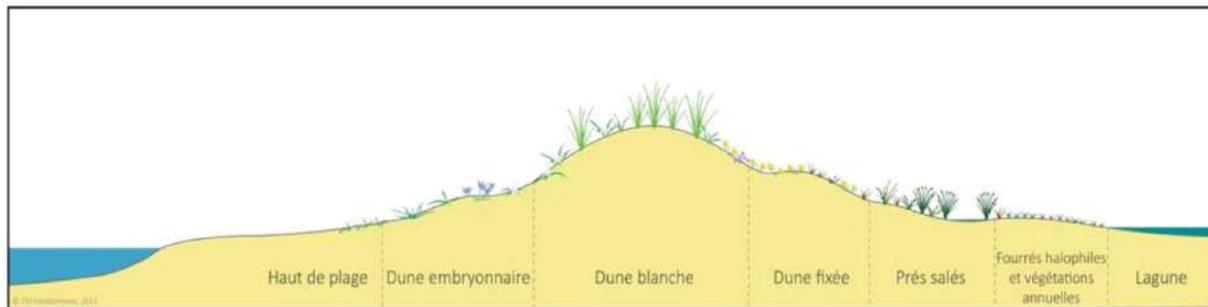


Figure 1 : Coupe transversale illustrant la succession des différentes communautés végétales sur le littoral en Méditerranée (source : Eid-Méditerranée)

Par ailleurs, le grand intérêt écologique des milieux littoraux est clairement identifié dans le Schéma Régional Biodiversité de la Région Occitanie¹⁰ et de Schéma Régional de Cohérence Ecologique Languedoc-Roussillon¹¹ : plus de 5 500 km² inscrit à l'inventaire ZNIEFF en Occitanie, 3 500 km² rattachés à des sites Natura 2000, 25% du linéaire protégé par le Conservatoire du Littoral. Soulignant un réseau de sites indispensables à la conservation des oiseaux et de la flore littorale, dont la présence sur le littoral est un patrimoine écologique inestimable (illustrations ci-dessous).

⁸ Benoit Larroque, Jean Favennec (dir). *Guide de la flore du littoral sableux méditerranéen de la Camargue au Roussillon*. Editions Sud-Ouest, 2016.

⁹ Carlos Ley Vega de Seoane, Jean Favennec, Juan Gallego-Fernandez Bautista, et César Pascual Vida (dir). *Conservation des dunes côtières. Restauration et gestion durable Méditerranée occidentale*. UICN, Gland, Suisse et Malaga, Espagne, 2012.

¹⁰ Stratégie Régionale pour la Biodiversité, Région Occitanie, 2020.

¹¹ Stratégie Régionale de Cohérence Ecologique, Plan d'Action Stratégique, Languedoc-Roussillon, 2016.





Illustration 2 : Le lis maritime (*Pancratium maritimum*) à Canet-en-Roussillon (66). Espèce notamment menacée par le braconnage. (Photo : SaVE, 07/2022)



Illustration 3 : L'euphorbe peplis (*Euphorbia peplis*), ici à Canet-en-Roussillon (66), est une espèce protégée au niveau national dont l'habitat est menacé (haut de plage et dunes embryonnaires). (Photo : SaVE, 07/2022).



Illustration 4 : Les saladelles font parties des plantes patrimoniales du littoral de la région ; ici, à Frontignan (34). (Photo : SaVE, 08/2022).



Illustration 5 : L'espace dunaire est une zone de nidification pour de très nombreuses espèces d'oiseaux dont certains sont protégés ; notamment le gravelot à collier interrompu (*Charadrius alexandrinus*) et les sternes naines (*Sternula albifrons*). Ici à Frontignan (34). (Photo : SaVE, 05/2022).



Illustration 6 : A Villeneuve-lès-Maguelone (34), la conservation du lido à l'état naturel permet d'apercevoir une faune et une flore à la valeur patrimoniale exceptionnelle. C'est un des très rares endroits de la région où la dune blanche abrite du diotis blanc (*Otanthus maritimus*), ici sous forme de coussins. L'espèce est protégée au niveau régional, et sa vulnérabilité ainsi que celle de son habitat en fait une des espèces précieuses en Occitanie. (Photo : SaVE, 01/2022).





Illustration 7 : Paysage typique des avant-dunes de la région, avec au premier-plan des dunes blanches à oyats (*Ammophila arenaria*) et panais épineux (*Echinophora spinosa*), et à l'arrière-plan des dunes embryonnaires à soudes brûlées (*Salsola kali*), à roquettes de mer (*Cakile maritima*) et euphorbes peplis (*Euphorbia peplis*). (Photo : SaVE, 07/2022).



Illustration 8 : Ici, un paysage typique d'arrière-dunes, avec une grande diversité floristique où l'on reconnaît aisément la camomille maritime (*Anthemis maritima*), et la giroflée des dunes (*Matthiola sinuata*), entre autres. (Photo : SaVE, 04/2022)

Pour pouvoir se développer, les végétaux doivent détenir des mécanismes de protection et des caractéristiques en adéquation aux milieux : les annuelles meurent en été et se développent à l'automne, les géophytes¹² s'enterrent à la mauvaise saison, les caduques perdent la totalité de leur feuillage alors que d'autres développent des feuillages en forme d'épines ou très enroulés, certaines plantes se développent en forme de coussins ou de boules très denses parfois plaquées au sol,

¹² Une plante géophyte est une vivace dont seuls subsistent, à la mauvaise saison, les organes vitaux enfouis dans le sol.



etc. De plus, le développement racinaire doit permettre à la plante de résister aux périodes de sécheresse¹³.

En été, l'évaporation est très importante, Olivier Filippi, spécialiste reconnu des plantes adaptées à la sécheresse, annonce le chiffre de 5 litres d'eau évaporés par m² et par jour dans sa pépinière lors de fortes chaleurs (Filippi, 2007). Au contraire des zones pluvieuses, la plante ne peut pas développer ses racines en surface pour collecter l'eau de pluie, cela remettrait en danger sa survie, et doit être capable de puiser l'humidité le plus en profondeur possible. L'oyat (*Ammophila arenaria*) par exemple, développe des racines sur plusieurs mètres de profondeur, régulièrement jusqu'à plus de 3 m.



Illustration 9 : Exemple du développement racinaire typique d'une plante habituée à la sécheresse. (Image : Filippi, 2007).

De la même façon, l'évapotranspiration de la plante ne doit pas être trop importante afin de lui éviter de s'assécher : les feuilles et les fleurs ne doivent donc pas être surdimensionnées, ce qui est relativement courant en pépinière classique. Certains engrais peuvent aussi avoir tendance à favoriser l'inflorescence au dépend des racines en raccourcissant le cycle de vie de la plante et sont donc déconseillés (Filippi, 2007).

Tous ces éléments font que la survie des plantes en milieux dunaires ne dépend pas uniquement du choix des espèces mais aussi de techniques de culture bien particulières qui vont habituer la plante à la survie en environnement extrême.

Le non-respect de protocoles rigoureux peut provoquer des échecs de replantation. L'exemple de la revégétalisation du lido de Thau, où les plantes ont été clonées sans l'utilisation de pépinière, a livré des végétaux au patrimoine génétique identique. En plus d'une opération relativement pauvre d'un point de vue écologique malgré la quantité de plantes installées¹⁴, le bilan des années plus tard est

¹³ Filippi O., *Pour un jardin sans arrosage*. Editons Actes Sud Nature, Hors collection, 2007.

¹⁴ Seuls des oyats ont été utilisés pour la replantation.



relativement décevant. Actuellement, une prolifération importante de Cannes de Provence (*Arundo donax*) est constatée, profitant de plantes pas assez diversifiées et très vulnérables.

1.2 Un potentiel mal exploité à cause d'un contexte opérationnel défavorable

En Occitanie, la côte sableuse s'étend sur 220 km de long, quasiment en continu de la plage du Racou d'Argelès-sur-Mer (66) à l'embouchure du Rhône-Vif au Grau-du-Roi (30). En conséquence, l'ensemble du linéaire côtier constitue un potentiel site d'intervention pour lequel une pépinière pourrait fournir des plantes. La totalité des collectivités littorales de la région (communes, EPCI, EPTB) sont de potentiels clients de la pépinière, ce qui en fait un vivier très important.

Sur les vingt dernières années d'importants projets de revégétalisation dunaire ont été effectués dans la région, parmi les plus notables :

- 310 000 plantes installées sur le lido de Thau (34) entre 2007 et 2012 lors du projet de déplacement de la route reliant Sète à Marseillan ;
- 44 000 plantes installées au niveau de la Cathédrale de Villeneuve-lès-Maguelone (34) en 2013 pour consolider le cordon dunaire de l'étang de Sarrazine ;
- 8 000 plantes en 2014 à Fleury d'Aude (11) pour consolider le cordon dunaire sur un secteur naturel en forte érosion ;
- 17 000 plantes en 2015 au Petit et Grand Travers (34) lors du projet de recomposition spatiale du secteur avec la suppression de RD59 ;
- Trois projets en 2021 à Frontignan (34) et au Grau-du-Roi (30) pour restaurer des cordons dunaires afin de protéger des habitations en front de mer et pour renaturer des sites dégradés ;
- 48 000 plantes prévues prochainement à Canet-en-Roussillon (66) pour la végétalisation du front de mer.



Illustration 10 : Image du chantier de revégétalisation du cordon dunaire de Fleury-d'Aude (11) au tout début du chantier en 2015. Les plantes sont installées en quinconce, dans un géotextile empêchant le développement d'indésirables et protégeant le sable nu. (Photo : Eid-Méditerranée).



Illustration 11 : La même photo réalisée en 2017, soit après deux années. Les plantes sont bien installées et le couvert végétal a pu se développer dans de bonnes conditions. A gauche de l'image, les plants d'oyat ont eu une croissance particulièrement importante. (Photo : Eid-Méditerranée).





*Illustration 12 : Le cordon dunaire de Fleury-d'Aude (11) en 2021 ; le couvert végétal est très bien développé avec une importante diversité d'espèce avec entre-autres : des immortelles (*Helichrysum stoechas*), de la camomille (*Anthemis maritima*), du lis maritime (*Pancreaticum maritimum*), de l'oyat (*Ammophila arenaria*), du tamaris (*Tamaris gallica*). (Photo : Eid-Méditerranée).*



*Illustration 13 : Autre image d'un chantier de revégétalisation réussi, cette fois à Villeneuve-lès-Maguelone (34), où l'opération a permis de renaturer le chantier de délocalisation de la colonie de vacances sur les terrains du Conservatoire du Littoral. Les immortelles (*Helichrysum stoechas*) sont particulièrement bien développées. (Photo : SaVE, 04/2022).*

Ces projets présentent une différence : les projets les moins importants, pour lesquels les plantes ont été multipliées en pépinière et qui ont permis l'installation d'une multitude d'espèces différentes (entre 6 et 9 espèces différentes) ; et le projet le plus important qui n'a pas fait usage de pépinière et a consisté en du repiquage d'une seule espèce (avec les effets négatifs évoqués plus tôt).

Etant donné qu'il n'existe pas de pépinière spécialisée qui puisse fournir des plantes adaptées à ces milieux. Plusieurs problèmes déjà identifiées en amont de l'étude et de nouveau signalés lors d'échanges avec les aménageurs sont à signaler. Parmi eux : un choix d'espèces limités impliquant un panel d'interventions réduit, des commandes à l'aide de contrats de culture provoquant de longs délais de livraison, enfin des coûts de production particulièrement élevés et dissuasifs.

En conséquence, les aménageurs ne peuvent pas se tourner aisément vers ce type de solution. Ainsi, la stratégie utilisée est une solution « passive » : laisser faire la nature en pariant sur une colonisation naturelle des espèces psammophiles autochtones, en s'appuyant sur des mesures de mise en défens et de canalisation des accès, en plus de dispositifs type pièges à sable (essentiellement des casiers de ganivelles).



1.3 Un rendez-vous manqué : entre espaces négligés et développement d'EVEE¹⁵

Sur les cordons dunaires littoraux, la végétation a un développement très lent, sur plusieurs années¹⁶. Ce lent développement laisse la possibilité à des espèces opportunistes de se développer, notamment des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE), facteur important de la dégradation des milieux et de l'érosion de la biodiversité : destruction de milieux, disparition d'espèces patrimoniales, etc.¹⁷

Le phénomène est encore aggravé lorsque la biodiversité littorale est méconnue. La végétation autochtone peut être mal-perçue et possiblement associée à une indésirable, les aménageurs peuvent alors se tourner vers des plantes allochtones mieux connues du grand public mais aux conséquences parfois désastreuses (dissémination d'espèces végétales exotiques envahissantes dangereuses pour les écosystèmes).



Illustration 14 : Un rond-point sur le littoral d'une commune d'Occitanie où ont été plantées cinq espèces désignées EVEE, dont trois sont inscrites dans la catégorie de risque d'invasion « Majeur » sur la Liste de référence des plantes exotiques envahissantes de la région Occitanie, à savoir : herbe de la pampa (*Cortaderia selloana*), yucca (*Yucca gloriosa*), figuier de barbarie (*Opuntia stricta*), agave américaine (*Agave americana*), et luzerne arborescente (*Medicago arborea*). (Photo : SaVE, 08/2022).

¹⁵ EVEE : Espèces végétales exotiques envahissantes.

¹⁶ Gouguet L (Dir). *Guide de gestion des dunes et des plages associées*. Editions Quae, 2018

¹⁷ Cottaz C., Dao J. & Hamon M., 2021. *Liste de référence des plantes exotiques envahissantes de la région Occitanie. Synthèse, analyses de risque et catégorisation des taxons. Document technique des CBN d'Occitanie* (CBNMed et CBNPMP). 50 p + annexes.



Enfin, les milieux dunaires lorsque livrés à eux-mêmes sont plus exposés aux agressions inconscientes et involontaires des gestionnaires non-sensibilisés. Leur offrir la possibilité d’agir sur ces milieux, pourrait les responsabiliser et leur ferait prendre conscience de la valeur écologique et paysagère de ces espaces.



Illustration 15 : Espace de front de mer d'une commune littorale d'Occitanie, où la dune a été détruite par le passage d'engins municipaux. Il est évident que les employés n'ont pas conscience de la valeur écologique de cet espace et de son potentiel (notons tout de même la présence de panneaux d'informations sur les écosystèmes dunaires au niveau du bâtiment visible sur la photo). (Photo : SaVE, 08/2022).

Les EVEC sont des espèces opportunistes apportées par l’Homme et/ou les animaux. Sur des sites dégradés ou sensibles, comme les dunes littorales, elles pourront se développer sans prédateurs, ni parasites ou concurrences. Une dune dégradée, où la végétation autochtone a du mal à se développer, sera particulièrement exposée aux EVEC. Il suffit d’un élément perturbateur (un propriétaire de front de mer, résident ou professionnel du tourisme, non-sensibilisé et voulant bien-faire, une agence de paysagisme non-spécialiste du littoral, etc.) pour apporter par mégarde des espèces envahissantes et les voir s’échapper sur le cordon dunaire en éliminant toutes les espèces autochtones (exemple ci-dessous, illustrations 16 et 17).





*Illustration 16: Exemple d'impact des EVEC à Frontignan-Plage où la végétation s'échappe d'un jardin pour coloniser le cordon dunaire. Ici, les griffes de sorcière (*Carpobrotus edulis*) se développent en éliminant les espèces autour d'elles. Le cordon dunaire devient plus vulnérable et moins résilient aux aléas environnementaux (Photo : SaVE, 03/2022).*



*Illustration 17: Illustration du mécanisme relativement classique du développement des EVEC avec, ici à Frontignan-Plage, des griffes de sorcière (*Carpobrotus edulis*) qui « étouffent » un tamaris (*Tamaris gallica*) pourtant à sa place en arrière-dune. (Photo : SaVE, 03/2022).*

Aujourd'hui, les actions contre les EVEC sont relativement rares car extrêmement fastidieuses et peu satisfaisantes : ces espèces repartent rapidement dans des phases de colonisation des dunes littorales. Les gestionnaires se retrouvent sans réponses pour lutter contre ce phénomène autre que des actions chronophages, pénibles et donc peu efficaces : campagnes d'arrachages manuel ou déblais mécaniques, brûlages, fauchages, etc. Parmi les solutions, les expériences des pépinières à l'étranger montrent que s'il est quasiment impossible de se débarrasser complètement des EVEC, des mesures de contrôle sont possibles notamment en agissant dès le début de la phase d'invasion en plantant des espèces améliorant les défenses naturelles des cordons dunaires, et en mettant en place des suivis réguliers de l'évolution floristique des milieux.

Un tel dispositif consacré à la végétalisation sableuse serait donc un atout indéniable dans les opérations de renaturation et de restauration de cordons dunaires : réduction des coûts et des délais, augmentation du catalogue de plantes disponibles et adaptées aux sites, facilitation de l'expérimentation et développement de techniques protégeant la diversité biologique, etc.

De plus, cela permettrait d'entreprendre une posture « active » sur ces thématiques : permettre d'intervenir plus rapidement et plus souvent pour revégétaliser des cordons dunaires ; cultiver des plantes en respectant des procédures leur permettant de s'adapter rapidement aux conditions extrêmes des dunes littorales et en améliorer le taux de survie ; rendre ces espaces visibles aux yeux des gestionnaires et usagers du littoral, et communiquer sur leur préciosité.



2 A l'étranger, des exemples de pépinières de plantes littorales

Avant toute chose, un état des lieux des pépinières de plantes littorales s'avère nécessaire. Le rapport intermédiaire de juin 2022 décrivait quelques modèles en Europe, un rapide rappel s'impose et, si certaines informations reviennent, l'inventaire est étoffé d'informations complémentaires et de quelques exemples supplémentaires.

2.1 En Espagne, la pépinière municipale d'El Saler et la pépinière de Somo-Loredo

En Espagne, deux modèles de pépinières de plantes littorales sont à signaler, le premier à El Saler (à proximité de Valence) porté par une collectivité et intervenant à un niveau local (Parque Natural de La Devesa-Albufera), et le second à Somo-Loredo (à proximité de Santander), porté par les services de l'Etat et intervenant au niveau national (Illustration 18).



Illustration 18: Localisation des pépinières littorales espagnoles, Somo-Loredo en Cantabrie et El Saler à Valence.

2.1.1 El Saler : une pépinière municipale à l'action très localisée

La pépinière se situe sur un lido de 25 km de long, en arrière-dune, sur un secteur boisé (une forêt de genévrier). La pépinière occupe une surface totale de 1,7 hectare, sur lesquels l'exploitation occupe 1,3 hectare.





Sources : Ayuntamiento de Valencia ; Réalisation : SaVE, 2022.

Illustration 19 : Carte de situation de la pépinière d'El Saler.

Cette portion de littoral appartient à la ville de Valence¹⁸, avec un engagement pris en 1979 d'en faire un espace inconstructible. Cette année-là, de vastes projets immobiliers et touristiques entrepris auparavant sont stoppés et un plan de protection spécial est adopté¹⁹ : la mairie crée un service dédié à la gestion de cet espace : l'actuel Office Technique Devesa-Albufera²⁰.

Face au manque de pépinières spécialisées dans les plantes autochtones, la pépinière municipale est construite en 1981 à El Saler dans l'optique d'accompagner la régénération des écosystèmes. Depuis, le rivage de la Devesa-Albufera est en cours de renaturation et de déconstruction²¹.

La pépinière El Saler est donc une pépinière municipale, appartenant à la commune et intégrée aux services municipaux. Chaque année, la commune dédie un budget spécifique pour la gestion du Parc Naturel, dont fait partie la pépinière au titre de la mission "Conservation de la végétation".

¹⁸ « *Comunitat Valenciana* »

¹⁹ Plan Especial de Protección del Monte Devesa de El Saler.

²⁰ Oficina Técnica Devesa-Albufera.

²¹ Site officiel du Parc Naturel de la Devesa-Albufera, *La Gestión de l'Albufera de Valencia y su Devesa (Pdf)*, <http://www.albufera.com/parque/sites/default/files/descargas/gestion.pdf>



Le budget est décliné comme suit :

Tableau 1 : Budget annuel alloué par la mairie de Valence pour la mission "Conservation de la végétation" du Parc Naturel de la Devesa-Albufera (Sources : Mairie de Valence/Ayuntamiento de Valencia).

Objet	Budget
Personnel HT	214 437,18 €
Matériel HT	23 756,34 €
Charges et taxes	50 020,64 €
Frais autres	41 199,77 €
Total TTC	329 431,93 €

Pour mener à bien ses missions, la commune de Valence embauche sept ETP sur des contrats de 37h par semaine (sources : Mairie de Valence/Ayuntamiento de Valencia) :

- 1 directeur : 39 197,20 €/an ;
- 2 agents jardiniers : 31 440,92 €/an ;
- 4 auxiliaires jardiniers : 28 089,52 €/an.

La pépinière a connu une activité croissante, en plusieurs étapes, avec depuis les années 1990 une production de 500 000 plantes par an. Actuellement, la banque de graines de la pépinière permet de cultiver 180 espèces différentes.

Tableau 2 : Production annuelle simplifiée de la pépinière d'El Saler (sources : A. Vizcaino Matarredona).

Période	Nombre de plantes par an	Espèces cultivées
1981-1986	50 000	40
1986-1990	100 000	60
Depuis 1990	500 000	180
Total	11 650 000	180

La pépinière collabore avec les services de l'Etat²² et la Generalitat de Valencia, mais son rayon d'action est globalement très localisé sur le Parc Naturel de la Devesa-Albufera, soit un linéaire côtier d'une quinzaine de kilomètres de long.

²² Demarcacion de Costas.



De fait, les terrains de destination des plantes sont très proches de la pépinière, elles n'ont alors pas besoin d'être transportées sur de longues distances, en plus de pouvoir bénéficier d'un entretien relativement aisé.

La pépinière obéit aux besoins des services municipaux en gestion du parc naturel, dont le calendrier d'action est prévu à l'avance. Ainsi, il n'y a pas d'incertitudes sur le devenir des plantes produites en pépinières, elles n'ont pas besoin d'être stockées plusieurs années en attendant de trouver preneur²³.

Ces paramètres affectent l'activité de la pépinière, qui va privilégier une transplantation rapide sur le site de destination. En cela, deux options de culture se dégagent : la première en utilisant la pépinière avant tout comme un site de germination, les plantes sont cultivées en intérieur à l'aide de godets puis transplantées sur site ; la seconde en utilisant la banque de graines de la pépinière et en cultivant directement sur site (semis à la volée, méthode des "bombes à graines", etc.) avec un entretien régulier pour faciliter le succès des opérations²⁴.

D'importants travaux sont menés, en priorisant la consolidation du cordon dunaire de premier rang, et les dunes boisées, en suivant une méthode appliquée régulièrement :

- Destruction des infrastructures urbaines obsolètes (routes, cheminements en béton, canalisations, etc.), et élimination des espèces invasives ;
- Restauration géomorphologique et reprofilage des dunes (opération de retroussage, installations de casiers de ganivelles, etc.) ;
- Restauration du couvert végétal : repiquage et semis ;
- Aménagement du site final.

En parallèle de ces activités, la pépinière a permis de mener des actions de sensibilisation sur les milieux dunaires pour le grand public (maison du parc, participation du public à des missions d'arrachage d'espèces végétales exotiques envahissantes notamment, etc.), mais aussi de déployer de nombreux projets européens²⁵ :

- Life Biocompost en 2001 sur l'expérimentation de compostage des boues d'épurations et de paille de riz et sur l'évaluation agronomique du compost produit ;
- Life Duna en 2001 sur la restauration d'habitats dunaires ;
- Life Eurobionet en 2002 sur l'utilisation d'espèces bioindicatrices pour l'étude de la qualité de l'air ;
- Life Ecorice en 2004 sur la gestion durable de la paille de riz ;
- Life Enebro en 2004 sur la restauration des habitats du genévrier marin, *Juniperus oxycedrus subsp. Macrocarpa*, sur le lido de la Devesa-Albufera ;
- Life Starter en 2004 sur la conservation de plantes menacées de Méditerranée orientale.

²³ Site officiel du Parc Naturel de la Devesa-Albufera, *La Gestion de l'Albufera de Valencia y su Devesa (Pdf)*, <http://www.albufera.com/parque/sites/default/files/descargas/gestion.pdf>

²⁴ Antonio Vizcaino Matarredona. *La restauracion de los sistemas dunares litorales. El caso de la Devesa de la Albufera de Valencia*, non-daté. http://www.horticom.com/revistasonline/cuadernos/cuadernos8/050_053.pdf

²⁵ Site officiel du Parc Naturel de la Devesa-Albufera, *La Gestion de l'Albufera de Valencia y su Devesa (Pdf)*, <http://www.albufera.com/parque/sites/default/files/descargas/gestion.pdf>





Illustration 20: Vue verticale de la pépinière municipale d'El Saler, à Valence (Espagne). La pépinière est principalement constituée de structures d'aide à la germination et au développement des graines. Sur la gauche, la zone humide de la Devesa-Albufera, sur la droite la forêt de la dune boisée. (Image : ESRI Imagery).



Illustration 21 : Sur le lido de la pépinière, la plage de l'Albre del Gos en 1997. Le cordon dunaire est inexistant, il est remplacé sur la bande littorale par des terrains agricoles, des bâtiments de restauration de plage, et des parkings (de bas en haut). (Image : Geamap.com).

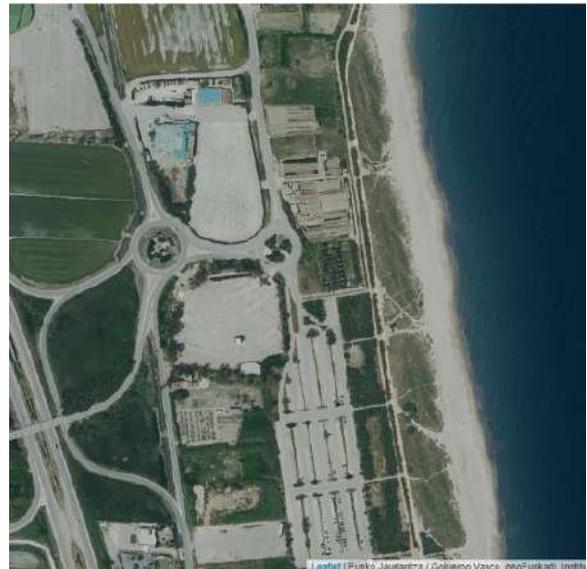


Illustration 22 : La même plage de l'Albre del Gos actuellement. Le secteur a été imaginé différemment avec un cordon dunaire de première ligne bien reconstitué, une piste cyclable en second rideau, et des parkings reculés en arrière-dune. Certains terrains agricoles et des bâtiments de restauration de plage subsistent. (Image : Geamap.com).



2.1.2 Somo-Loredo : une pépinière nationale aux techniques singulières

2.1.2.1 Situation et contexte

La pépinière de Somo-Loredo se situe en Cantabrie, à 5 km à l'Est de Santander, sur la côte atlantique (illustration 23). L'équipe SaVE a été reçue par Carlos Ley Vega de Seoane, directeur de la pépinière, pour une visite des activités de la pépinière et d'exemple de chantier, pendant trois jours, du 19 au 21 juillet 2021.



Sources : Demarcacion de Costas ; Ayuntamiento de Valencia ; Réalisation : SaVE, 2022.

Illustration 23 : Carte de situation de la pépinière de Somo-Loredo en Cantabrie.

La surface totale occupée est de 1,5 ha d'arrière-dune, sur un terrain sableux et plat, à proximité d'un petit cours d'eau : le Rio de Castanedo.



Illustration 24 : Vue verticale de la pépinière de Somo-Loredo. Sur la partie gauche de l'image, la plage et les dunes de Somo, et sur la partie droite, le Rio de Castanedo. (Image : ESRI Imagery).



L'installation est composée d'un bâtiment comprenant les bureaux et un garage (160m² au total), une serre (200m²) et un château d'eau avec deux réservoirs de 20m³ chacun, et des surfaces de culture en extérieur.

L'irrigation se fait à l'aide d'un système par aspersion, tous les deux jours de juin à septembre, utilisant la totalité des deux réservoirs soit 40m³ d'eau. Le reste de l'année, la pépinière bénéficie du climat de la région : entre 10 et 15°C au plus fort de l'hiver, et des pluies régulières aux alentours de 100 mm par mois entre octobre et mai²⁶.

Au total, trois personnes travaillent à la pépinière : un directeur et deux ouvriers. Par le passé, il y eut, au maximum, 4 employés simultanés.

La pépinière est construite en 1990, sur un terrain dégradé²⁷ nouvellement acquis par les services de l'Etat espagnols. Cette démarche fait suite à la *Ley de Costa* adoptée en 1989, qui s'apparente à la Loi Littoral²⁸ et intègre les dunes au Domaine Public Maritime²⁹. L'Etat espagnol fait donc l'acquisition de nombreux terrains littoraux, et décide par une politique volontariste de construire une pépinière de plantes dunaires afin de faciliter les opérations de renaturation et de consolidation dunaire.



Illustration 25 : Images aériennes de l'emplacement de la pépinière de Somo-Loredo, à gauche, l'image date de la période 1976-1986 tandis qu'à droite l'image représente la situation actuelle. (Image : Geomap.com).

2.1.2.2 Fonctionnement de la pépinière

L'Etat espagnol, propriétaire, confie la gestion de la pépinière au ministère de l'Environnement (Ministerio para la transición Ecológica y el Reto Demográfico). Ainsi, la pépinière fonctionne via des concessions d'exploitation, lors desquelles un gestionnaire privé est sélectionné pour les 3 années suivantes (reconductibles) à la suite d'un appel d'offres.

L'exploitant s'engage alors à respecter plusieurs objectifs identifiés en début de mission par voie contractuelle : production de plantes (nombre et types de plantes), publications de rapports

²⁶ Agence de l'Etat espagnol de météorologie (AEMET).

²⁷ C. Ley Vega de Seoane, communication personnelle, juillet 2021

²⁸ Volonté de protéger les littoraux de l'urbanisation anarchique induite par le développement important du tourisme balnéaire.

²⁹ Gregorio Gomez Pina, Juin Munoz-Pérez, Carlos Ley Vega de Seoane. *Sand dune management problems and techniques, Spain*. Journal of Coastal Research, 2002.



d'activités, recherche et optimisation des techniques de production, entretien et travaux de pérennisation de la pépinière pour les années suivantes.

Les critères de sélection de l'exploitant se basent sur des aspects techniques et financiers, le soumissionnaire devant fournir une note technique et une note économique en réponse à l'appel d'offres.

En l'occurrence, les objectifs actuels de la pépinière sont les suivants :

- Produire 3 000 000 de plantes sur la période de 3 ans, dont 2 500 000 d'oyats (*Ammophila arenaria*), 400 000 d'un groupe constitué de chiendent des sables (*Elymus farctus*), de lis maritime (*Pancratium maritimum*), de panicaut maritime (*Eryngium maritimum*), de fétuque rouge (*Festuca rubra*), et 100 000 d'un groupe plus large dont le liseron des dunes (*Calystegia soldanella*), l'immortelle (*Helichrysum stoechas*), la crucianelle maritime (*Crucianella maritima*), la giroflée des dunes (*Matthiola sinuata*), la luzerne marine (*Medicago marina*), l'euphorbe des dunes (*Euphorbia paralias*), la roquette de mer (*Cakile maritima*), etc. ;
- Collecte et traitement des graines pour la pérennisation de la banque de graines de la pépinière ;
- Collecte et plantation de bouture ;
- Recherche et production de végétation dunaire protégée et/ou en voie d'extinction ;
- Rédaction de rapports d'activités réguliers ;
- Maintien et entretien des infrastructures de la pépinière.

Le contrat d'exploitation définit le coût de fonctionnement de la pépinière. Une fois le contrat signé, les plantes produites sont mises à disposition sans frais aux collectivités. Les services annexes à la production de plantes (transport, installation de clôtures pour la mise en défens, suivis des plantes, etc.) ne sont pas inclus dans les missions de la pépinière et sont possibles à travers la passation d'un marché avec l'exploitant.

La philosophie de ce fonctionnement est d'encourager (ou obliger), avec des objectifs de production très élevés et la possibilité de passation de marchés annexés à la production de plante, l'exploitant à aller chercher le client. L'exploitant est obligé d'évacuer la production de la pépinière, et doit démarcher de nouveaux clients en permanence. Par ailleurs il est autorisé à participer à des programmes de recherche ou programmes européens (type projet Life, par exemple le Life Arcos en 2014).

2.1.2.3 Activité de la pépinière

La pépinière a connu trois phases de développement :

- 1990-1995 : Petite production annuelle (entre 10 000 et 60 000) de plantes structurantes (*Ammophila arenaria* et *Elymus farctus*), destinées à la Cantabrie uniquement ;
- 1996-2012 : Augmentation importante de la production annuelle (de 300 000, à 800 000, puis 1 000 000 de plantes), élargissement de la gamme de production (*Pancratium maritimum* et *Eryngium maritimum*), et ouverture sur toute l'Espagne ;
- Depuis 2013 : Une production plus irrégulière selon les années, avec une moyenne de 800 000 plantes annuelles sur la période, développement du catalogue de plantes produites, et



notamment avec des plantes localement protégées et/ou en danger d'extinction (*Otanthus maritimus*, *Euphorbia peplis*, *Glaucium flavum*, *Medicago marina*, etc.).

Les informations sur la production de la pépinière livrent une situation assez complexe : entre 2002 et 2019, la pépinière a eu une production inégale en fonction des années (au minimum 211 000 plantes en 2018, au maximum 2 323 000 plantes en 2014), produisant au total 14 360 000 plantes en 18 années, soit une moyenne d'environ 800 000 plantes annuelles.

Ces variations indiquent que la pépinière s'adapte aux circonstances, l'année 2014 a été marquée par d'importantes tempêtes sur la côte Atlantique espagnole, et la pépinière a été sollicitée de façon importante pour intervenir sur des cordons dunaires d'où une production particulièrement élevée. Notons tout de même que malgré les irrégularités de production, celle-ci reste importante, et n'est descendu que 6 fois sous les 600 000 plantes annuelles sur la période 2002-2019.

En ce qui concerne le prix des plantes, les chiffres officiels annoncent 0,16 €/plantes. Ce prix correspond au coût de production des plantes calculé selon les chiffres annoncés, à savoir 160 000 € investis pour 1 000 000 plantes, ce qui équivaut à 0,16 €/plante. Ce prix ne correspond donc pas à un prix de vente et doit être pris avec des pincettes, voire écarté.

Sur les contrats publics que communique le ministère de l'Environnement espagnol, les données sont les suivantes :

Tableau 3 : Activité de la pépinière entre sur la période des contrats d'exploitation de 2012 à 2019.

Année	Investissement	Plantes produites
2012	125 269,49 €	314 000
2013	125 269,49 €	929 000
2014	125 269,49 €	2 323 000
2015	125 269,49 €	747 000
Période 2012 - 2015	501 077,95 €	4 313 000
2016	181 463,40 €	567 000
2017	252 702,45 €	346 000
2018	253 105,62 €	211 000
2019	67 639,30 €	687 000
Période 2016 - 2019	754 910,77 €	1 811 000
Total 2012-2019	1 255 988,72 €	6 124 000,00
Moyenne annuelle 2012-2019	156 998,59 €	765 500



Sur la période 2012-2019, les contrats de concession indiquent que la pépinière a coûté 156 998,59 € par an à l'Etat espagnol pour une production annuelle de 765 500 plantes (soit un coût de production à environ 0.21 € par plante en usant le même calcul que ce qu'annonce la pépinière).

En ce qui concerne la destination des plantes produites, qui dépend des marchés conclus par l'exploitant de la pépinière, les données indiquent que la majorité concerne l'Andalousie et la Cantabrie (tableau 4). La quantité produite pour la Cantabrie s'explique par le fait que c'est la région d'origine de la pépinière, pour qui la totalité des plantes étaient produites jusqu'à la fin des années 1990 ; la quantité produite pour l'Andalousie correspond essentiellement à une période où la pépinière a beaucoup travaillé pour cette région, entre 2000 et 2011, notamment au sein de projets Life.

Tableau 4 : Destination des plantes produites par la pépinière de Somo-Loredo depuis 1990 (sources : ministère de l'Environnement espagnol - Ministerio para la transición Ecológica y el Reto Demográfico).

Région	Nombre de plantes produites
Galice	985 000
Asturies	1 760 000
Cantabrie	5 926 000
Pays Basque	2 544 000
Andalousie	6 306 000
Catalogne	44 000
Total	17 565 000

2.1.2.4 Techniques de culture

La particularité de cette pépinière est que la culture s'effectue en intérieur (sous serre), mais surtout en extérieur (en pleine terre).

La culture en intérieur concerne la germination des plants, et utilise des godets classiques. La culture en pleine terre est utilisée pour la germination des plants et les phases de développement suivantes : culture jusqu'à maturité et conservation en attendant une éventuelle transplantation sur un site définitif.

La culture en pleine terre, et donc en substrat sableux, permet un développement racinaire optimal. La plante est débarrassée des risques de la culture en godet : emmêlement des racines en chignons (sauf utilisation de godets anti-chignons), mortalité des racines au contact du plastique (exemple du Liseron des dunes (*Calystegia Soldanella*)), risque accru de développement de maladies,



dégénérescence relativement rapide des plantes³⁰, enfin une densité de culture plus importante et donc une optimisation de la surface de la pépinière³¹.

La culture en substrat sableux permet aussi de cultiver les plantes en respectant l'environnement de destination (vent, apport de sable, salinité et humidité de l'air, etc.). Ainsi, les plantes se conservent de nombreux mois, voire plusieurs années, en pépinière dans les meilleures conditions en évitant le traumatisme de la transplantation sur un substrat différent lors de l'implantation sur site. L'impossible conservation des plantes en godets encourage la transplantation rapide de plantes, pas encore matures.

Le bon développement racinaire des plantes permis par le substrat sableux va aussi améliorer le potentiel de transport de celle-ci dans de bonnes conditions. Ainsi, la pépinière peut avoir un rayonnement national et fournir des plantes dans toute l'Espagne.

Aussi, les plantes des dunes mobiles apprécient la mobilité du sol qui stimule leur développement ; l'apport de sable annuel nécessaire est estimé à 30 cm par an, la culture sur un terrain sableux à proximité du littoral permet de profiter des mouvements naturels perpétrés par le vent. Ce procédé de culture permet aussi l'enrichissement naturel du sol à travers la mycorhization³². Ce phénomène correspond au développement d'une sorte de humus sur la partie superficielle du sable, à partir de la relation d'entraide entre les racines et des champignons. La mycorhization permet aux plantes de se protéger des parasites, notamment du nématode (ver de sable).

Enfin, les partenariats avec la sphère scientifique (Université d'Oviedo et Jardin Atlantique Botanique de Gijon) a permis la réintroduction d'espèces éteintes ou en voie de disparition comme le diotis blanc (*Otanthus maritimus*) en Cantabrie, le pavot cornu (*Glaucium flavum*) en Cantabrie et au Pays Basques, la *Honckenya peploide* et la sagine noueuse (*Sagina nodosa*) au Pays basque, etc.

³⁰ Les plantes dunaires ne peuvent se conserver plus d'un an et demi en godet. (Ley Vega de Seoane et al, 2012).

³¹ Carlos Ley Vega de Seoane, Jean Favennec, Juan Gallego-Fernandez Bautista, et César Pascual Vida (dir). *Conservation des dunes côtières. Restauration et gestion durable Méditerranée occidentale*. UICN, Gland, Suisse et Malaga, Espagne, 2012.

³² Transformation des racines d'une plante par association avec un champignon.





*Illustration 26 : Image de la pépinière où sont cultivés des oyats (*Ammophila arenaria*). Les plantes sont cultivées en sillons, un platelage en bois est installé pour faciliter les déplacements, et les piquets blancs permettent un arrosage automatique par aspersion qui convient aux plantes dunaires de la côte Atlantique espagnole. (Photo : SaVE, 07/2021).*



*Illustration 27 : A droite, Carlos Ley Vega de Seoane, directeur de la pépinière de Somo-Loredo, nous fait visiter une dune située à proximité immédiate de la pépinière sur laquelle il expérimente des techniques de transplantation d'espèces issues de la pépinière. Sont visibles essentiellement de l'oyat (*Ammophila arenaria*), du panicaut maritime (*Eryngium maritimum*), et du liseron des dunes (*Calystegia soldanella*). (Photo : SaVE, 07/2021).*

2.2 En Italie, des réseaux de pépinières régionales

A partir des années 1970, les régions italiennes constituent des réseaux de pépinières en soutien à la gestion des domaines forestiers, des parcs naturels, et de l'industrie agricole³³. Les pépinières construites sont spécialisées : arbres fruitiers, ligneux, entretien des forêts domaniales, gestion du risque incendie, et donc les plantes côtières³⁴.

Ces pépinières ont un rayon d'intervention globalement assez localisé et sont accompagnées de centres régionaux permettant le partage d'expérience, les expérimentations plus spécifiques, et les missions de sensibilisation et d'accueil du public. L'utilisation des pépinières à des fins spécifiques de restauration écologique sur le littoral et de consolidation de cordons dunaires est plutôt récente, et actuellement de nombreux programmes européens sont expérimentés sur la côte orientale et occidentale d'Italie.

2.2.1 En Sicile : la pépinière de Randello et le centre technique de Noto

En Sicile, ce réseau comprend 16 pépinières et est géré, en mains propres, par la Région Sicile via les services techniques dédiés à chaque province.

Les pépinières régionales siciliennes interviennent d'abord dans le cadre d'objectifs de restauration écologique et agricole, puis dans une optique de requalification urbaine, paysagère, et d'opérations de conservation de la biodiversité, des écotypes, et de la génétique.

³³ Publication du Département régional du développement rural et territorial de la Région Sicile : *Popolamenti per la raccolta del materiale di propagazione forestale e centro vivaistico regionale*. (2020).

³⁴ LIFE11 NAT/IT/000232, Final Report Covering the projet activities from 01/10/2012 to 30/04/2016. Life Leopoldia, Layman's report, 2016. <https://www.leopoldia.eu/>



La mise en place du système actuel a été progressive ; entre 1971 et 1976, la Sicile compte 36 pépinières publiques, avec une production annuelle moyenne de plus de 12 millions de plantes. La taille du réseau de pépinières est réduite à 10 pépinières réparties en fonction des différentes provinces et unités géographiques en 1976, puis augmentée à 17 en 1989, année où est créé le premier centre régional³⁵. Son rôle est de coordonner l'activité et les moyens accordés à chaque pépinière ; cette année-là, le besoin annuel de plantes est estimé à 6,5 millions³⁶. En 2000, deux autres centres techniques sont créés afin de développer l'expérimentation, des protocoles techniques, et des programmes de recherche sur la culture en pépinière. Depuis 2011, des programmes de conservation sont régulièrement mis à jour concernant des espèces menacées/en danger.



Sources : Regione Siciliana, Programma regionale degli interventi selvicolturali e infrastrutturali anno 2021 ; Réalisation : Association SaVE, 2022

Illustration 28 : Localisation des pépinières publiques de Sicile, et des Centres Techniques Régionaux (Sources : Région Sicile).

Le Centre de Noto-Marianelli (Province de Raguse) spécialisé sur les espèces côtières, est celui qui nous intéresse.

2.2.1.1 Le centre technique de Noto-Marianelli :

Il s'agit d'une pépinière spéciale de conservation *in-situ* et *ex-situ* des espèces menacées ou en danger. Elle sert à la recherche, à l'étude, à la conservation, la multiplication, la valorisation des espèces et notamment des psammophiles. La pépinière est gérée directement par la Région Sicile, à

³⁵ Centro Vivaistico Regionale.

³⁶ Planification et Programmation forestière du Département régional de développement rural et territorial de la Région Sicile : *Programma regionale degli interventi selvicolturali e infrastrutturali anno 2021*



travers le Service Territorial de Syracuse, et travaille en partenariat avec l'Université de Catane et le Jardin Botanique de Catane.

Le surface du centre est de 18 ha, avec un bâtiment principal dédié à l'administratif, plusieurs bâtiments de travail (salle de déshydratation et de séchage des graines, chambre d'acclimatation, des laboratoires, chambre froide, entrepôts, etc.), et des champs de culture en pleine terre. Au total 6 ETP sont sollicités pour faire fonctionner le site : 3 chercheurs et 3 techniciens.



Illustration 29 : Vue aérienne du site, délimité en pointillés (image Google Earth Pro).

Le programme de développement agricole et territorial de la Région Sicile prévoyait 5 programmes menés au Centre Technique de Noto-Marianelli concernant les plantes psammophiles en 2014 (programmes prorogés en 2017), pour un investissement total de 1,7 M d'€. Quatorze espèces dunaires étaient concernées, parmi elles : le lis de mer (*Pancratium maritimum*), le panais épineux (*Echinophora spinosa*), le panicaut de mer (*Eryngium maritimum*), la luzerne marine (*Medicago marina*), le liseron de mer (*Calystegia soldanella*), le diotis blanc (*Otanthus maritimus*), l'oyat (*Ammophila arenaria*), etc.

Ces programmes de recherches servent de supports de référence et d'aide pour les Parcs, les Réserves, les SIC, les ZPS. Ils prévoient la mise à disposition des graines, des plantes, et des protocoles de culture aux agents des pépinières régionales.

2.2.1.2 La pépinière Randello :

La pépinière Randello est une pépinière du réseau régional, située dans la Province de Raguse, à la pointe Sud de la Sicile. Cette pépinière est implantée sur le Domaine Forestier de Randello, qui



comprend une Réserve Naturelle Intégrale³⁷. Il s'agit d'un espace côtier boisé de 156 ha, où se trouve un important massif dunaire.



Illustration 30 : Situation de la pépinière de Randello, délimitée en blanc, et au sein de son Domaine Forestier.

La pépinière se situe à 200 m du rivage, en arrière-dune, sur une surface de 3,7 ha. Il s'agit, au départ, d'une pépinière spécialisée pour des projets de reboisement et d'entretien de la forêt ; néanmoins sa production s'est diversifiée avec des plantes psammophiles pour entretenir le cordon dunaire.

Du point de vue logistique, le site présente trois bâtiments, un réservoir externe, et de grands champs de culture.

³⁷ *Demanio Forestale di Randello, Riserva naturale integrale Cava Randello*





Illustration 31 : Vue rapprochée de la pépinière de Randello. Notons les casiers de ganivelles installées sur le cordon dunaire.

En 2012, le projet Life Leopoldia avait pour objectif de restaurer et protéger les habitats dunaires du golfe de Gela, propice à deux plantes dunaires endémiques de Sicile : la *Muscari gussonei* (aussi appelée *Leopoldia gussonei*) et l'*Ophrys lunulata* (une orchidée). Le projet a permis de cultiver des espèces dunaires typiques (*Ammophila arenaria*, *Pancratium maritimum*, *Otanthus maritimus*, *Crucianella maritima*, *Medicago marina*, *Eryngium maritimum*, etc.) collectées à partir de graines prélevées sur place. En 4 ans, cela correspond à un total d'environ 80 000 plantes dunaires.



Illustration 32 : Situation de la pépinière régionale de Randello et du Centre Technique de Noto-Marianelli, et localisation du Projet Life Leopoldia (Sources : Life Leopoldia Layman's Report).



Les plantes produites, entre 150 000 et 200 000 par an, sont mises à disposition sans frais aux organismes publics, tandis qu'elles peuvent être vendues à des privés à des tarifs fixés par la Région Sicile sous certaines conditions (limitation à 200 par an et par sujet).

Actuellement, le prix de vente annoncé est de 1,32 € par plante³⁸.



Illustration 33 : Vue verticale de la pépinière régionale de Randello en Sicile. La pépinière est au centre du Domaine Forestier de Cava-Randello, sur la pointe Sud de la Sicile. A gauche de l'image, les dunes de Randello où sont visibles quelques casiers de ganivelles. (Image : ESRI Imagery).



*Illustration 34 : Les employés de la pépinière de Randello, accompagnés de chercheurs de l'Université de Catane, récoltent des graines de plantes littorales sur les dunes de Randello afin de les multiplier en pépinière (ici de la criste marine, *Crithmum maritimum*). (Photo : Life Leopoldia, 2016).*

³⁸ Echanges avec Tullio Serges, Directeur du Service Territorial de Raguse et responsable de la pépinière régionale de Randello, à la Région Sicile. 2022.

2.2.2 Des modèles similaires ailleurs en Italie : Vénétie, Abruzzes, Molise, Pouilles, Sardaigne



Illustration 35 : Localisation de la pépinière de Montecchio Precalcino.

En Vénétie, depuis 20 ans l'agence Veneto Agricoltura est l'organisme de la région Vénétie pour l'innovation du secteur primaire. Elle déploie sur le territoire régional plusieurs fermes pilotes spécialisées pour la gestion du patrimoine végétal régional (expérimentation, progrès technique, formation, etc.).

Parmi ces fermes pilotes, la pépinière de Montecchio Precalcino est dédiée à la gestion de la biodiversité hors-forêts, à l'ingénierie naturaliste et à la restauration environnementale. Plus de 200 espèces y sont cultivées et sont livrées selon des tarifs établis en fonction des espèces, de la quantité demandée et de la distance de transports, globalement les prix se situent autour entre 1 € et 2,50 € par plante³⁹.

La pépinière de Montecchio Precalcino n'est, à l'origine, pas une pépinière de plantes littorales et la restauration de cordons dunaires est là aussi récente, et s'est développée ces dix dernières années sous l'impulsion de projets Life : Life Natura en 2013, qui a permis de planter 60 000 espèces psammophiles sur les littoraux de la région, mais aussi sur le projet Life Redune en cours.

Ce projet a déjà permis de produire 151 000 plantes à destination de quatre sites littoraux de la région, et a permis de restaurer 91,5 ha de dunes mobiles et 82,3 ha de dunes fixées. Parmi les

³⁹ Della Bella A., Fantinato E., Scarton F., Buffa G., 2022. *Mediterranean developed coast : what future for the foredune restoration ?*.



plantes produites, des plantes que l'on retrouve en Occitanie : *Eryngium maritimum*, *Calystegia soldanella*, *Ammophila arenaria*, *Elymus farctus*, *Medicago marina*, etc ; ainsi que des espèces patrimoniales, notamment la *Stipa veneta*⁴⁰.



Illustration 36 : Vue verticale de la pépinière de Montecchio Precalcino, appartenant à l'agence Veneto Agricoltura de la Région Vénétie et réquisitionnée pour la production de plantes littorales. La pépinière bénéficie d'un bassin visible sur la gauche de l'image ; en bas, le bassin appartient à un complexe d'aquaculture extérieur à la pépinière. (Image : ESRI Imagery).



Illustration 37 : Intérieur de la pépinière de Veneto Agricoltura, ici la production de luzerne marine (*Medicago marina*), une plante typique des dunes méditerranéennes. (Photo : Life Redune, 2022).



Illustration 38 : Ici, ce sont des plantules d'oyat (*Ammophila arenaria*) destinés à la restauration des cordons dunaires de Vénétie. (Photo : Life Redune, 2022).

⁴⁰ LIFE16 NAT/IT/000589, Report Covering the projet activities from 09/2017 to 03/2022. Life Redune, Layman's report, 2022. Restoration of dune habitats in Natura 2000 sites of the Veneto coast.



Sur ce même modèle, des pépinières régionales spécialisées travaillant sur des projets dunaires existent aussi en Molise, où la pépinière Marinelle est actuellement mobilisée sur le projet Life Calliope. Ce projet prévoit des opérations de revégétalisation dunaire dans les régions Abruzzes et Molise (Italie), ainsi que des expérimentations de culture de plantes psammophiles en partenariat avec l'Université de Molise et l'Université Frederik à Chypres.

Des dispositifs similaires sont aussi à signaler dans les Pouilles (avec les pépinières San Cataldo et Gennerano) ; et en Sardaigne, avec la pépinière de Badesi (illustrations 39, 40, 41 et 42, ci-dessous).



Illustration 39 : Carte des pépinières de plantes littorales membres du réseau des pépinières régionales d'Italie.





Illustration 40 : Vue aérienne de la pépinière Marinelle, membre du réseau des pépinières régionales de Molise. Cette pépinière est située directement en arrière-dune et produit des plantes côtières et de garrigues. (Image : ESRI Imagery).



Illustration 41 : Vue aérienne des pépinières régionales San Cataldo (en haut de l'image) et Gennerano (en bas de l'image), dans les Pouilles. Ces deux pépinières produisent des plantes côtières et de garrigues et servent aussi de centre d'expérimentation et d'accueil du public. (Image : ESRI Imagery).





Illustration 42 : Vue aérienne de la pépinière régionale Badesi en Sardaigne. Cette pépinière est située en arrière-dune d'une grande plage naturelle : la plage Badesi Li Junchi. (Image : ESRI Imagery).

2.3 Un modèle de pépinière privé en Nouvelle-Zélande.

En Nouvelle-Zélande, la Coastlands Plant Nursery est une pépinière privée (équivalent SARL) spécialisée dans la livraison de plantes dunaires à destination des gestionnaires littoraux néo-zélandais.

Cette pépinière se situe à Whakatane, à l'extrême Nord du pays, cultive 14 espèces psammophiles et annonce livrer 500 000 plantes par an sur l'ensemble du pays⁴¹ (Illustrations 43 et 44).

La pépinière respecte des protocoles de culture stricts et n'utilise que des graines récoltées sur les sites d'implantation afin de conserver la diversité des milieux et le patrimoine génétique des espèces.

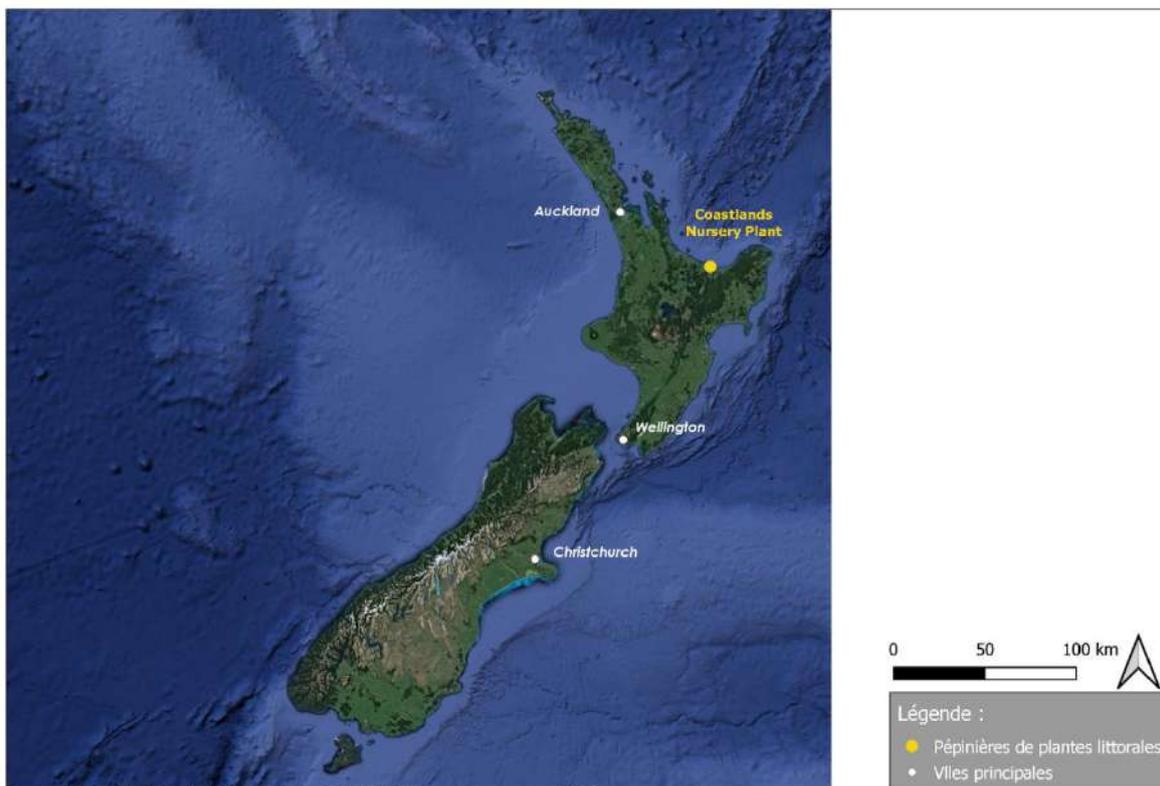
En ce qui concerne le prix des plantes, les tarifs sont disponibles selon les espèces, et il faut compter entre 1,30 € et 1,75 €⁴² HT pour des espèces de dunes blanches dites édificatrices et entre 0,80€ et 3,30€ HT pour des plantes accompagnatrices d'arrières-dunes.

La pépinière est active depuis les années 2010 et annonce employer 8 ETP sur le site : un horticulteur, deux agrochimistes, trois pépiniéristes, deux techniciens.

⁴¹ Site officiel Coastlands Plant Nursery : <http://www.coastlandsnursery.co.nz/>

⁴² Tarifs disponibles et mis à jour sur le site de la pépinière, vigilance à la valeur des devises, les prix sont exprimés en dollar néo-zélandais (environ 0,60€ pour 1\$ néo-zélandais) : <http://www.coastlandsnursery.co.nz/sand-dune-plant-species.php>





Sources : New Zealand Coastlands Nursery Plant ; SaVE : Sable, Vague, Environnement, 2022.

Illustration 43 : Localisation de la Coastlands Plant Nursery.



Illustration 44 : Vue aérienne de la Coastlands Plant Nursery, au Nord de la Nouvelle-Zélande, près de Whakatane. (Image : ESRI Imagery).





Illustration 45 : Les employés de la pépinière disséminent des graines de plantes dunaires locales sur un massif dunaire. (Photo : Coastlands Plant Nursery).



Illustration 46 : La pépinière ne cultive que des plantes dont les graines ont été récoltées sur site (soit par les employés, soit par les gestionnaires) pour conserver le patrimoine génétique des milieux. (Photo : Coastlands Plant Nursery).

2.4 Que retenir à ce stade ?

En matière de fonctionnement, plusieurs modèles existent selon la zone d'intervention : une pépinière gérée par les services de l'Etat ayant une capacité d'intervention nationale (Somo-Loredo), des pépinières régionales intégrées aux services régionaux (réseaux de pépinières italiennes), une pépinière municipale pour une action locale (El Saler), une pépinière privée qui intervient au niveau national.

Ces pépinières fonctionnent toutes depuis des décennies, avec des productions de plantes importantes en ayant connu plusieurs phases de développement et une augmentation progressive de la capacité de production.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des productions estimées des pépinières littorales analysées.

Pépinière	Nombre de plantes produites annuellement
El Saler (Espagne)	500 000
Somo-Loredo (Espagne)	Environ 800 000
Pépinières italiennes	Entre 150 000 et 200 000 (pas seulement des plantes psammophiles)
Coastlands Plant Nursery (Nouvelle-Zélande)	500 000



Le prix des plantes est légèrement variable puisqu'il dépend des espèces cultivées et des contextes locaux, néanmoins ils sont tous nettement en dessous des prix constatés en Occitanie :

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des prix unitaires indicatifs des plantes des pépinières littorales analysées.

Pépinière	Prix indicatif par plantes
El Saler (Espagne)	<i>Non-communicués</i>
Somo-Loredo (Espagne)	<i>Pas de coût clairement annoncés</i>
Montecchio Precalcino (Vénétie)	Entre 1€ et 2,50€
Randello (Sicile)	1,32€
Coastlands Plant Nursery (Nouvelle-Zélande)	Espèces édifcitrices : Entre 1,30 et 1,75€ HT Espèces accompagnatrices : Entre 0,80€ et 3,30€ HT
Occitanie (Filippi)	Entre 3€ et 3,50€ HT ⁴³

Ces pépinières garantissent aux acteurs locaux une capacité d'action sur plusieurs composantes de la restauration dunaire :

- Consolidation des cordons dunaires ;
- Renaturation d'espaces urbanisés ;
- Restauration écologique et conservation d'espèces menacées ;
- Interventions d'ordre purement paysagères ;
- Partenariats scientifiques avec les universités locales sur des projets de recherches concernant les écosystèmes littoraux ;
- Pour certaines, accueil du public et sensibilisation sur l'environnement littoral.

Aussi, elles permettent d'exploiter des techniques de culture adaptées aux contextes qui mettent le développement racinaire au centre des priorités :

- La germination est effectuée en intérieur, sous serre, pour faciliter la manipulation et le contrôle des facteurs de succès : taux d'humidité, arrosage, température, protection contre les oiseaux et rongeurs ;
- Le développement de la plante doit permettre au système racinaire d'aller le plus en profondeur possible, et la plante doit être exposée à un environnement similaire à ce qu'elle rencontrerait dans la nature : substrat sableux, mobilité relative du sol, embruns et salinité de l'air.

Enfin, les expérimentations en pépinières prouvent que les plantes issues de graines locales récoltées *in-situ* s'adaptent mieux aux environnements sur lequel elles seront plantées⁴⁴, et seront notamment

⁴³ Prix annoncés sur le projet de revégétalisation de Canet-en-Roussillon (66) en 2022.



plus adaptées aux pollinisateurs. Aussi, il est recommandé de planter plusieurs espèces afin de simuler un environnement naturel : une plus grande diversité d'espèces constitue un environnement cohérent, attire plus de pollinisateurs et permet la mise en place d'un cercle vertueux plus résilient⁴⁵.

Par ailleurs, pour conserver une biodiversité forte et une continuité génétique dans les peuplements végétaux, il est important de disposer d'espèces appartenant au cortège floristique dunaire local, idéalement prélevées *in situ*.

⁴⁴ Rivière S., Provendier D., Malaval S., Sanson B., Gourvil J., Albert A., Millet J., 2022. *Structuring supply chains of native plant material of wild and local provenance in France : A contribution to ecological restoration and Nature-based solutions.*

⁴⁵ Filippi O., Aronson J., 2010. *Plantes invasives en région méditerranéenne : quelles restrictions d'utilisation préconiser pour les jardins et espaces verts ?* Ecologia Mediterranea.



3 Une pépinière en Occitanie : quels critères de réalisation

Ces préconisations techniques identifient les conditions d'une réussite liée aux travaux et à la mise en place d'une pépinière permanente de plantes littorales, implantée dans un site *ad hoc* avec une attention majeure sur l'approvisionnement en eau, ainsi que sur des exemples de bonnes pratiques.

3.1 Situation, choix du site, et règles d'urbanismes :

La recherche d'un substrat sableux permettant la culture en pleine terre est un critère déterminant, qui propose plusieurs avantages. La production de plants à racine nue exige moins d'installations et de soins que les cultures en conteneurs : les plantes sont plus vigoureuses et mieux adaptées pour une transplantation future ; même si elles mettent plus de temps à se développer que dans les conteneurs, elles peuvent rester au sol pendant plus longtemps car elles disposent de plus d'espace et sont dans leur environnement naturel ; la contamination par champignon est moins fréquente que lors des cultures en godet, et leurs racines ont une croissance supérieure et ne souffrent pas de spiralisation ou d'étranglements ; enfin, le coût unitaire de production est réduit par rapport à la culture en godet (Ley Vega de Seoane et al, 2012).

Pour résumer, la culture en pleine terre offre ces perspectives, détaillées dans Ley Vega de Seoane et al (2012) :

- Meilleure acclimatation des plants que ceux en conteneurs ;
- Meilleure exploitation de la surface du terrain car on obtient une plus grande densité de plants par mètres carrés ;
- Moins d'arrosage car l'évapotranspiration des plantes est plus faible ;
- Meilleure résistance des plantes à l'attaque des organismes nuisibles et aux maladies, notamment des pucerons et des champignons, car leurs tissus sont mieux développés ;
- Simplification du transport.

La pépinière sera donc implantée en tenant compte des facteurs suivants :

- Une source de sable. Le besoin en sable est volumineux, il en faut de grandes quantités. Par ailleurs, le sol du site doit être au moins exempt d'alcalinité. Aucune analyse agronomique préalable des sols n'est requise, compte tenu de fait que les plantes psammophiles n'ont pas besoin de fertilisants, en revanche pour le ph, des amendements peuvent être nécessaires.
- Une bonne source d'approvisionnement en eau, c'est-à-dire près d'une rivière, d'un puit ou d'un réseau de d'alimentation type BRL. L'eau étant capitale pour la pépinière, c'est là aussi un facteur déterminant ;
- Le site doit être bien drainé de façon à éviter la saturation en eau, par ailleurs il doit être suffisamment protégé contre les risques d'inondation ;
- Le site ou ses aménagements doivent permettre la maîtrise du ruissellement, notamment en contexte de changement climatique et de multiplication des phénomènes cévenols et autres pluies torrentielles fréquentes. Par exemple le ruissellement superficiel pourra être maîtrisé par la mise en place d'un réseau de cunettes primaires, secondaires et de descentes d'eaux canalisant des eaux de pluie que reçoit l'ouvrage. Le ruissellement issu de l'impluvium amont sera, dans tous les cas, détourné et des précautions particulières seront prises au niveau de la connexion de ces ouvrages avec le terrain naturel ou les fossés déjà existants.



- La pépinière doit être abritée des vents dominants : les sites naturellement protégés par la végétation ou toute autre formation seront préférés aux sites complètement exposés ;
- Le site doit disposer de bonnes routes d'accès aux lieux où les plants sont demandés. Cela permettra aux plants d'atteindre le site de plantation en bon état. Les mauvaises routes et les longs trajets réduisent beaucoup la survie des plants ;
- La pépinière doit être implantée là où il y a de la main-d'œuvre ou bien où l'on peut en trouver facilement et la loger. Le travail de pépinière est un travail à forte intensité de main-d'œuvre et si l'on implante les pépinières loin des centres d'habitation, ce sera très coûteux.

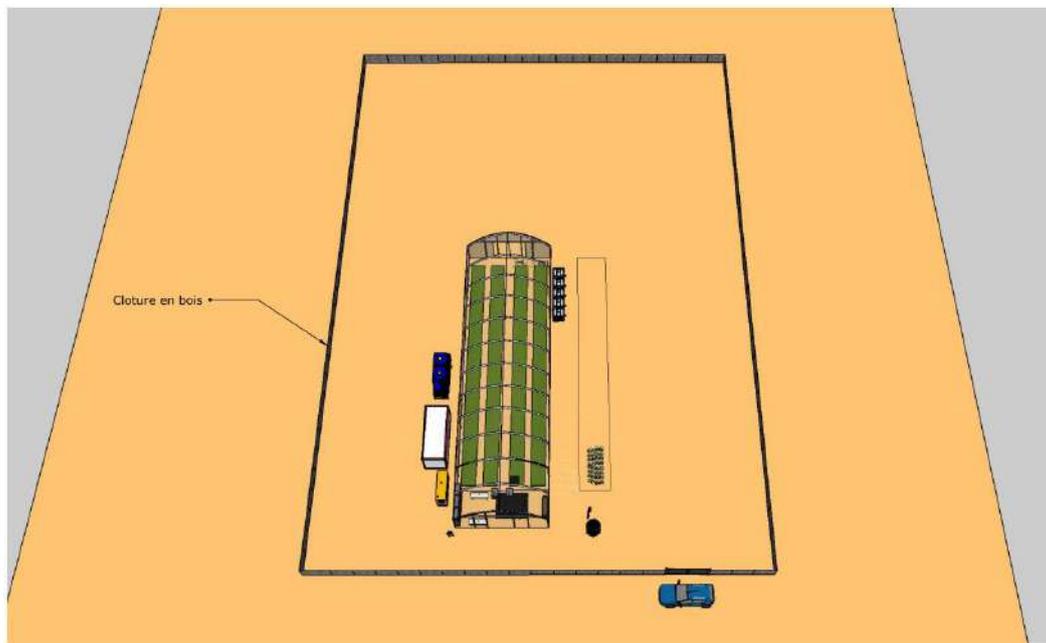


Illustration 47 : Vue générale d'un modèle de pépinière qui conviendrait pour la culture de plantes dunaires en Occitanie : une clôture de protection, des bureaux, une serre pour la culture en intérieur, et un terrain sableux pour la culture en pleine terre.

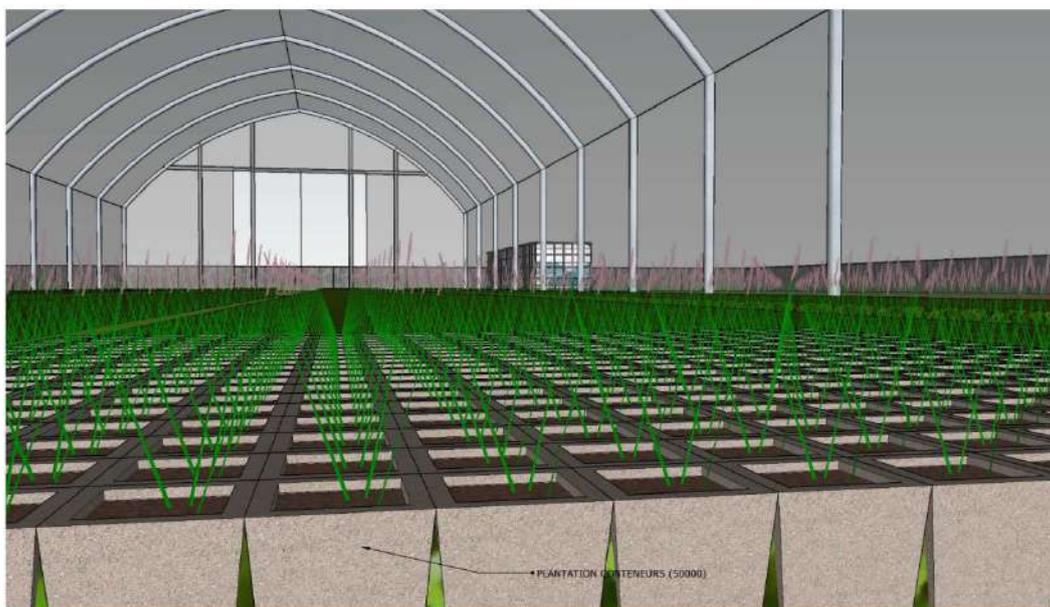


Illustration 48 : Illustration de l'agencement des plantations à l'intérieur de la serre.





Illustration 49 : Une zone de la pépinière doit être prévue pour la culture de plantes en extérieur.

Avant toute construction, il sera nécessaire de se renseigner auprès de la mairie concernée afin d'une part de savoir si le terrain est constructible et d'autre part savoir à quel règlement d'urbanisme la parcelle est-elle soumise : un Plan Local d'Urbanisme (PLU), ou bien une carte communale.

Il conviendra de tenir compte pour savoir quelles règles s'appliquent si le terrain est situé dans un site patrimonial remarquable (SPR), un site classé, etc.

Une fois l'obtention de la déclaration préalable de travaux ou du permis de construire, le plan local d'urbanisme (PLU) impose le respect de règles d'urbanisme selon des zones. Celles-ci s'appliquent à toutes les démarches et varient selon la commune.

Selon le Code de l'Urbanisme, un Permis de Construire (PC) n'est pas utile ; le projet nécessitera une Déclaration Préalable (DP).

Tableau 7 : Présentation des principales

Surface de plancher de la serre tunnel	Hauteur supérieure ou égale à 1.80 m	Hauteur supérieure à 4 m
Inférieure à 2 000 m ²	Déclaration préalable de travaux	Permis de construire
Supérieure à 2 000 m ²	Permis de construire	Permis de construire

3.2 Dimension de la pépinière :

Les pépinières visitées par l'équipe SaVE montrent la nécessité de tableur sur un terrain d'au moins 10 000 m² (soit 1 ha), incluant la présence d'une serre, pour cultiver en intérieur et en extérieur.



En tenant compte du développement progressif des pépinières à l'étranger, l'objectif serait d'atteindre 100 000 plants par an, effectué sur deux périodes de plantation ; soit 50 000 plants deux fois par an.

3.2.1 Caractéristiques techniques de la serre

Une zone de culture abritée est indispensable pour les premières phases de développement des plantes, en particulier pour la germination. Elle permet aux pépiniéristes d'optimiser l'environnement de culture des plantes (température, humidités, arrosage, etc.) et de les protéger des prédateurs.

Deux options sont à privilégier pour le développement des plantules. La première est de les produire à partir de conteneurs biodégradables de matière 100% naturelle (cellulose) de dimension 5cm x 5cm = 25cm². Ces conteneurs ont la particularité de permettre aux racines de passer à travers les parois, permettant à l'ensemble d'être plantés sans passer par la case dépotage. La tâche est ainsi simplifiée tout en évitant un traumatisme au système racinaire. Les conteneurs sont ainsi plantés en terre et se désintègrent en une saison. Attention tout de même, ces conteneurs peuvent s'avérer plus fragiles que les autres et une attention particulière peut être nécessaire lors de la manipulation. La seconde est d'utiliser des conteneurs anti-chignons de même dimension. Ceux-ci ont la particularité d'être divisés en plusieurs compartiments verticaux, afin de guider le développement des racines vers le bas en les empêchant de s'enrouler. Ce dispositif encourage la plante à développer ses racines en profondeur et donc d'être plus résistante à la sécheresse (Filippi, 2007).

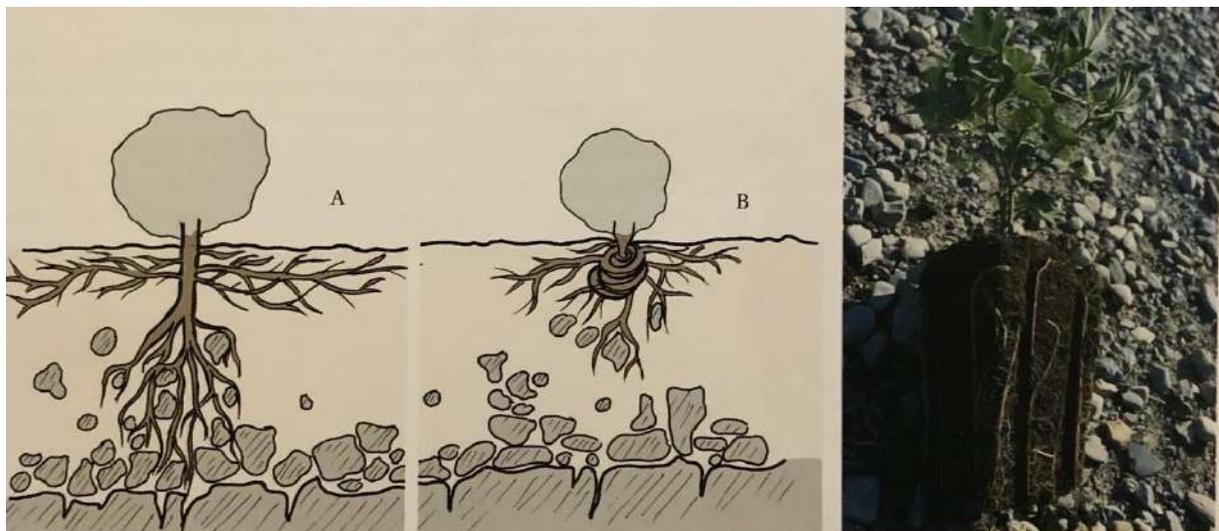


Illustration 50 : Schéma de développement racinaire. L'image "A" illustre le développement optimal, tandis que l'image "B" présente un développement en "chignon". A droite, un exemple de développement à l'aide de godet anti-chignons. (Image : Filippi, 2007).

Les conteneurs sont rassemblés en plaques de cultures, et sur la base de 400 alvéoles par m² (cf. dimensions des godets ci-dessus) cela nécessiterait 125 m² pour obtenir les 50 000 conteneurs nécessaires à la production visée. Notons que 50 000 conteneurs équivalent à 6 000 € TTC. L'ensemble est arrondi à 140 m² en tenant compte d'éventuelles marges d'erreurs.

Il faut également prévoir des dégagements pour les voies de circulation, des espaces de rangement, des espaces de travail ; ainsi 300 m² semblent être une surface compatible pour la serre d'une pépinière aux objectifs de rendement fixés.





Illustration 51 : Illustration de l'aménagement d'une zone de culture sous serre.

3.2.2 Approche typologique et prix de la serre

Des serres de toutes formes et de toutes les tailles (et à tous les prix) existent. Chaque forme de serre de jardin étant censée correspondre à un type de culture ou d'entretien des végétaux.

Les serres tunnels (ou serres maraichères) sont les plus généralisées. Faciles à construire elles disposent du meilleur rapport qualité-prix, et correspondent aux besoins du projet.

Généralement en forme d'arches, demi-lune, en acier recouvert d'une toile plastique, les serres tunnels protègent les végétaux du froid, du vent, de la pluie, de la neige et de la grêle. Elles permettent par ailleurs d'anticiper et de prolonger les saisons, et d'adapter les conditions de culture nécessaires à la croissance des végétaux ; notamment en permettant de contrôler l'humidité de l'air, et en limitant les variations de température grâce au grand volume d'air.

Le prix d'une serre tunnel d'environ 300 m² (9,5m x 32,5m) est estimé à 15 000 € TTC montage compris (hors coût de transport +/- 3000 € TTC).

Les caractéristiques principales pour ce type de serre sont :

- Hauteur au faîtage : 3,99 m ;
- Hauteur sous support de culture : 3,00 m ;
- Hauteur du pied droit : 1,71 m ;
- Dégagement latéral : 2,54 m à 0,60 m ;
- Pas entre arceaux : 2,50 m ;
- Longueur du tunnel : 32,50 m ;
- 4 renforts en diagonal Ø40 mm par arceaux d'extrémité + 2 entretoises Ø32 mm ;
- 2 renforts supplémentaires en Ø40 mm par support de pignon ;



- 2 croix de St André sur chaque rang de poteaux en tube $\varnothing 32$ mm ;
- Entretoise 1 rang d'entretoises $\varnothing 32$ mm.

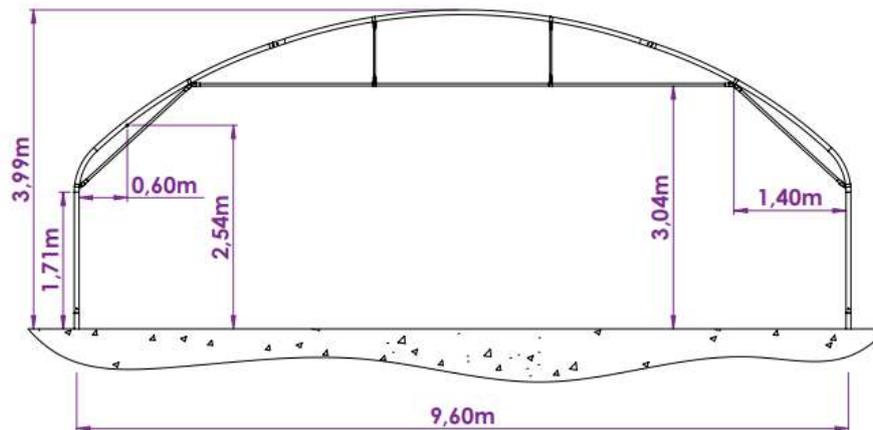


Illustration 52 : Schéma d'une serre aux dimensions proposées.

Il conviendra en plus des frais de transport et d'installation de la serre de prévoir sur le site sélectionné une clôture en pourtour afin de sécuriser le site et d'empêcher les rongeurs (notamment les lapins) de venir manger les plantations.

La serre doit être conçue et présente sur le site de manière à bien assurer le séchage des semences : les graines une fois sèche peuvent être stockées dans des sachets étanches en polyéthylène à température ambiante. Les sachets étant eux-mêmes à placer dans des boites métalliques fermées. Chaque sachet est étiqueté et numéroté.

Notons que la serre étant positionnée dans un environnement littoral immédiat (sol sableux et préservé probablement) il conviendra de la stabiliser (pour lutter contre les intempéries, le vent en particulier) par des mesures non destructrices.

Une étude de sol (bien que les descentes de charges de l'ouvrage soient négligeables) pourrait dimensionner son système d'ancrage : pieux ou plots-poids sur pieds (surcoût estimé à 7 500 € TTC comprenant études et travaux).



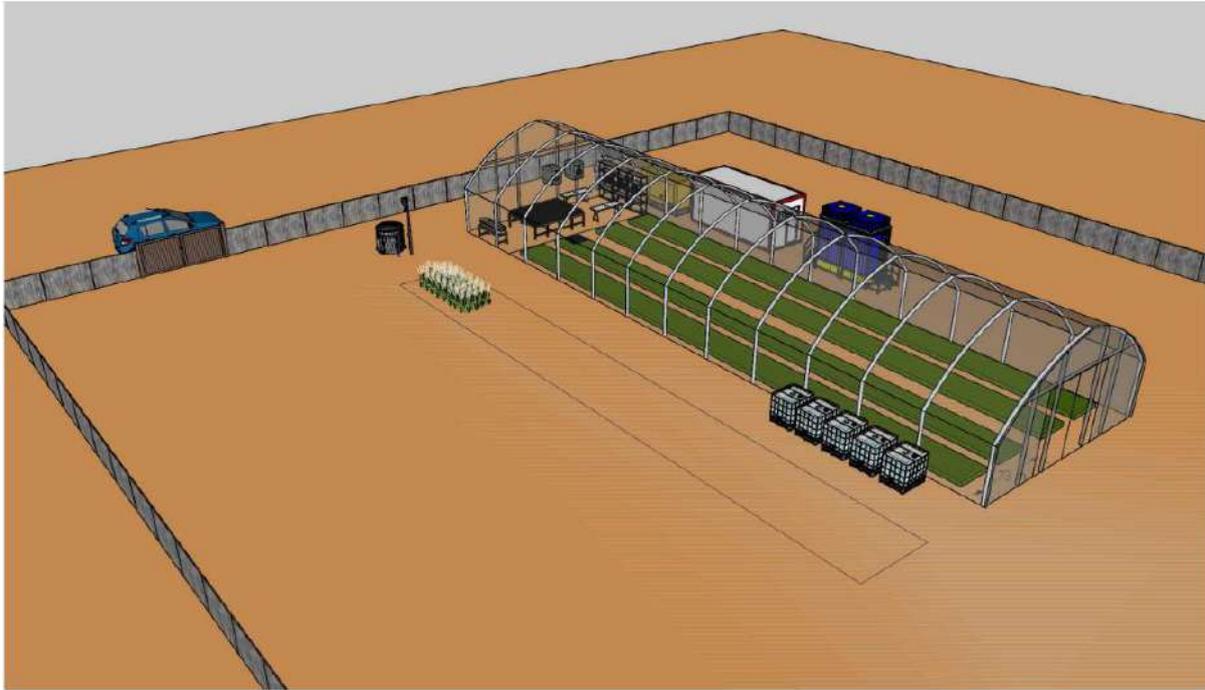


Illustration 53 : Proposition d'une vue générale de la disposition de la serre.

3.2.3 Conditions climatiques de la serre

Les conditions climatiques d'une serre sont classées en 3 catégories :

- La serre froide met les plantes peu frileuses hors gel et les protège de la pluie ou de la grêle. Elle n'est pas chauffée mais a une fonction d'hivernage jusqu'à l'arrivée du printemps.
- La serre tempérée nécessitera d'être chauffée jusqu'à 18°C pour encourager l'enracinement de boutures, préparer les semis de printemps et hiverner les plantules frileux et fragiles. Un chauffage est donc nécessaire pour maintenir cette température intérieure.
- Enfin, pour cultiver ou entretenir des plantes rares et tropicales, il est obligatoire de recréer les conditions atmosphériques de leur bien-être, c'est-à-dire une température constante entre 18°C et 26°C et un taux d'humidité élevé. On appelle ce type de serres, les serres tropicales.

Les deux saisons pour les cultures sont envisagées à l'automne et au printemps. Le climat méditerranéen est à ces époques globalement doux et tempéré. La chaleur accumulée en journée est restituée durant la nuit. Pourtant certaines nuits peuvent être particulièrement fraîches et nécessiteraient d'injecter de la chaleur dans la serre.

Il conviendra ainsi pour le projet de se situer entre la serre froide et la serre tempérée, avec une serre semi-tempérée (injection ponctuelle de chaleur en cas de besoin).

De fait, il est nécessaire de maintenir une certaine température dans la serre pour permettre d'activer la germination. Par exemple, la température influence significativement ce phénomène chez l'oyat puisqu'il s'effectue d'une manière optimale à des températures comprises entre 15 et 20°C. La germination demeure possible au-delà de 20°C mais le pourcentage commence à diminuer au fur et à mesure que la température augmente et dépasse 25°C jusqu'à s'annuler à partir de 40°C. Tandis que le froid bloque la germination. Pour information, nous pouvons classer les caryopses de



l'oyat parmi les semences thermo-dormantes, selon la classification de COME (1970), semences qui ne germent pas à des températures supérieures à 35°C.

3.2.4 Le générateur d'air ou l'aérotherme

Le générateur d'air chaud et l'aérotherme sont les deux principaux systèmes adaptés au chauffage d'une serre. L'aérotherme fonctionnant avec un système aéraulique, son investissement est plus important et la complexité de l'installation plus grande. Compte tenu du faible apport nécessaire estimé cette dernière solution peut être écartée en première approche.

Un système de ventilation présent sous la serre est indispensable pour éviter les contaminations aux champignons. Les plantes cultivées en godets y sont plus exposées, et le taux d'humidité élevé (et nécessaire) sous la serre facilite leur apparition et leur développement. L'air doit donc être brassé pour se protéger contre ce phénomène (Filippi, 2007 et Ley Vega de Seoane et al, 2012)



Illustration 54 : Proposition d'installation d'aérotherme au sein de la serre.

3.2.5 Le thermitube ou la serre bioclimatique

Le thermitube est constitué d'une gaine souple de couleur noire remplie d'eau. Ces gaines sont placées entre les rangs de culture.

Durant la journée, par rayonnement direct d'une part et par convection d'autre part, l'énergie solaire est stockée dans les tubes. Cette énergie est ensuite restituée la nuit, ou lors de séquences nuageuses, par convection pour chauffer l'air de la serre et par rayonnement pour chauffer directement les plants. Ce système chauffe aussi par conduction le sol.

Il permet de gagner en précocité, d'allonger la saison automnale et d'augmenter les rendements sans aucun chauffage. Cela permet aussi de conserver la serre hors gel.





Illustration 55 : Exemple de déploiement du système thermitube.

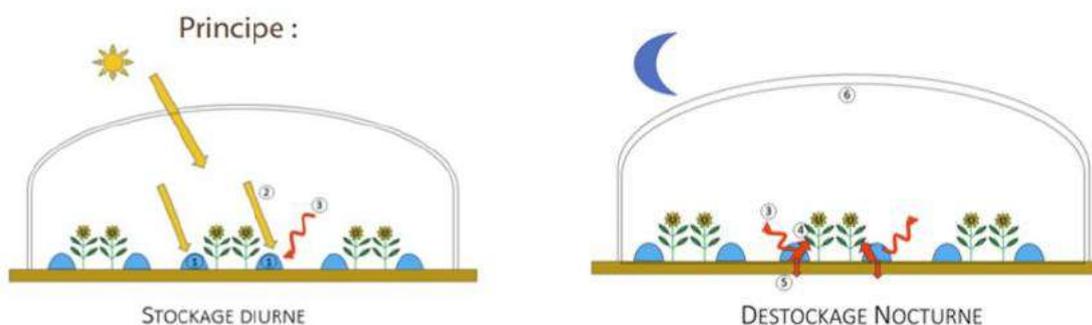


Illustration 56 : Principe du fonctionnement du thermitube, stockant la chaleur en journée...

Illustration 57 : ... Et restituant cette énergie lors des périodes plus fraîches.

La serre bioclimatique utilisera le même principe que le thermitube mais en employant pour le stockage un matériau dit « lourd » (pisé, pierre, adobe, parpaings).

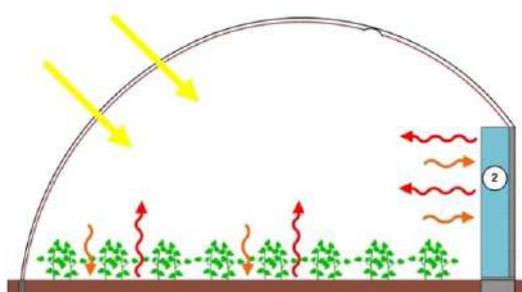


Illustration 58 : Exemple de déploiement du système thermitube à l'aide de matériaux lourds.

Sur ce poste une étude thermique devra permettre de valider le choix définitif de la technique à mettre en œuvre.



A ce stade le coût de l'installation peut être estimé autour de 15 000 € pour des générateurs d'air chaud, 20 000 € pour la technique du thermitube et jusqu'à 30 000 € pour un système bioclimatique (suivant la technique employée).

Les esquisses du projet présentent le système de générateurs d'air chaud, qui sont nécessaires et complémentaires à la solution thermitude.

3.3 Approche sur les eaux d'arrosage ; ressource et volumes

S'il est difficile d'établir un chiffre précis quant au volume d'eau à engager pour le développement des plants sous serre, plusieurs sources laissent à penser qu'entre 0,3 à 0,5 litres d'eau par semaine, (pour la période située entre mai et septembre) permettent d'avoir un développement racinaire optimal (Filippi, 2007).

Soit pour 100 000 plants, 50 m³ d'eau au maximum, hebdomadairement. A titre de comparaison le maïs, qui est gourmand en eau, nécessite, par irrigation, 1 000 à 3 000 m³ d'eau par an et par hectare.

Plusieurs scénarios pour la ressource en eau sont envisageables : le forage, la prise d'eau, le stockage.

3.3.1 Le forage

La destination du projet étant à priori à proximité immédiate du littoral la mise en place d'un forage peut paraître pertinente. Néanmoins, la mise en place de cette option entraînera diverses contraintes qu'il convient d'appréhender, en particulier :

- Les prescriptions techniques applicables notamment sur l'aspect intrusif par rapport au milieu de l'ouvrage : cimentation de l'espace annulaire, protection de la tête, margelle de propreté, etc. ;
- La réglementation pour réaliser un forage (code minier, loi sur l'eau, procédures de déclaration et d'autorisation) ;
- Les critères d'implantation : éloignement à 35 m de toute source potentielle de pollution.
- Les préconisations au cours de la réalisation du forage, en cours d'exploitation ainsi que si nécessaire la procédure d'abandon.

Par ailleurs compte tenu de la localisation probable près de la mer pour le projet, le « biseau salé » doit être correctement appréhendé.

Sur le littoral, le niveau de référence hydraulique est le « zéro maritime ». L'eau salée de la mer est plus dense que l'eau douce. Cette dernière « flotte » sur la première et la limite entre les deux milieux, l'interface, prend un profil en biseau : appelé « biseau salé ». A noter que l'eau salée pénètre sous le continent sur une distance variable d'un secteur à l'autre et peut dépasser le kilomètre.



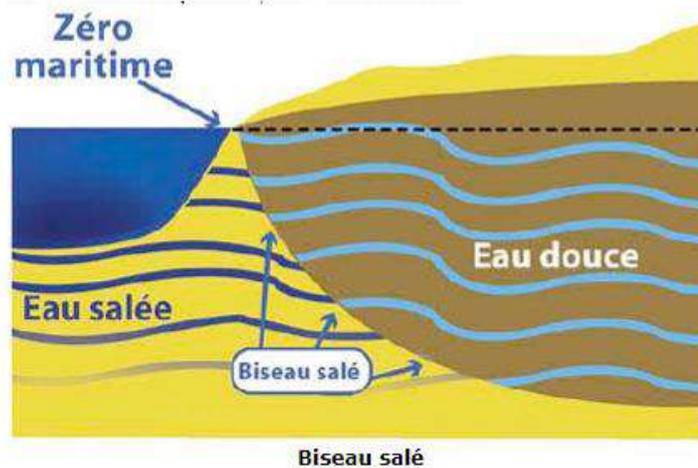


Illustration 59 : Illustration du "biseau salé".

Lors de la réalisation d'un forage, il ne faut jamais traverser ce biseau salé car cela provoque la remontée de l'eau salée dans l'eau douce et une pollution à long terme de celle-ci.

Ainsi, l'existence du biseau salé restreint singulièrement les possibilités d'exploitation d'un forage car les prélèvements d'eau doivent rester dans la lentille d'eau douce.

En première approche, la mise en place d'un forage ne semble pas évidente (techniquement, administrativement et financièrement). C'est en fonction de la localisation du site définitif de l'opération qu'une étude précise pourra permettre de confirmer ou d'infirmer l'opportunité de la mise en place d'un forage.



Illustration 60 : Exemple de disposition d'un forage pour le fonctionnement de la pépinière.



3.3.2 La prise d'eau

Suivant l'implantation du projet, il peut être commode et peu onéreux d'y installer une prise d'eau (fleuve, roubine d'eau, canal d'irrigation, etc.).

Le réseau hydraulique régional s'étend en Occitanie sur près de 250 communes et dispose d'environ 100 km de canaux et 12 500 bornes pour l'eau agricole.

Le prix de l'eau d'irrigation varie selon la région, sous l'effet de la variabilité des besoins en eau des cultures, en fonction du mode d'organisation des irrigants et du mode d'irrigation (gravitaire ou sous pression).

La Compagnie d'Aménagement du Bas Rhône et du Languedoc (BRL) établit un prix en fonction de la demande principalement tournée vers les agriculteurs (qui représentent environ 70% des volumes consommés). Cette tarification est de type binôme (redevance de débit + redevance de volume). Au-delà des écarts de prix importants, les ordres de grandeurs pour l'irrigation agricole sont les suivants :

	Tarif
Redevance de débit en €/(m ³ /h)	47,09
Redevance de volume en €/m ³	0,075
Consommation de référence en m ³ /ha	3000
Prix unitaire de référence en €/m ³	0,15

Illustration 61 : Tarification de l'eau de BRL pour l'irrigation agricole.

3.3.3 Le stockage

Le stockage semble à première vue le moyen le plus simple et disposant du meilleur rapport qualité-prix pour disposer d'eau.

Le remplissage se faisant soit naturellement par la récupération des eaux de pluie, soit par pompage via une prise d'eau, soit exceptionnellement par avitaillement de camions spécialisés. Dès lors la capacité de stockage est facilement modulable et peut aller de modeste à très importante : une cuve armée de 1 000 L coûte, à sa construction, environ 1000 € TTC.

Quel que soit le système d'approvisionnement en eau retenu, disposer à minima d'une récupération et d'un stockage pour les eaux de pluie semble opportun.

En conclusion sur ce poste, une étude à partir du critère prépondérant du site retenu devra permettre de confirmer / infirmer les différentes hypothèses.





Illustration 62 : Proposition de stockage possible pour la pépinière.

3.3.4 Distribution de l'eau

L'arrosage sera un élément essentiel dans la gestion de la serre.

Trois techniques cohabitent, et compte tenu des volumes en jeu, la distribution de l'eau sera quelque soit la technique utilisée, automatisée et programmée :

- La brumisation : diffusion d'un brouillard, permet le rafraichissement de la serre.
- L'aspersion : l'eau est aspergée grâce à des pendulaires qui diffusent l'eau jusqu'aux asperseurs réglables. Une fine pluie est alors diffusée sur l'ensemble de la zone à arroser.
- Le goutte à goutte : système le plus couramment utilisé, où un arrosage quasi-constant est possible, ce qui évite le tassement du substrat et sa saturation. L'arrosage se fait aussi à température ambiante donc sans choc thermique.

L'arrosage par aspersion est très utile au stade de la germination : la plantule n'a pas encore de racine et va pouvoir se « nourrir » grâce à ses feuilles en attendant que son système racinaire se développe. Attention tout de même, en obtenant un taux d'humidité très élevé, l'air doit être brassé pour éviter le développement de maladies cryptogamiques (champignons).

L'irrigation au goutte à goutte est reconnue pour être la méthode d'irrigation la plus performante, puisque l'eau est directement située près du système racinaire, et durable avec 95-100% d'efficacité d'utilisation de l'eau, réduisant fortement l'évapotranspiration. C'est par ailleurs l'investissement le moins onéreux, estimé à 5 000 € dans le projet. Néanmoins, il conditionne la plante à recevoir un arrosage régulier et à un endroit précis : la plante est alors relativement mal habituée à la sécheresse et son système racinaire se développe au point d'où vient l'eau.

Pour éviter ses désagréments, il convient, lorsque la plante est cultivée en pleine terre, de faire un arrosage estival important mais rare en plantant les végétaux dans de larges cuvettes pouvant contenir 20 litres d'eau (60 cm de diamètre sur 20 cm de profondeur). Se faisant, l'eau s'infiltr



verticalement et encourage la plante à développer son système racinaire en profondeur. En arrosant peu souvent la plante expérimente la sécheresse, lutte pour sa survie et développe encore plus ses racines ce qui la rend plus résistante aux périodes sèches. En cas d'utilisation d'un système d'arrosage en goutte à goutte, il faudra veiller à arroser en profondeur et à espacer les arrosages (Filippi, 2007).

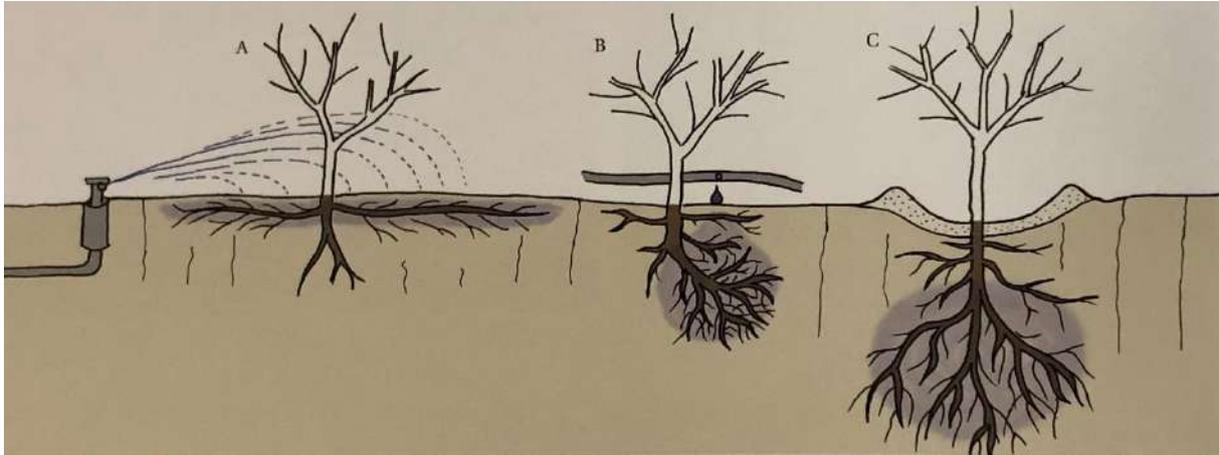


Illustration 63 : Schéma des différents développements racinaires selon les modes d'arrosage. A gauche, un arrosage par aspersion, au centre un arrosage au goutte à goutte, à droite un arrosage important et espacé pour permettre à l'eau de s'infiltrer en profondeur. (Image : Filippi, 2007).

3.4 Réseaux secs et réseaux humides

3.4.1 Distribution d'électricité

Compte tenu de la localisation probable du projet la mise en place d'un point de comptage pérenne n'est pas à envisagé dans un premier temps, mais cela restera à préciser en fonction des sites retenus.

Un groupe électrogène (monophasé 230V 50Hz, d'une puissance de 8KVA) devrait suffire à répondre aux différents besoins. Une attention devra être portée sur l'insonorisation du matériel.

Le coût de ce dernier est estimé à 7 500 € TTC (sécurisation anti-vandalisme à prévoir).

3.4.2 Télécommunications

Sans objet (le réseau 3G/4G) suffit à répondre aux besoins très limités (appel d'urgence).

3.4.3 Eau usée et eau potable

Compte tenu de la localisation probable du projet seule une installation autonome et mobile semble pertinente.

Cette installation devra intégrer, pour respecter dans ces conditions minimales le code du travail, des sanitaires, des vestiaires, des douches, un espace repos, un espace bureau.

Le coût estimé pour une année de location des locaux est estimé à 20 000 € TTC. Le coût serait de 100 000 € TTC environ si l'on décidait d'acheter des modules.

Ce prix comprend 3 espaces distincts :

- 1 ensemble composé d'un sanitaire H, d'un sanitaire F, d'une douche H et d'une douche F ;
- 1 bungalow vestiaires ;
- 1 bungalow bureau.



L'alimentation et l'évacuation des eaux pourraient être stockées.

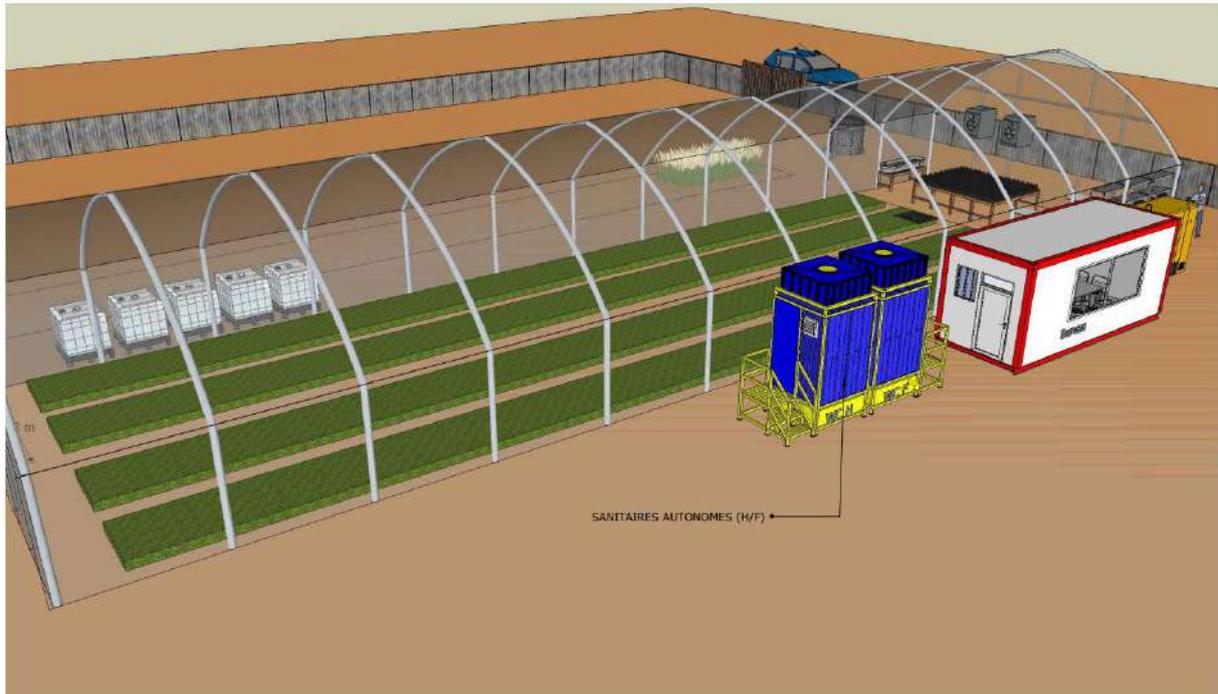


Illustration 64 : Exemple de bâtiments envisageables sur la pépinière.

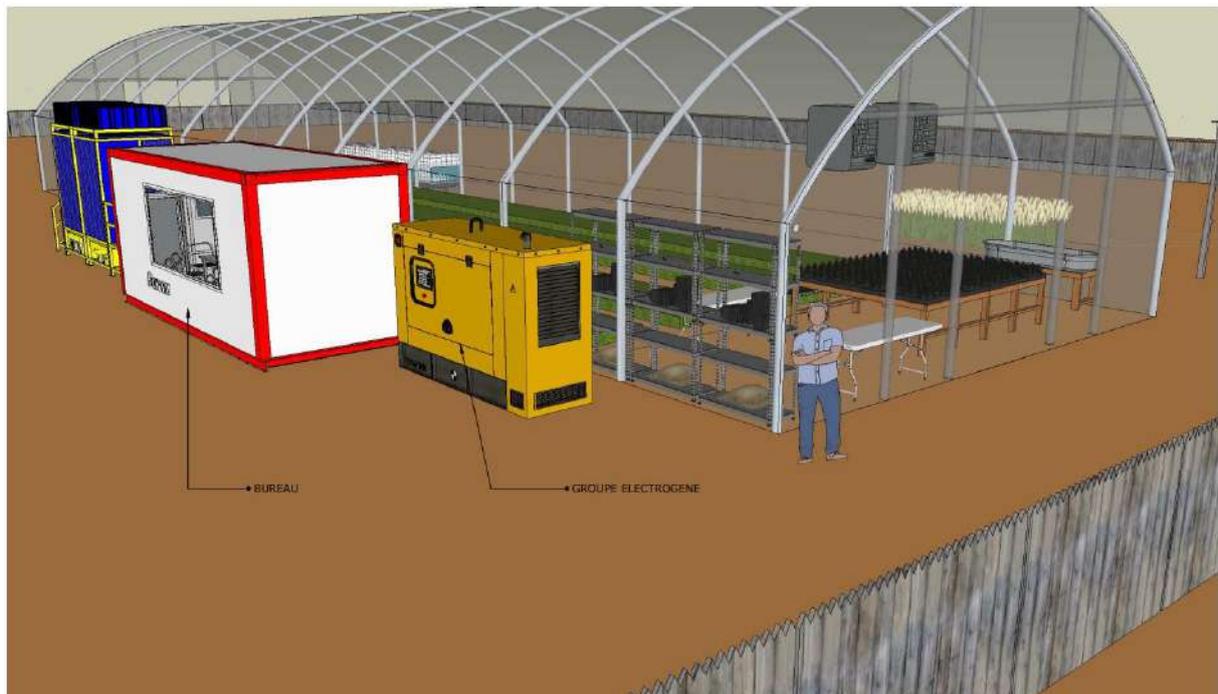


Illustration 65 : Exemples d'installations possibles sur le site de la pépinière.



3.5 Processus de plantation

3.5.1 Culture par semis

La reproduction sexuée des plantes passe par la dispersion des graines qu'elles produisent de façon naturelle. Dans le cas d'une culture par semis, on récolte ces graines pour les planter en pépinière ou en extérieur.

Cette méthode permet la formation de nouvelles combinaisons génétiques et favorise ainsi une amélioration des adaptations naturelles de la plante à son environnement. On obtient par ce procédé des plantes plus vigoureuses.

L'inconvénient c'est qu'il faut attendre la bonne période pour récolter les graines et qu'elles requièrent tout un processus d'opérations lié à leur conservation en banque de graine ou en magasinage.

Semer la graine implique qu'on l'enterre ce qui veut dire qu'il faut veiller à ce que ce ne soit pas trop profond, ce qui rendrait la germination beaucoup plus laborieuse ; ni pas assez profond car en raison du vent et de la fluidité des particules de sable, les graines risqueraient de s'envoler.

Pour les graines de plantes dunaires, il peut être intéressant de laver les graines dans de l'eau douce et froide pendant 2 heures (Ungar, 1991)⁴⁶ de manière à éliminer le sel des graines et améliorer la germination. La germination des graines dans le substrat est beaucoup plus optimale si les graines sont enterrées entre 0,5 cm et 1 cm que si elles sont enterrées entre 2 et 3 cm

Mélange du substrat : un mélange terreau (25 %) / sable (75%) doit être appliqué aux semis, cela permet d'apporter la richesse organique nécessaire aux besoins nutritifs des futures plantes. Comme la terre végétale est mélangée à du sable, et pour que le drainage du mélange ne soit pas trop élevé, la pierrosité doit être nulle et aucun élément grossier de diamètre supérieur à 2 mm ne doit être présent.

Pour l'arrosage des semis, il est important d'utiliser un pulvérisateur à ajutage fin produisant presque un brouillard de manière à éviter de déplacer ou d'emporter les graines fines.

3.5.2 Culture par clonage :

C'est un procédé de reproduction asexué par lequel un ascendant unique donne des descendants génétiquement identiques, il n'y a pas de diversité de gènes ce qui rend la plante beaucoup moins apte à s'adapter aux multiples changements de situations qui lui seront présentées. L'évolution de l'espèce est ainsi bloquée.

C'est la méthode qui donne le plus de rendements car les cultures cloniques sont très homogènes, leur maniement est plus facile du fait des nombreuses interventions humaines ce qui donne une meilleure productivité.

Toutefois, ce mode de culture est à bannir des projets de restaurations et de végétalisation des cordons dunaires où il s'agit de réintroduire des populations de plantes dunaires avec une diversité génétique suffisante, un procédé naturel et une capacité d'adaptation aux événements extérieurs du milieu littoral.

⁴⁶ Ungar a montré que la plupart des graines d'espèces tolérantes au sel, germent mieux dans l'eau douce.



3.5.3 Culture par stumps :

C'est un mode de reproduction asexué dit végétatif où la plante donne naissance à de nouvelles pousses, par multiplication végétative, non pas grâce à ses organes sexuels mais par d'autres organes telles que les racines, la tige ou les feuilles.

C'est un processus naturel bien connu des plantes dunaires en raison du milieu aride et difficile où elles sont amenées à se développer mais qui a l'inconvénient de ne pas favoriser la diversité génétique des espèces dunaires.

C'est pour cela que des prélèvements de boutures seraient effectués à divers points distants afin de favoriser la diversité génétique.

L'oyat, par ses rhizomes, est le candidat idéal pour ce type de reproduction

En effet, toutes les plantes dunaires utilisés dans les programmes de plantation ne sont pas produites à partir de semences. L'oyat par la volatilité et la finesse de ses graines est une essence dont la multiplication par semences est difficile (même si la technique de semis est maîtrisée). Par ailleurs la jeune pousse est très fine et ne résiste ni au déchaussement, ni à la sécheresse, ni à un ensablement important. En utilisant la reproduction végétative, on obtient ainsi des stumps (partie racinaire, en l'occurrence pour l'Oyat ce sont des rhizomes). Le terme "stump" peut s'appliquer aux produits de pépinière d'espèces comme l'oyat qui ont subi un habillage sévère des racines et un rabattage non moins sévère de la pousse. On rabat en général la pousse à 10 centimètres et la racine à environ 22 centimètres. La plantation de stumps convient aussi pour les espèces à racine pivotante dominante. Pour des plantes repiquées et cultivées en pépinière, le début du printemps est une bonne période : les plantes sont ainsi prêtes à être transplantées en milieu naturel en automne.

En effet ces plantes dites édificatrices de dunes sont souvent utilisées dans les plantations de stabilisation ou cicatrization des dunes. On les couvre en général de sacs humides ou de couches de larges feuilles pendant le transport jusqu'au site de plantation. La meilleure période de transplantation est la fin de l'automne (période de repos végétatif) : les chaleurs de l'été sont passées, la pluviométrie est plus importante, et l'hiver et le printemps permettent à la plante de se préparer pour affronter l'été (climat méditerranéen). Il est important de bien tasser le sable (par exemple avec les pieds) autour du plant afin d'éliminer les poches d'air qui pourraient assécher le plant.

Deux graminées omniprésentes sur les littoraux dunaires européens : l'oyat (*Ammophila arenaria*) et l'agropyron ou chiendent des sables (*Agropyron juceum, syn Elytrigia juncea ou Elymus farctus*) sont les candidats à ces cultures par stumps.

Du fait de sa position sur la partie des avant-dunes de la plage, l'agropyron est beaucoup plus tolérant au sel que l'oyat qui se développe plus sur la dune blanche.

Pour mémoire ces deux espèces vivent naturellement dans un sol pauvre en matière organique (le sable), ce dernier contient aussi très peu d'azote et de phosphore. Néanmoins il est en principe riche en calcium (débris de coquillages), potassium et magnésium. Si, à termes, tel n'était pas le cas, il faudrait y remédier. Il faut aussi savoir que ces fertilisants peuvent être utilisés pour offrir un surplus d'éléments organiques pour aider à mieux supporter le stress de la transplantation et ainsi augmenter les chances de survie des nouveaux plants. A titre d'exemple il faut savoir que la zostère marine (celle par exemple présente dans l'étang de Thau et qui s'échoue naturellement sur les



plages) constitue un excellent fertilisant pour les plantations d'ammophile. Il faut être extrêmement prudent lorsqu'on utilise des fertilisants du commerce. Un emploi exagéré peut créer un besoin accru en eau. Ce supplément en nutriments peut également développer une dépendance et la plante pourrait avoir de la difficulté à se réadapter à des conditions normales. Concernant tous ces fertilisants, ils doivent être épandus à l'avance, au moins quelques mois avant le début des plantations.

Il ne faut jamais arroser avec de l'eau salée. Même si l'ammophile supporte les embruns et est parfois inondée de façon intermittente par l'eau de mer, elle tolère très mal l'eau salée.

Enfin, il est possible de placer un paillage à plat (broussailles) entre les plants d'ammophile pour aider à maintenir une température fraîche au sol et prévenir des pertes d'humidité.

3.5.4 Désherbage

Les mauvaises herbes consomment de l'eau et des nutriments du sol. En outre, elles bloquent la circulation d'air et peuvent abriter des insectes et des organismes pathogènes. Lorsqu'on laisse les mauvaises herbes pousser dans les planches de semis, les plants produits sont de mauvaise qualité ; il faut donc éliminer la concurrence des mauvaises herbes.

Les apports d'amendements minéraux basiques ont lieu le plus souvent en surface avec enfouissement dans la couche superficielle du sol en place.

Pour ce type de produit, les doses d'apport se raisonnent en fonction du nombre d'unités de pH à corriger et de la teneur en matière organique. A titre d'exemple, pour le cas particulier de la craie broyée, les quantités moyennes nécessaires pour relever d'une unité la valeur de pH sont de l'ordre de 3 à 4 tonnes/ha pour une terre sableuse légère. Dans le cas où le calcaire broyé serait remplacé par de la chaux vive, les doses à apporter doivent être divisées par deux.

3.5.5 Choix des espèces à cultiver

Sur toutes les pépinières, les espèces cultivées en priorités sont celles dites « édificatrices ». Ces plantes ont la particularité de permettre une stabilisation importante des sédiments, et vont être particulièrement actives dans le processus de consolidation dunaire. Ce sont les espèces sur lesquelles la culture en pépinière doit se concentrer (Ley Vega de Seoane et al, 2012).

En Occitanie, les espèces édificatrices sont l'oyat (*Ammophila arenaria*) et le chiendent des sables (*Elymus farctus*).

La gamme d'espèces produites doit s'élargir vers des espèces dites « accompagnatrices », et autres plantes typiques des dunes du littoral d'Occitanie, qui permettent de mettre en place des opérations plus intéressantes d'un point de vue écologique.

Parmi ces espèces, le travail sur les pépinières a permis de rassembler assez d'informations pour réaliser des fiches espèces sur 8 plantes pour lesquels des expériences de culture en pépinière ont déjà été produites sous climat méditerranéen : *Ammophila arenaria*, *Elymus farctus*, *Eryngium maritimum*, *Echinophora spinosa*, *Euphorbia paralias*, *Medicago marina*, *Calystegia maritima*, *Otanthus maritimus*.

Notons que certaines espèces jouent un rôle particulièrement important dans le maintien des pollinisateurs sur les sites, notamment : *Medicago marina*, *Calystegia maritima*, et *Echinophora spinosa* (Valdesolo et al, 2022). Les fiches espèces sont à retrouver en annexes (Annexes 3).



Conclusion

La restauration des milieux dunaires nécessite la mise en place d'actions individuelles et collectives car ces habitats, essentiels à la qualité de vie, font partie du patrimoine de la Méditerranée : l'importance des dunes littorales et de leur état de santé n'étant plus à démontrer.

En Occitanie, les opérations de revégétalisation dunaire ne sont pas une nouveauté, et cela fait plus d'une décennie que cette pratique est encouragée par les opérateurs publics. Néanmoins, ces prochaines années, le littoral sera confronté à de nouveaux défis dont l'ampleur impose d'anticiper dès aujourd'hui les réponses à apporter.

L'organisation de la recomposition spatiale du littoral, ainsi que l'orientation des pouvoirs publics vers des solutions de gestion douce, impliquent une nécessaire augmentation des chantiers de renaturation dans le futur.

Aujourd'hui, la région n'est pas équipée d'outils qui permettent d'effectuer ces opérations de façon régulières et satisfaisantes. Les chantiers menés avec succès sont possibles, mais le contexte opérationnel est dissuasif : les travaux sont onéreux et les techniques employées ne sont pas satisfaisantes. Maintenir cette situation risque de poser des problèmes insolubles aux acteurs locaux, confrontés aux limites de leur capacité à agir et ne pouvant s'inscrire dans une dynamique autre que celle de subir les évolutions du littoral.

A l'étranger, certains pays ont fait le choix d'installer des pépinières spécialisées dans la production de plantes littorales (Illustration 66).

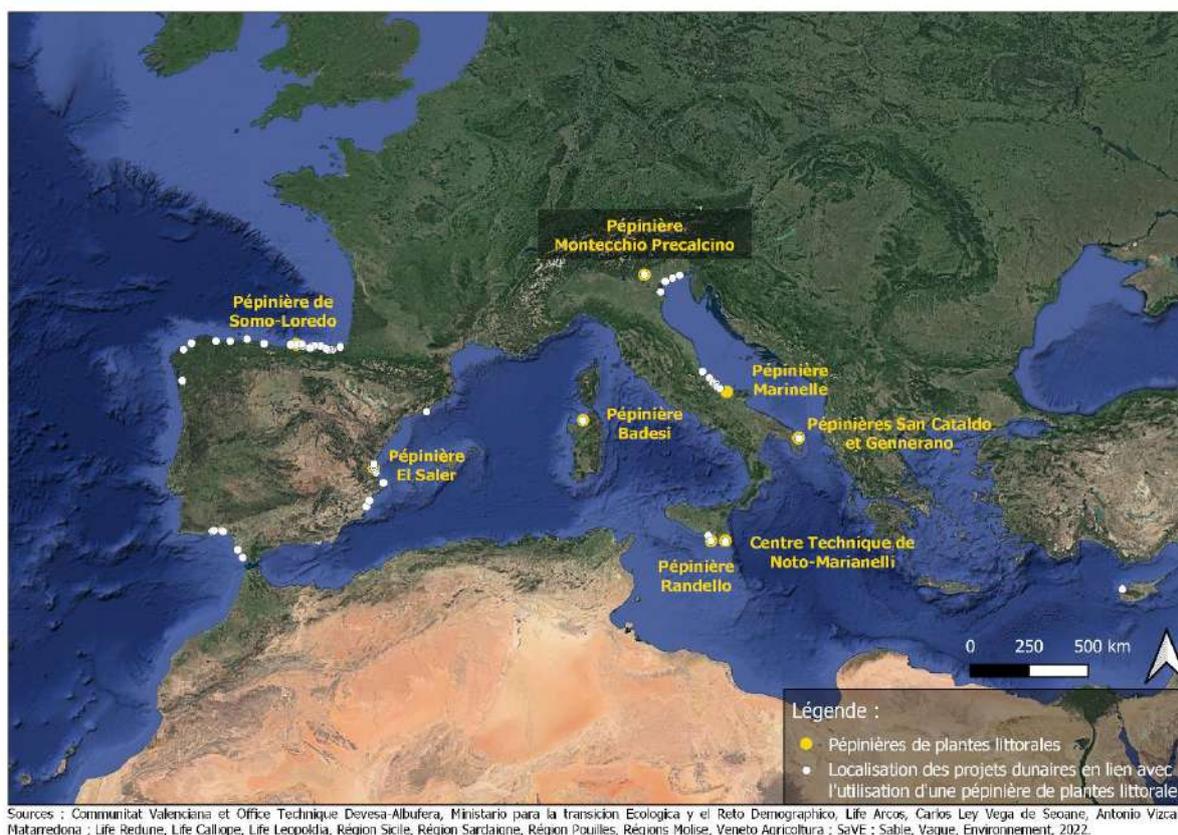


Illustration 66 : Carte des pépinières de plantes littorales et de leurs zones d'action.



En Espagne et en Italie, les pépinières ont déjà permis d'intervenir sur d'importantes portions du littoral. Ces opérations sont facilitées par des prix attractifs, des techniques adaptées à la spécificité de ce type de culture, et par le large panel d'interventions possibles (consolidation dunaire, conservation d'espèces patrimoniales, aménagements paysagers, etc.).

Pour ces raisons, la pépinière de plantes littorales est un dispositif nécessaire pour reconstituer l'intégrité et la bonne santé des massifs dunaires régionaux, tant sur l'aspect paysager typique de ces milieux que sur l'aspect des fonctionnalités écologiques dynamiques. La restauration écologique des milieux dunaires, notamment par la revégétalisation permettrait également de réduire la prégnance des espèces invasives et de redonner au milieu sa résilience naturelle. Des études récentes, menées dans le golfe de Cadix en Espagne (Gallego-Fernández, J.B. et al, 2020), montrent que les plantes natives des habitats dunaires ont une capacité à reconquérir leur habitat naturel rapidement après une tempête destructrice alors que des espèces invasives n'ont pas cette capacité et n'aident pas la dune à cicatriser et à se régénérer. Par ailleurs, d'autres études (Gornish et Miller, 2010) précisent le nom des plantes dunaires les plus résilientes face à la montée du niveau de la mer : là encore la pépinière est une des réponses à cette nécessaire adaptation.

Il nous apparaît donc nécessaire de doter la région Occitanie d'un tel outil : « pépinière de plantes dunaires », afin d'offrir de nouvelles perspectives d'aménagement du littoral.

Les éléments de cette étude ne suffisent pas à concrétiser un tel projet : il reste à affiner les scénarios d'installation, en étudiant les adaptations nécessaires à chaque lieu potentiel pour la mise en place de la pépinière (identifier les coûts précis et les choix techniques associés, notamment sur les réseaux, les problématiques de l'eau, et les règles d'urbanisme). Aussi, des questions subsistent sur la pertinence de jumeler à cette pépinière un centre d'interprétation, afin d'associer davantage la population à la conservation des espaces délicats que sont les habitats dunaires.



Illustration 67 : Représentation générale de ce à quoi pourrait ressembler une pépinière de plantes littorales en Occitanie.



Bibliographie

Atelier EUCC-Atlantique, ArcosLife, Ecologia Littoral, 2017. Dunes de Cantabrie, Liencres-Somo, 25 et 26 avril 2017.

Comité français de l'UICN, 2020. La Liste Rouge des Écosystèmes en France - Chapitre littoraux méditerranéens de France métropolitaine, Vol 1 : dunes côtières et rivages sableux, Rapport technique, Paris, France, 181 pages.

Cottaz C., Dao J. & Hamon M., 2021. Liste de référence des plantes exotiques envahissantes de la région Occitanie. Synthèse, analyses de risque et catégorisation des taxons. Document technique des CBN d'Occitanie (CBNMed et CBNPMP). 50 p + annexes

Della Bella A., Fantinato E., Scarton F., Buffa G., 2022. Mediterranean developed coasts : what future for the foredune restoration ?

De Francesco M.C., Buffa G., Del Vecchio S., Fantinato E., 2022. Manuale di Propagazione delle specie degli ambienti dunali adritici.

Diaz Gonzalez T.E., non-daté. Plantas protegidas de los sistemas dunares cantabricos.

EID-Méditerranée, 2018. Suivi de la végétation du cordon dunaire de Villeneuve-lès-Maguelone, juin 2018.

Fantinato E., 2019. The impact of (mass) tourism on coastal dune pollination networks.

Fantinato E., Del Vecchio S., Silan G., Buffa G., 2018. Pollination networks along the sea-inland gradient reveal landscape patterns of keystone plant species.

Favennec J (Coor). Connaissance et gestion durable des dunes de la côte Atlantique. Manuel récapitulatif les enseignements du projet européen Life-Environnement de « Réhabilitation et gestion durable de quatre dunes françaises ». ONF, Les dossiers forestiers n°11, 2002.

Filippi O. Pour un jardin sans arrosage. Editions Actes Sud Nature, hors collection, 2007.

Filippi O., Aronson J., 2010. Plantes invasives en région méditerranéenne : quelles restrictions d'utilisation préconiser pour les jardins et les espaces verts ? *Ecologia Mediterranea*, 36 (2) : 31-54.

Gallego-Fernández J.B., Morales-Sánchez J.A., Martínez M.L., García-Franco J.G., and Zunzunegui M., 2020. Recovery of beach-foredune vegetation after disturbance by storms. *In: Malvárez, G. and Navas, F. (eds.), Global Coastal Issues of 2020. Journal of Coastal Research, Special Issue No. 95*, pp. 34–38. Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.

Gomez-Pina G., Munoz-Pérez J., Ley Vega de Seoane C., 2002. Sand dune management problems and techniques, Spain. *Journal of Coastal Research*.

Gornish, E.S. and Miller T.E., 2010. Effects of storm frequency on dune vegetation. *Global Change Biology*, 16: 2668–75.

Gouguet L (Dir). Guide de gestion des dunes et des plages associées. Editions Quae, 2018.

Gómez-Pina G., Muñoz-Pérez J.J., Ramírez J.L., Ley Vega de Seoane C., 2002. Sand dune management problems and techniques, Spain. *Journal of Coastal Research, Special Issue No. 36*. Northern Ireland, ISSN 0749-0208.



Kimberley O.M., 1999. Rehabilitation of coastal foredunes in New Zealand using indigenous sand-binding species.

Larroque B, Favennec J (dir). Guide de la flore du littoral sableux méditerranéen de la Camargue au Roussillon. Editions Sud-Ouest, 2016

Ley Vega de Seoane C., Favennec J., Gallego-Fernandez Bautista J., Vida C.P. (dir). Conservation des dunes côtières. Restauration et gestion durable Méditerranée occidentale. UICN, Gland, Suisse et Malaga, Espagne, 2012.

LIFE11 NAT/IT/000232, Final Report Covering the projet activities from 01/10/2012 to 30/04/2016. Life Leopoldia, Layman's report, 2016. <https://www.leopoldia.eu/>

LIFE13 NAT/ES/000883 LIFE-ARCOS, Informe de protocolos de cultivo de especies dunares cantábricas para su uso en restauración dentro del proyecto Life+ARCOS. Culture protocols for endangered and threatened plant species of Atlantic coastal dunes.

LIFE16 NAT/IT/000589, Report Covering the projet activities from 09/2017 to 03/2022. Life Redune, Layman's report, 2022. *Restoration of dune habitats in Natura 2000 sites of the Veneto coast.*

Munoz-Perez J.J., Ley Vega de Seoane C., Navarro-Pons M., 2011. Métodos generales de restauracion de sistemas dunares.

Ramirez Caro J.L., Ley Vega de Seoane C., Munoz-Perez J.J., 1998. Restauracion de Ecosistemas Dunares. Littoral'98.

Redondo-Gomez S., Andrades-Morena L., Parra R., Mateos-Naranjo E., Sanchez-Lafuete A.M., 2011. Journal of arid environments p 309 à 312.

Région Languedoc-Roussillon, Schéma régional de cohérence écologique Languedoc-Roussillon, Plan d'Action Stratégique. 2016.

Région Occitanie, Stratégie régionale pour la biodiversité. 2020.

Région Sicile, Assessorato dergionale dell'Agricoltura dello sviluppo rurale e della pesca mediterranea. Dipartimento regionale dello sviluppo rurale e territoriale. Area 3 – Programmazione e innovazione. (2022) Programma regionale degli interventi selvicolturali e infrastrutturali anno 2022.

Région Sicile, Assessorato dergionale dell'Agricoltura dello sviluppo rurale e della pesca mediterranea. Dipartimento regionale dello sviluppo rurale e territoriale. (2020) Popolamenti per la raccolta del materiale di propagazione forestale e centro vivaistico regionale.

Rivière S., Provendier D., Malaval S., Sanson B., Gourvil J., Albert A., Millet J., 2022. Structuring supply chains of native plant material of wild and local provenance in France : A contribution to ecological restoration and Nature-based solutions.

Rogers S., Nash D., 2003. *The Dune Book*. NOAA, North Carolina Sea Grant, Oceanic and Atmospheric Research.

Ungar, I.A., 1991. *Ecophysiology of Vascular Halophytes*. CRC Press, Boca Ratón, FL.

Tejerina Hernandez J.L., non-daté. El vivero de plantas dunares de la Direccion General de Sostenibilidad de la Costa y del Mer en Loreda (Cantabria), como herremienta para la recuperacion de sistemas dunares.



Valdesolo T., Del Vecchio S., Buffa G., 2022. Patterns of Seed Dispersal in Coastal Dune Plant Communities.

Vizcaino Matarredona A., non-daté. La restauracion de los sistemas dunares litorales. El caso de la Devesa de la Albufera de Valencia.

http://www.horticom.com/revistasonline/cuadernos/cuadernos8/050_053.pdf

Site officiel du Parc Naturel de la Devesa-Albufera, La Gestion de l'Albufera de Valencia y su Devesa (Pdf), <http://www.albufera.com/parque/sites/default/files/descargas/gestion.pdf>

Site officiel du Parc Naturel de la Devesa-Albufera, Restauracion de las dunas litorales de la devesa de la Albufera de Valencia (Pdf),

<http://www.albufera.com/parque/sites/default/files/descargas/gestion.pdf>

Site officiel Coastlands Plant Nursery : <http://www.coastlandsnursery.co.nz/>

Site officiel Parc National de Pacific Rim :

<https://parks.canada.ca/pn-np/bc/pacificrim/nature/especies-species/abronierose-pinksandverbena>



Table des illustrations

Illustration 1 : Exemple d'opération de recomposition spatiale effectuée en Occitanie, sur le lido de Sète à Marseillan (34), avec la délocalisation d'une route et la création d'un cordon dunaire. Sur ce projet, 310 000 oyats ont été plantés.	4
Illustration 2 : Le lis maritime (<i>Pancratium maritimum</i>) à Canet-en-Roussillon (66). Espèce notamment menacée par le braconnage. (Photo : SaVE, 07/2022)	6
Illustration 3 : L'euphorbe peplis (<i>Euphorbia peplis</i>), ici à Canet-en-Roussillon (66), est une espèce protégée au niveau national dont l'habitat est menacé (haut de plage et dunes embryonnaires). (Photo : SaVE, 07/2022).	6
Illustration 4 : Les saladelles font parties des plantes patrimoniales du littoral de la région ; ici, à Frontignan (34).....	6
Illustration 5 : L'espace dunaire est une zone de nidification pour de très nombreuses espèces d'oiseaux dont certains sont protégés ; notamment le gravelot à collier interrompu (<i>Charadrius alexandrinus</i>) et les sternes naines (<i>Sternula albifrons</i>). Ici à Frontignan (34). (Photo : SaVE, 05/2022).	6
Illustration 6 : A Villeneuve-lès-Maguelone (34), la conservation du lido à l'état naturel permet d'apercevoir une faune et une flore à la valeur patrimoniale exceptionnelle. C'est un des très rares endroits de la région où la dune blanche abrite du diotis blanc (<i>Otanthus maritimus</i>), ici sous forme de coussins. L'espèce est protégée au niveau régional, et sa vulnérabilité ainsi que celle de son habitat en fait une des espèces précieuses en Occitanie. (Photo : SaVE, 01/2022).	6
Illustration 7 : Paysage typique des avant-dunes de la région, avec au premier-plan des dunes blanches à oyats (<i>Ammophila arenaria</i>) et panais épineux (<i>Echinophora spinosa</i>), et à l'arrière-plan des dunes embryonnaires à soudes brulées (<i>Salsola kali</i>), à roquettes de mer (<i>Cakile maritima</i>) et euphorbes peplis (<i>Euphorbia peplis</i>). (Photo : SaVE, 07/2022).	7
Illustration 8 : Ici, un paysage typique d'arrière-dunes, avec une grande diversité floristique où l'on reconnaît aisément la camomille maritime (<i>Anthemis maritima</i>), et la giroflée des dunes (<i>Matthiola sinuata</i>), entre-autres. (Photo : SaVE, 04/2022).....	7
Illustration 9 : Exemple du développement racinaire typique d'une plante habituée à la sécheresse. (Image : Filippi, 2007).	8
Illustration 10 : Image du chantier de revégétalisation du cordon dunaire de Fleury-d'Aude (11) au tout début du chantier en 2015. Les plantes sont installées en quinconce, dans un géotextile empêchant le développement d'indésirables et protégeant le sable nu. (Photo : Eid-Méditerranée). .	9
Illustration 11 : La même photo réalisée en 2017, soit après deux années. Les plantes sont bien installées et le couvert végétal a pu se développer dans de bonnes conditions. A gauche de l'image, les plants d'oyat ont eu une croissance particulièrement importante. (Photo : Eid-Méditerranée).	9
Illustration 12 : Le cordon dunaire de Fleury-d'Aude (11) en 2021 ; le couvert végétal est très bien développé avec une importante diversité d'espèce avec entre-autres : des immortelles (<i>Helichrysum stoechas</i>), de la camomille (<i>Anthemis maritima</i>), du lis maritime (<i>Pancratium maritimum</i>), de l'oyat (<i>Ammophila arenaria</i>), du tamaris (<i>Tamaris gallica</i>). (Photo : Eid-Méditerranée).....	10
Illustration 13 : Autre image d'un chantier de revégétalisation réussi, cette fois à Villeneuve-lès-Maguelone (34), où l'opération a permis de renaturer le chantier de délocalisation de la colonie de vacances sur les terrains du Conservatoire du Littoral. Les immortelles (<i>Helichrysum stoechas</i>) sont particulièrement bien développées. (Photo : SaVE, 04/2022).....	10



Illustration 14 : Un rond-point sur le littoral d'une commune d'Occitanie où ont été plantées cinq espèces désignées EVEC, dont trois sont inscrites dans la catégorie de risque d'invasion « Majeur » sur la Liste de référence des plantes exotiques envahissantes de la région Occitanie, à savoir : herbe de la pampa (<i>Cortaderia selloana</i>), yucca (<i>Yucca gloriosa</i>), figuier de barbarie (<i>Opuntia stricta</i>), agave américaine (<i>Agave americana</i>), et luzerne arborescente (<i>Medicago arborea</i>). (Photo : SaVE, 08/2022).	11
Illustration 15 : Espace de front de mer d'une commune littorale d'Occitanie, où la dune a été détruite par le passage d'engins municipaux. Il est évident que les employés n'ont pas conscience de la valeur écologique de cet espace et de son potentiel (notons tout de même la présence de panneaux d'informations sur les écosystèmes dunaires au niveau du bâtiment visible sur la photo). (Photo : SaVE, 08/2022).	12
Illustration 16: Exemple d'impact des EVEC à Frontignan-Plage où la végétation s'échappe d'un jardin pour coloniser le cordon dunaire. Ici, les griffes de sorcière (<i>Carpobrotus edulis</i>) se développent en éliminant les espèces autour d'elles. Le cordon dunaire devient plus vulnérable et moins résilient aux aléas environnementaux (Photo : SaVE, 03/2022).	13
Illustration 17: Illustration du mécanisme relativement classique du développement des EVEC avec, ici à Frontignan-Plage, des griffes de sorcière (<i>Carpobrotus edulis</i>) qui « étouffent » un tamaris (<i>Tamaris gallica</i>) pourtant à sa place en arrière-dune. (Photo : SaVE, 03/2022).	13
Illustration 18: Localisation des pépinières littorales espagnoles, Somo-Loredo en Cantabrie et El Saler à Valence.	14
Illustration 19 : Carte de situation de la pépinière d'El Saler.	15
Illustration 20: Vue verticale de la pépinière municipale d'El Saler, à Valence (Espagne). La pépinière est principalement constituée de structures d'aide à la germination et au développement des graines. Sur la gauche, la zone humide de la Devesa-Albufera, sur la droite la forêt de la dune boisée. (Image : ESRI Imagery).	18
Illustration 21 : Sur le lido de la pépinière, la plage de l'Albre del Gos en 1997. Le cordon dunaire est inexistant, il est remplacé sur la bande littorale par des terrains agricoles, des bâtiments de restauration de plage, et des parkings (de bas en haut). (Image : Geomap.com).	18
Illustration 22 : La même plage de l'Albre del Gos actuellement. Le secteur a été imaginé différemment avec un cordon dunaire de première ligne bien reconstitué, une piste cyclable en second rideau, et des parkings reculés en arrière-dune. Certains terrains agricoles et des bâtiments de restauration de plage subsistent. (Image : Geomap.com).	18
Illustration 23 : Carte de situation de la pépinière de Somo-Loredo en Cantabrie.	19
Illustration 24 : Vue verticale de la pépinière de Somo-Loredo. Sur la partie gauche de l'image, la plage et les dunes de Somo, et sur la partie droite, le Rio de Castanedo. (Image : ESRI Imagery).	19
Illustration 25 : Images aériennes de l'emplacement de la pépinière de Somo-Loredo, à gauche, l'image date de la période 1976-1986 tandis qu'à droite l'image représente la situation actuelle. (Image : Geomap.com).	20
Illustration 26 : Image de la pépinière où sont cultivés des oyats (<i>Ammophila arenaria</i>). Les plantes sont cultivées en sillons, un platelage en bois est installé pour faciliter les déplacements, et les piquets blancs permettent un arrosage automatique par aspersion qui convient aux plantes dunaires de la côte Atlantique espagnole. (Photo : SaVE, 07/2021).	25
Illustration 27 : A droite, Carlos Ley Vega de Seoane, directeur de la pépinière de Somo-Loredo, nous fait visiter une dune située à proximité immédiate de la pépinière sur laquelle il expérimente des techniques de transplantation d'espèces issues de la pépinière. Sont visibles essentiellement de	



l'oyat (<i>Ammophila arenaria</i>), du panicaut maritime (<i>Eryngium maritimum</i>), et du liseron des dunes (<i>Calystegia soldanella</i>). (Photo : SaVE, 07/2021).....	25
Illustration 28 : Localisation des pépinières publiques de Sicile, et des Centres Techniques Régionaux (Sources : Région Sicile).....	26
Illustration 29 : Vue aérienne du site, délimité en pointillés (image Google Earth Pro).	27
Illustration 30 : Situation de la pépinière de Randello, délimitée en blanc, et au sein de son Domaine Forestier.	28
Illustration 31 : Vue rapprochée de la pépinière de Randello. Notons les casiers de ganivelles installées sur le cordon dunaire.	29
Illustration 32 : Situation de la pépinière régionale de Randello et du Centre Technique de Noto-Marianelli, et localisation du Projet Life Leopoldia (Sources : Life Leopoldia Layman's Report).	29
Illustration 33 : Vue verticale de la pépinière régionale de Randello en Sicile. La pépinière est au centre du Domaine Forestier de Cava-Randello, sur la pointe Sud de la Sicile. A gauche de l'image, les dunes de Randello où sont visibles quelques casiers de ganivelles. (Image : ESRI Imagery).	30
Illustration 34 : Les employés de la pépinière de Randello, accompagnés de chercheurs de l'Université de Catane, récoltent des graines de plantes littorales sur les dunes de Randello afin de les multiplier en pépinière (ici de la crête marine, <i>Crithmum maritimum</i>). (Photo : Life Leopoldia, 2016).	30
Illustration 35 : Localisation de la pépinière de Montecchio Precalcino.	31
Illustration 36 : Vue verticale de la pépinière de Montecchio Precalcino, appartenant à l'agence Veneto Agricoltura du la Région Vénétie et réquisitionnée pour la production de plantes littorales. La pépinière bénéficie d'un bassin visible sur la gauche de l'image ; en bas, le bassin appartient à un complexe d'aquaculture extérieur à la pépinière. (Image : ESRI Imagery).	32
Illustration 37 : Intérieur de la pépinière de Veneto Agricoltura, ici la production de luzerne marine (<i>Medicago marina</i>), une plante typique des dunes méditerranéennes. (Photo : Life Redune, 2022). .	32
Illustration 38 : Ici, ce sont des plantules d'oyat (<i>Ammophila arenaria</i>) destinés à la restauration des cordons dunaires de Vénétie. (Photo : Life Redune, 2022).	32
Illustration 39 : Carte des pépinières de plantes littorales membres du réseau des pépinières régionales d'Italie.	33
Illustration 40 : Vue aérienne de la pépinière Marinelle, membre du réseau des pépinières régionales de Molise. Cette pépinière est située directement en arrière-dune et produit des plantes côtières et de garrigues. (Image : ESRI Imagery).	34
Illustration 41 : Vue aérienne des pépinières régionales San Cataldo (en haut de l'image) et Gennerano (en bas de l'image), dans les Pouilles. Ces deux pépinières produisent des plantes côtières et de garrigues et servent aussi de centre d'expérimentation et d'accueil du public. (Image : ESRI Imagery).	34
Illustration 42 : Vue aérienne de la pépinière régionale Badesi en Sardaigne. Cette pépinière est située en arrière-dune d'une grande plage naturelle : la plage Badesi Li Junchi. (Image : ESRI Imagery).	35
Illustration 43 : Localisation de la Coastlands Plant Nursery.	36
Illustration 44 : Vue aérienne de la Coastlands Plant Nursery, au Nord de la Nouvelle-Zélande, près de Whakatane. (Image : ESRI Imagery).	36
Illustration 45 : Les employés de la pépinière disséminent des graines de plantes dunaires locales sur un massif dunaire. (Photo : Coastlands Plant Nursery).	37



Illustration 46 : La pépinière ne cultive que des plantes dont les graines ont été récoltées sur site (soit par les employés, soient par les gestionnaires) pour conserver le patrimoine génétique des milieux. (Photo : Coastlands Plant Nursery).....	37
Illustration 47 : Vue générale d'un modèle de pépinière qui conviendrait pour la culture de plantes dunaires en Occitanie : une clôture de protection, des bureaux, une serre pour la culture en intérieur, et un terrain sableux pour la culture en pleine terre.	41
Illustration 48 : Illustration de l'agencement des plantations à l'intérieur de la serre.	41
Illustration 49 : Une zone de la pépinière doit être prévue pour la culture de plantes en extérieur. ...	42
Illustration 50 : Schéma de développement racinaire. L'image "A" illustre le développement optimal, tandis que l'image "B" présente un développement en "chignon". A droite, un exemple de développement à l'aide de godet anti-chignons. (Image : Filippi, 2007).....	43
Illustration 51 : Illustration de l'aménagement d'une zone de culture sous serre.	44
Illustration 52 : Schéma d'une serre aux dimensions proposées.....	45
Illustration 53 : Proposition d'une vue générale de la disposition de la serre.	46
Illustration 54 : Proposition d'installation d'aérotherme au sein de la serre.....	47
Illustration 55 : Exemple de déploiement du système thermitube.	48
Illustration 56 : Principe du fonctionnement du thermitube, stockant la chaleur en journée.....	48
Illustration 57 : ... Et restituant cette énergie lors des périodes plus fraîches.....	48
Illustration 58 : Exemple de déploiement du système thermitube à l'aide de matériaux lourds.	48
Illustration 59 : Illustration du "biseau salé".	50
Illustration 60 : Exemple de disposition d'un forage pour le fonctionnement de la pépinière.....	50
Illustration 61 : Tarification de l'eau de BRL pour l'irrigation agricole.....	51
Illustration 62 : Proposition de stockage possible pour la pépinière.	52
Illustration 63 : Schéma des différents développements racinaires selon les modes d'arrosage. A gauche, un arrosage par aspersion, au centre un arrosage au goutte à goutte, à droite un arrosage importante et espacé pour permettre à l'eau de s'infiltrer en profondeur. (Image : Filippi, 2007).	53
Illustration 64 : Exemple de bâtiments envisageables sur la pépinière.	54
Illustration 65 : Exemples d'installations possibles sur le site de la pépinière.....	54
Illustration 66 : Carte des pépinières de plantes littorales et de leurs zones d'action.	58
Illustration 67 : Représentation générale de ce à quoi pourrait ressembler une pépinière de plantes littorales en Occitanie.	59

Table des figures et des tableaux

Figure 1 : Coupe transversale illustrant la succession des différentes communautés végétales sur le littoral en Méditerranée (source : Eid-Méditerranée).....	5
---	---

Tableau 1 : Budget annuel alloué par la mairie de Valence pour la mission "Conservation de la végétation" du Parc Naturel de la Devesa-Albufera (Sources : Mairie de Valence/Ayuntamiento de Valencia).....	16
---	----

Tableau 2 : Production annuelle simplifiée de la pépinière d'El Saler (sources : A. Vizcaino Matarredona).....	16
--	----

Tableau 3 : Activité de la pépinière entre sur la période des contrats d'exploitation de 2012 à 2019. 22	
--	--



Tableau 4 : Destination des plantes produites par la pépinière de Somo-Loredo depuis 1990 (sources : ministère de l'Environnement espagnol - Ministerio para la transición Ecológica y el Reto Demográfico).....	23
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des productions estimées des pépinières littorales analysées.....	37
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des prix unitaires indicatifs des plantes des pépinières littorales analysées.....	38
Tableau 7 : Présentation des principales.....	42



Annexe 1 : Aspects financiers – estimation des travaux

INFRASTRUCTURE	
Poste	Coût ttc
Serre tunnel 9,5m x 32,5m (hors transport)	30 000,00 €
Transport et installation serre (montage)	3 500,00 €
Conteneurs à plants	6 000,00 €
Clôture (anti-rongeurs)	9 000,00 €
Etude de sol et ancrage	7 500,00 €
Aérothermes (2)	15 000,00 €
Eau Ressource (Investissement forage ou prise eau)	3 000,00 €
Eau Distribution (matériel (5k€) et fonctionnement)	25 000,00 €
Groupe électrogène	7 500,00 €
Carburants (Fonctionnement)	6 000 €
Base vie : bureaux sanitaire vestiaire...coût annuel	20 000,00 € /an ou 100 000 € en Investissement
Total	186 500 € en Investissement et 26 000 € en Fonctionnement à moduler selon les choix



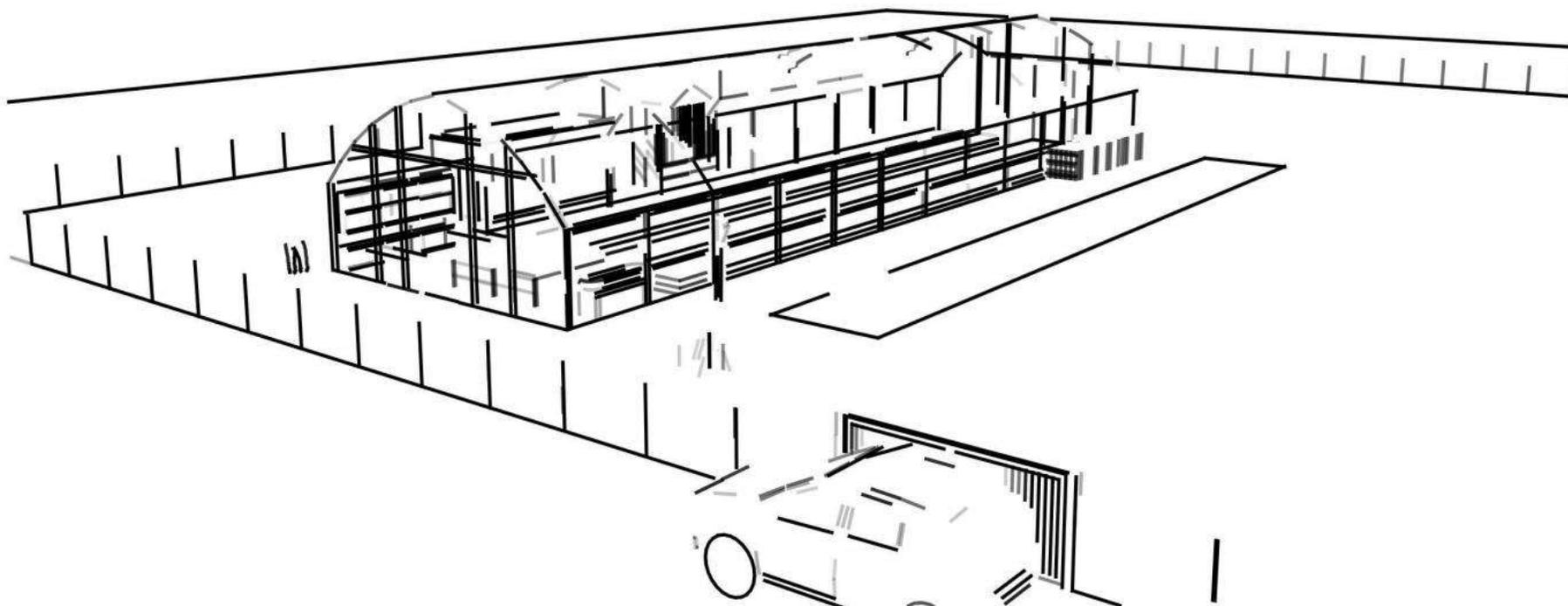
PERSONNEL	
Poste	Coût ttc (annuel)
Un responsable directeur de site	45 000,00 €
Agent jardinier (2 eqTP)	60 000,00 €
Total	105 000,00 € en Fonctionnement

MATERIEL ROULANT	
Poste	Coût ttc
Fourgon 3 places + benne	25 000,00 €
Remorque 6 m ³	7 500,00 €
Carburants et entretiens des véhicules	3000 €
Total	32 500,00 € en Investissement 3 000 € en Fonctionnement

MATERIELS SERRE ET DIVERS	
Poste	Coût ttc
Informatique	4 000,00 €
Téléphonie (smartphone)	1 000,00 €
Portatif thermique (débroussailleuse, taille-haie, etc.)	700,00 €
Outillage	7 000,00 €
Equipement diverse	3 000,00 €
Total	15 700,00 € en Investissement



Annexe 2 : Esquisses supplémentaires de la pépinière





• STOCKAGE OUTILS MATERIELS



Annexe 3 : Fiches espèces pour la culture en pépinière





Habitat : Dunes blanches et embryonnaires.

Floraison : Juin à septembre

Dispersion : Juillet à août

Récolte : Septembre

Préparation des graines : Nettoyage manuel des graines en frottant de petites quantités d'inflorescences entre les mains, pour faire tomber les graines.

Traitement : Aucun

Substrat de semi : 30% de sable, 70% de tourbe, placé sur une couche d'argile expansée.

Plantation : Octobre

Culture : Serre semi-ombragée, arrosage à nébuleuse selon les besoins, désherbage manuel.

Durée de germination : 4-5 mois.

Notes :

Otanthus maritimus

Nom commun : Diotis blanc

Famille : Asteracea

Type : Vivace, chaméphyte suffrutescent (20-40 cm).

Aspect : Blanchâtre et tomenteux, forme des coussins denses avec des tiges épaisses, simples ou ramifiées.

Feuilles : Nombreuses, sessiles, charnues, simples et alternes ; lancéolées et pouvant être crénelées aux extrémités ; de 5 à 20 mm de long.

Fleurs : Typiques du capitule de la famille, de forme plus ou moins globuleuse, regroupées en corymbes terminaux denses ; fleurs tubulaires, jaune dorées.

Cadre juridique : Protection régionale



Habitat : Dunes blanches et embryonnaires.

Floraison : Avril à mai

Dispersion : Juillet à début septembre

Récolte : Fin juin à début juillet

Préparation des graines : Traitement manuel ou mécanique des épis avec une batteuse de laboratoire pour permettre l'extraction des grains.

Traitement : Graines conservées à température ambiante, et peuvent être légèrement scarifiées à la main ou avec des papiers de verre avant plantation.

Substrat de semi : 30% de sable, 70% de tourbe, placé sur une couche d'argile expansée ; ou 33% de sable, 33% de tourbe, 33% d'agri-perlite.

Plantation : Mi-septembre

Culture : Serre, arrosage par aspersion, désherbage manuel.

Durée de germination : 30 jours

Notes : L'utilisation de sable côtier peut être avantageux en raison de la présence de mycorhize utiles aux plantes. Plante adaptée au bouturage. Développement stimulé par les mouvements sableux.

Ammophila arenaria

Nom commun : Oyat

Famille : Poaceae

Type : Vivace

Aspect : Forme des touffes denses aux chaumes robustes et dressés, se caractérise par ses longs rhizomes.

Feuilles : Linéaires et fines, brillantes dessus et à apex épineux. Ligule (jonction entre le limbe et la graine) membraneuse et bifide (scindé en deux).

Fleurs : Rassemblées en panicule denses en forme d'épi de 7 à 30 mm de long et 1 à 2 cm de large. Elles sont formées d'épillets à fleur unique.

Cadre juridique : Aucun



Habitat : Haut de plage et dunes embryonnaires.

Floraison : Juin à juillet

Dispersion : Juillet à août

Récolte : Mi-juillet à début août

Préparation des graines : Traitement manuel ou mécanique avec battage en laboratoire après déshydratation naturelle des épis.

Traitement : Graines conservées à température ambiante, et peuvent être légèrement scarifiées à la main ou avec des papiers de verre avant plantation.

Substrat de semi : 30% de sable, 70% de tourbe, placé sur une couche d'argile expansée ; ou 33% de sable, 33% de tourbe, 33% d'agri-perlite.

Plantation : Mi-septembre

Culture : Serre, arrosage par aspersion, désherbage manuel.

Durée de germination : 30 jours

Notes : Développement stimulé par les mouvements sableux.

Elymus farctus

Nom commun : Chiendent des sables

Famille : Poaceae

Type : Vivace, géophyte rhizomateux (40-60 cm)

Aspect : Forme de petites touffes dressées, se caractérise par ses longs rhizomes.

Feuilles : Feuilles glauques, plates, vert-jaunâtres.

Fleurs : Fleurs rassemblées en épis alternes contenant 5 à 8 fleurs.

Cadre juridique : Aucun



Habitat : Dunes blanches mobiles

Floraison : Juin à septembre

Dispersion : Août à octobre

Récolte : Septembre à octobre

Préparation des graines : Manuel, la plupart des graines se séparent facilement des inflorescences en les secouant légèrement.

Traitement : Graines conservées à température ambiante, puis soumises à stratification à froid (2-4°C) pendant 1 mois.

Substrat de semi : 30% de sable, 70% de tourbe, placé sur une couche d'argile expansée ; ou 33% de sable, 33% de tourbe, 33% d'agri-perlite.

Plantation : Fin-mars ou automne.

Culture : Serre, arrosage par aspersion, désherbage manuel.

Durée de germination : 30 jours

Notes : Stratification à froid recommandée pour rompre la dormance des graines. Meilleurs résultats obtenus en semant en automne les graines récoltées l'année précédente.

Eryngium maritimum

Nom commun : Panicaut maritime

Famille : Apiaceae

Type : Vivace, géophyte rhizomateux

Aspect : Glabre, coriace et épineux, de couleur gris-bleu virant au violet améthyste. Tige dressée et ramifiée au sommet. Longs stolons souterrains.

Feuilles : Feuilles basales pétiolées à lobes épineux sur les marges ; feuilles caulinaires sessiles plus petites. Nervures et bordures blanchâtres.

Fleurs : Petites fleurs réunies en grosses têtes terminales, couleur améthyste.

Cadre juridique : Aucun



Habitat : Dunes blanches mobiles

Floraison : Juin à septembre

Dispersion : Octobre à novembre

Récolte : Octobre

Préparation des graines : Manuel ou mécanique, il faut séparer les fruits et les pépins.

Traitement : Graines conservées à température ambiante, puis soumises à stratification à froid (2-4°C) pendant 3 mois.

Substrat de semi : 30% de sable, 70% de tourbe, placé sur une couche d'argile expansée ; ou 33% de sable, 33% de tourbe, 33% d'agri-perlite.

Plantation : Fin-février-début mars ou automne.

Culture : Serre, arrosage par aspersion, désherbage manuel.

Durée de germination : 30 jours

Notes : Stratification à froid recommandée pour rompre la dormance des graines. Meilleurs résultats obtenus en semant en automne les graines récoltées l'année précédente.



Echinophora spinosa

Nom commun : Panais épineux

Famille : Apiaceae

Type : Vivace, hémicryptophyte scapulaire.

Aspect : Semi-succulente épineuse, forme pulvinée-hémisphérique, pourvue d'un rhizome souterrain allongé d'une tige dressée très ramifiée.

Feuilles : Feuilles coriaces, linéaires se terminant par une épine.

Fleurs : Fleurs groupées en ombrelles, avec une fleur centrale hermaphrodite alors que les autres sont males. Calice et corolle de 5 pétales blancs ou rosé.

Cadre juridique : Aucun



Habitat : Dunes blanches mobiles, pionnières.

Floraison : Mai à septembre

Dispersion : Juillet à septembre

Récolte : Août

Préparation des graines : Graines libérées spontanément du fruit par des mécanismes explosifs après séchage du fruit ; peuvent aussi être extraites en écrasant le fruit.

Traitement : Aucun

Substrat de semi : 30% de sable, 70% de tourbe, placé sur une couche d'argile expansée ; ou 33% de sable, 33% de tourbe, 33% d'agri-perlite.

Plantation : Mi-septembre

Culture : Serre, arrosage par aspersion, désherbage manuel.

Durée de germination : 30 jours

Notes : Présence de fruits à maturité différente sur la même plante rend la récolte difficile.

Euphorbia paralias

Nom commun : Euphorbe des sables

Famille : Euphorbiaceae

Type : Vivace, chaméphyte fruticuleux (30-80 cm).

Aspect : Tige ligneuse mais modeste, dressées et feuillées, en touffes.

Feuilles : Lancéolés et très nombreuses, elliptiques, courtes, se chevauchant.

Fleurs : En ombelles ou parasols de 3 à 6 rayons courts et robustes. Fleurs réniformes et charnues, à glandes jaunes, typiques de la famille.

Cadre juridique : Aucun



Habitat : Dunes blanches mobiles

Floraison : Mars à juillet

Dispersion : Juin à juillet

Récolte : Fin-juin à début-juillet

Préparation des graines : Manuel ou mécanique.

Traitement : Graines conservées à température ambiante, légèrement scarifiées à la main ou avec du papier de verre, puis mis en suspension dans l'eau pendant 24 h.

Substrat de semi : 30% de sable, 70% de tourbe, placé sur une couche d'argile expansée ; ou 33% de sable, 33% de tourbe, 33% d'agri-perlite.

Plantation : Fin-septembre à début octobre.

Culture : Serre, arrosage par aspersion, désherbage manuel.

Durée de germination : 30 jours

Notes :

Medicago marina

Nom commun : Luzerne marine

Famille : Fabaceae

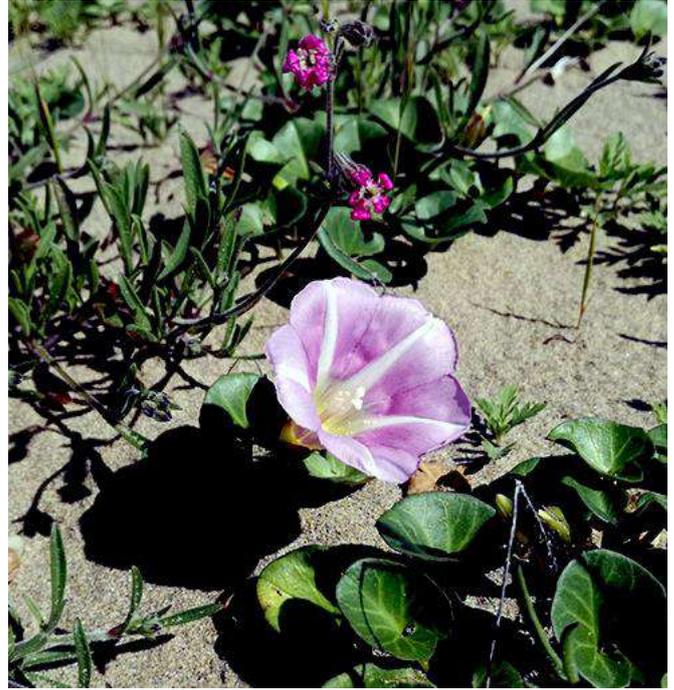
Type : Vivace, chaméphyte rampante (10-30 cm).

Aspect : Plante entièrement laineuse et blanchâtre, à tige rampante.

Feuilles : Divisées en trois folioles ovales, pointue et pliée en suivant la nervure centrale. Stipules parfois dentelées.

Fleurs : Couleur jaune citron, inflorescence en grappe de 5 à 10 fleurs.

Cadre juridique : Aucun



Habitat : Dunes blanches mobiles, pionnières.

Floraison : Mai à octobre

Dispersion : Juin à octobre

Récolte : Fin-juin à début-juillet

Préparation des graines : Manuel, la plupart des graines se séparent du fruit lors de la récolte.

Traitement : Graines stockées à température ambiante et soumises à scarification chimique par mise en suspension pendant 2h40 dans de l'acide sulfurique (96-98%).

Substrat de semi : 30% de sable, 70% de tourbe, placé sur une couche d'argile expansée ; ou 33% de sable, 33% de tourbe, 33% d'agri-perlite.

Plantation : Mi-septembre

Culture : Serre, arrosage par aspersion, désherbage manuel.

Durée de germination : 30 jours

Notes : L'espèce se développe à l'aide de stolons et peut être allergiques à certains types de pots, ce qui rend la culture en godet difficile.

Calystegia soldanella

Nom commun : Liseron des dunes

Famille : Convolvulaceae

Type : Vivace, géophyte rhizomateux (4-10 cm de haut).

Aspect : Plante rampante à rhizomes.

Feuilles : Grandes feuilles charnues et pétiolés, réniformes ou rondes.

Fleurs : Grandes fleurs isolées ou par paires, corolle formée de 5 pétales soudées, rose à rayures blanches en forme d'étoile ou de calice. Le pistil, long, blanc et terminé par deux stigmates, est placé sur des nectaires jaunes.

Cadre juridique : Aucun