

1. Le cadre physique et biogéographique : dynamiques passées et actuelles

1. Le cadre physique et biogéographique : dynamiques passées et actuelles	1
1.1 La genèse du delta du Rhône	2
1.1.1 Une courte histoire à l'échelle géologique.....	2
1.1.1.1 Etapes clés.....	2
1.1.1.2 Dynamique actuelle.....	3
1.1.2 Le Rhône et la Méditerranée ; des acteurs majeurs en Camargue.....	5
1.1.2.1 Divagations du Rhône à son débouché à la mer.....	5
1.1.2.2 Dynamique et plasticité de la frange littorale deltaïque.....	5
1.1.2.3 Topobathymétrie.....	6
1.1.3 Une intervention humaine bien réelle.....	6
1.1.3.1 Fixation des marques du passé ; l'endiguement du delta.....	6
1.1.3.2 Hydro agro système.....	6
1.2 Le contexte et fonctionnement actuels	7
1.2.1 Les avantages et les inconvénients du climat méditerranéen.....	7
1.2.1.1 Climat typiquement méditerranéen.....	7
1.2.1.2 Bilan hydrique naturel déficitaire.....	8
1.2.2 Les eaux et le sel ; de subtiles combinaisons.....	8
1.2.2.1 Différentes masses d'eau.....	8
1.2.2.2 Répartition spatiale de la salinité.....	9
1.2.3 Des sols à l'image de l'histoire tourmentée du delta.....	10
1.2.3.1 Hydromorphie.....	10
1.2.3.2 Du sable pur au limon.....	10
1.2.4 Une forte interaction Homme/Nature.....	11
1.2.4.1 Distribution spatiale des milieux.....	11
1.2.4.2 Cadre phyto géographique.....	11
1.3 Que faut-il retenir ?	12
1.3.1 Un jeune delta fixé mais pas tout à fait maîtrisé.....	12
1.3.2 La gestion omniprésente de l'eau, un corollaire à l'endiguement.....	12
1.3.3 Le climat, le sel, l'eau et les sols en interaction forte et constante.....	12
1.3.4 Une relation Homme/Nature de proximité.....	12

1.1 La genèse du delta du Rhône

1.1.1 Une courte histoire à l'échelle géologique

1.1.1.1 Etapes clés

La formation du delta résulte de l'effet conjugué du Rhône et de la Mer Méditerranée sur l'agencement et la répartition de la charge sédimentaire transportée depuis le bassin versant du Massif Central et des Alpes à la mer.

⇒ Fin tertiaire début quaternaire (-10 M et 5 M)

A la fin du Miocène la Mer dite « Mer Miocène » (10 Millions d'années) remontait largement à l'intérieur de l'actuelle vallée du Rhône entre les Alpes et le Massif Central. Ce n'est qu'au début du quaternaire que cette mer se retire de la vallée du Rhône et laisse apparaître le premier littoral du golfe du Lion.

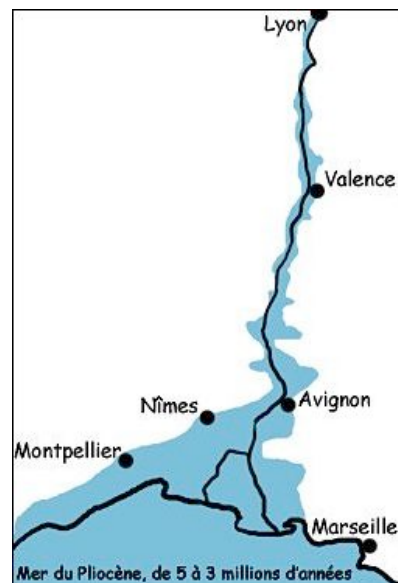


⇒ Début quaternaire (périodes glaciaires et interglaciaires)

Une série de glaciations et réchauffements qui durera près de 2 millions d'années, entraîne une oscillation d'une centaine de mètres du niveau de la Mer Méditerranée.

A cette époque, le Rhône et la Durance sont les deux grands fleuves qui sillonnent la plaine deltaïque. Le Rhône débouchant à l'Ouest dans l'actuel étang de Mauguio et la Durance se jetant en Camargue après avoir traversé la Crau.

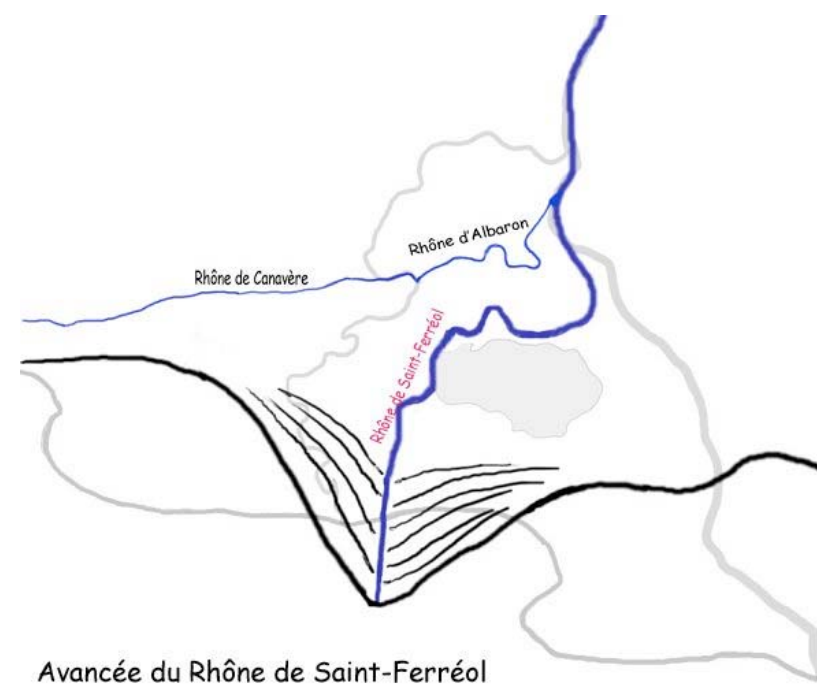
A cette époque géologique Rhône et Durance (fleuves puissants), déposent d'importantes quantités de sédiments formant une couche de galets encore apparents de nos jours en Crau et sur les costières.



⇒ **A l'époque de la transgression flandrienne (- 50 000 ans à - 6 000 ans)**

A la fin de la glaciation de Würm (- 70 000 ans), le niveau de la mer est beaucoup plus bas que de nos jours (- 50 mètres). Les glaciers fondants, le niveau marin remonte peu à peu pour atteindre la position de la rive nord de l'étang du Vaccarès. A cette époque, la Durance n'arrivant plus à franchir le pertuis de Lamanon, est déviée au nord des Alpilles pour rejoindre au niveau d'Avignon, les eaux du Rhône dont elle devient l'affluent.

⇒ **Après la transgression Flandrienne**



Il y a 6 000 ans avant notre ère, le niveau marin se stabilise avec un rivage au niveau du Château d'Avignon et de l'Île de Mornès, soit une dizaine de kilomètres en retrait de celui que l'on connaît aujourd'hui. Depuis cette époque, l'extension supplémentaire du delta est due uniquement aux dépôts alluviaux apportés par le Rhône et remaniés par la mer.

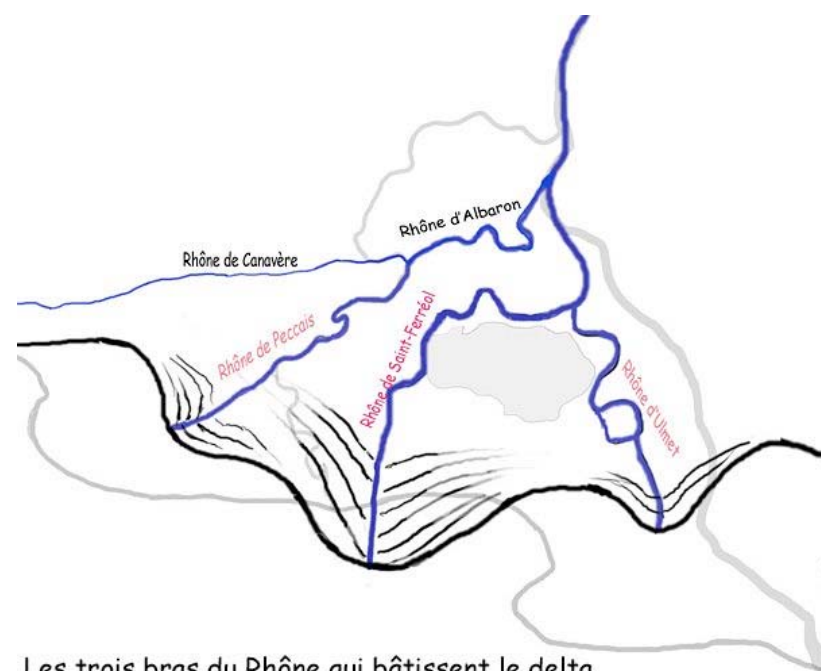
Cela explique la distinction faite entre la Camargue fluviolacustre au Nord de l'étang du Vaccarès et la Camargue laguno marine au Sud de celui-ci.

CARTE 9

1.1.1.2 Dynamique actuelle

L'emplacement actuel des deux bras du Rhône est relativement récent (16^{ème} siècle). Avant la situation actuelle, le Rhône a largement divagué dans le delta et globalement l'ensemble des bras s'est déplacé d'Ouest vers l'Est.

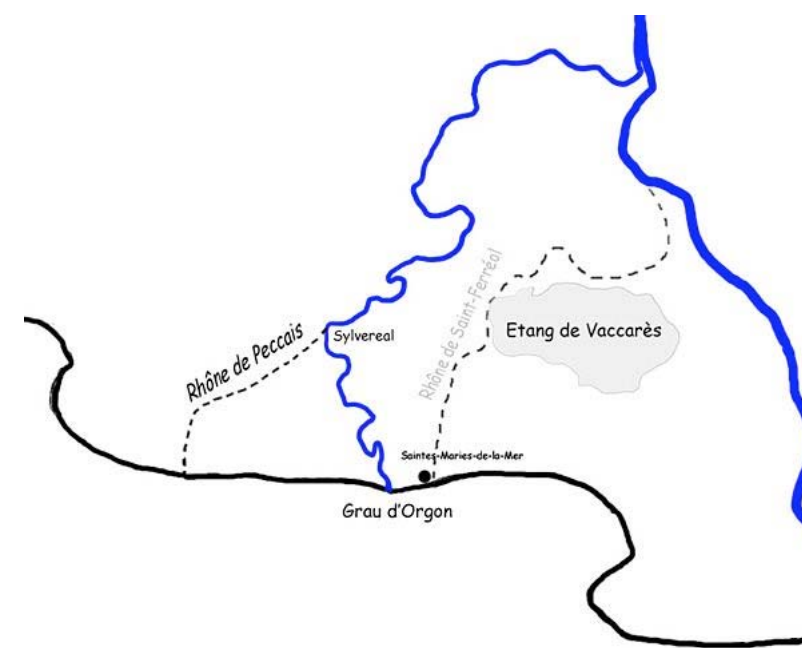
A l'époque Romaine, le Rhône de Peccais (Branche Ouest) et les Rhône de Saint Ferréol (Saintes Maries de la Mer) et d'Ulmet (Salin de Giraud) partagent les eaux du fleuve pour former 3 embouchures.



Les trois bras du Rhône qui bâtissent le delta

Au moyen âge, se forme le Grand Rhône par abandon progressif des Rhône de Saint Ferréol et d'Ulmet.

La construction de digues à partir du 13^{ème} siècle, va conduire à l'abandon total du Rhône d'Ulmet en 1774. La naissance du tracé du Petit Rhône actuel est confortée dès le 16^{ème} siècle.

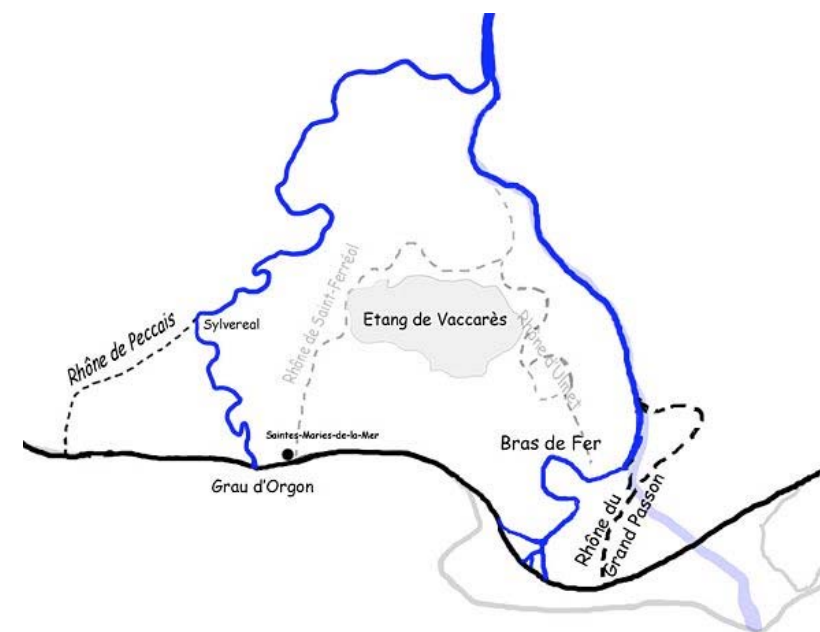
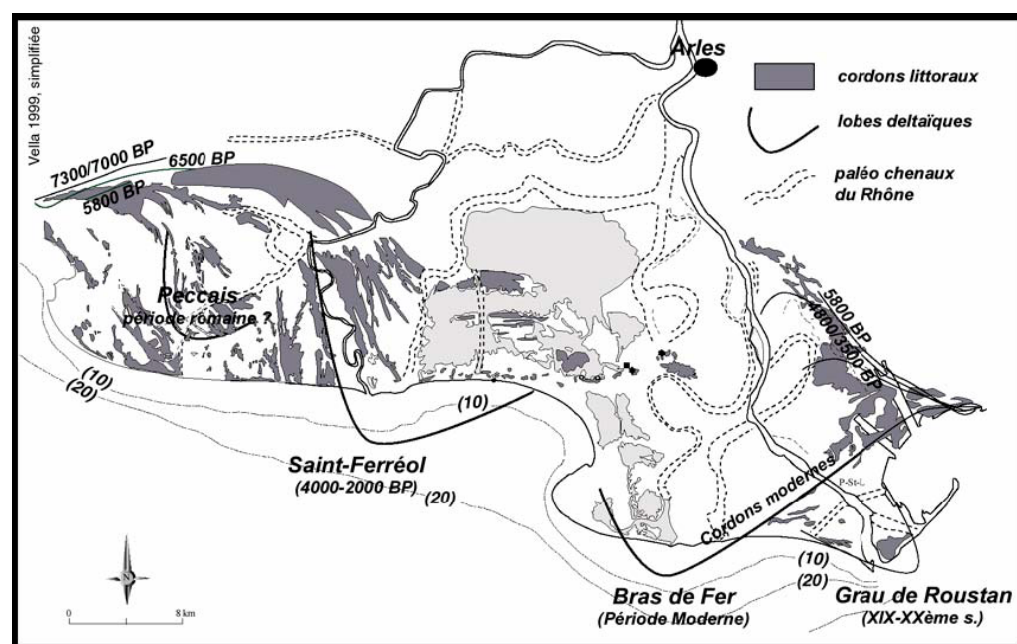


En 1552, changement de cours du Rhône de Peccais

Entre le moyen âge et l'époque récente, c'est la partie avale du Grand Rhône qui évoluera avec notamment l'abandon du bras de fer au 17^{ème} siècle.

Les apports alluviaux continuent à se déposer dans les embouchures actuelles du Rhône et contribuent de manière modeste à constituer le pro delta du Grand Rhône.

L'élévation du niveau moyen de la Mer Méditerranée et les modifications du régime des apports sédimentaires du fleuve engendrent une nouvelle dynamique géologique ; tassement (subsidence), recul des côtes, reprofilage de la façade littorale



1587, du Rhône du Grand Passon au Bras de Fer

1.1.2 Le Rhône et la Méditerranée ; des acteurs majeurs en Camargue

1.1.2.1 Divagations du Rhône à son débouché à la mer

Les nombreuses divagations du Rhône à son embouchure, ont contribué à l'édification du delta. Le chenal le plus ancien, est celui de St Ferréol (Saintes Maries de la Mer) qui sera actif jusqu'au 16^{ème} siècle. Toutefois, dès le 12^{ème} siècle, le bras d'Alaron évacuera une partie des eaux du Rhône jusque vers l'actuel étang de Mauguio, aux portes de Montpellier et celui d'Ulmet correspondant à l'actuel Grand Rhône dans sa partie Nord s'écoule directement vers le Sud.

Les cours médians et inférieurs de ces branches rhodaniennes vont subir des modifications de tracé suite aux crues successives mais également parfois provoquées par l'homme.

Au 16^{ème} siècle, un méandre, le bras de fer vient se surimposer au delta construit par le Rhône d'Ulmet qui sera abandonné en 1711 au cours d'une crue.

Le Petit Rhône va conserver un tracé très méandreux alors que le Grand Rhône est plus rectiligne du fait des aménagements pour la navigation.

La morphologie de la Camargue est donc le reflet fidèle de ces multiples remaniements sédimentaires. Une succession de dépressions topographiques occupée par les marais et de bombements matérialisant les anciens bourrelets fluviaux déterminent les paysages camarguais. A cela, il faut également ajouter les alignements dunaires qui résultent de l'activité du fleuve et des courants marins.

1.1.2.2 Dynamique et plasticité de la frange littorale deltaïque

La morphologie actuelle du littoral du delta du Rhône est la résultante de plusieurs facteurs interagissant ; l'apport sédimentaire du Rhône, les courants marins, le régime des vents et le niveau moyen de la mer. Sur les 60 km de rivage entre la flèche de la Gracieuse à l'est et la pointe de l'Espiguette à l'ouest, la dynamique littorale est forte et bien perceptible. Des secteurs côtiers s'avancent en mer, c'est le cas des flèches sableuses de la Gracieuse, de Beauduc et de l'Espiguette.

D'autres secteurs, au contraire, subissent des reculs importants (de 10 mètres par an en moyenne) au niveau du phare de Faraman (sud-ouest de Salin de Giraud) et à proximité des Saintes Maries de la Mer.

Le fonctionnement du littoral en cellules hydro sédimentaires est aujourd'hui relativement bien connu et explique désormais, l'origine des évolutions rapides de la position du trait de côte sur certains secteurs.

Cette connaissance récente du fonctionnement permet de simuler la position du littoral à 50 ans et montre qu'effectivement la dynamique est de plus en plus influencée directement (construction d'ouvrages de défense) ou indirectement (aménagement du Rhône) par l'homme.

CARTE_1

1.1.2.3 Topobathymétrie

- Partie terrestre

La morphologie du delta est le reflet fidèle des multiples remaniements sédimentaires qui sont à l'origine d'une microtopographie conditionnant pour partie, la répartition des masses d'eau et de la végétation sur cet espace d'aspect très horizontal puisque la pente moyenne de la plaine deltaïque entre Arles et la Mer est de 0,17 %. Au nord de l'Étang du Vaccarès, les sols culminent entre 1 et 4,5 m au dessus du niveau moyen de la mer avec toutefois des niveaux inférieurs au zéro dans les dépressions occupées par les marais.

Au sud, l'altitude est proche du niveau moyen de la mer avec des parties hautes s'élevant entre 3 et 6 mètres représentés par les massifs dunaires littoraux de Beauduc et de l'Espiguette. C'est également dans cette partie du delta que les points les plus bas sont enregistrés avec notamment une valeur de -1,8 m pour le fond de l'Étang du Vaccarès.

- Partie littorale marine

Le front maritime du delta du Rhône est marqué par un talus sablonneux à pente de 1 % entre 0 et 10 m de profondeur (jusqu'à environ 1 km de la côte actuelle) et de 3,5 % entre 10 et 50 m de profondeur (au-delà de 10 km du trait de côte).

La bathymétrie traduit et marque encore à ce jour, la présence des anciens cônes sédimentaires deltaïques et du delta actuel. Ces anciens deltas constituent une réserve en sédiments qui sont, à ce jour, repris par les courants marins et sont redistribués sur le littoral de la Camargue. Les flèches sableuses de Beauduc et de l'Espiguette sont, en majeure partie, alimentés par ces « sédiments fossiles ».

Dans les petits fonds, apparaissent des bombements constituant les bancs sableux d'avant plage. Ces bancs situés entre 150 à 200 m de la côte, ont une hauteur entre le creux et la crête variant de 1 à 2 m.

1.1.3 Une intervention humaine bien réelle

1.1.3.1 Fixation des marques du passé ; l'endiguement du delta

Face à la dynamique très active du fleuve et parallèlement à la mise en place progressive d'une gestion des eaux dans le delta, les activités humaines ont tenté dès le 12^{ème} siècle de se protéger contre les inondations répétées détruisant les récoltes.

La construction des premières digues avait également eu pour conséquence directe une augmentation des rendements agricoles.

Par la suite, chaque propriétaire riverain des bras du Rhône a cherché à construire une levée de terre pour se protéger des crues annuelles. Pour éviter que l'intervention reste individuelle, un regroupement des propriétaires s'est concrétisé, permettant de coordonner leurs efforts et à payer la construction et l'entretien des « chaussées ». Depuis la fin du 19^{ème} siècle, les deux bras actuels du Rhône sont enchâssés dans un couloir constitué par des digues en terre, garantissant une protection raisonnable des territoires pour des crues moyennes à fortes ($\leq 10\,000\text{ m}^3/\text{s}$).

C'est également au cours du 19^{ème} siècle que furent érigées des protections contre la mer. La digue à la mer achevée pour partie en 1860 s'étend de l'embouchure du Petit Rhône à celle du Grand Rhône.

Courant du 20^{ème} siècle et plus précisément dès les années 1980, suite notamment à la tempête de 1982, des endiguements de premiers rangs viennent renforcer la protection littorale contre les entrées marines et s'ajoutent par endroit à l'actuelle digue à la mer.

Ainsi, des digues frontales ont été construites pour protéger les secteurs habités et d'activités économiques les plus exposés aux aléas de la mer (secteurs des Saintes Maries de la Mer, des activités salinières et de proximité des stations balnéaires littorales ...).

Aujourd'hui, l'aspect général de la géographie du delta est en partie fixé par l'endiguement qui a pour objectif d'affranchir les activités humaines contre le Rhône et la mer et également de conserver le territoire en les soustrayant aux « vellétés » de récupération par le fleuve et la mer.

Malgré cette apparente stabilisation de ses limites, le delta évolue toujours dans sa marge inférieure, ce qui engendre un certain nombre de difficultés pour les populations vivant sur le proche littoral.

1.1.3.2 Hydro agro système

Si le Rhône représente une menace potentielle au regard du risque d'inondation, il garantit une ressource en eau douce stable pour la Camargue. D'ailleurs bien avant l'endiguement complet du delta, l'homme a essayé de maîtriser et d'accompagner les eaux douces du fleuve pour satisfaire à ses besoins, liés aux usages domestiques et agricoles.

Dès l'époque Romaine, l'eau douce du Rhône a été utilisée pour une valorisation agricole de la Camargue et celle de la mer Méditerranée pour la production de sel dans les lagunes littorales. Au Moyen Age, les ordres religieux initieront de véritables aménagements en déboisant les bourrelets alluviaux, en asséchant les marais et en construisant les premiers canaux d'irrigation et de drainage utilisant pour un grand nombre les anciens chenaux du Rhône.

Avant l'endiguement complet, la construction des canaux de drainage constituait l'essentiel des aménagements. Après l'endiguement total du fleuve, c'est le réseau d'irrigation qui sera achevé pour compenser le déficit hydrique naturel résultant de l'arrêt des entrées naturelles d'eau douce du Rhône.

Des structures de gestion collective des réseaux d'irrigation et de drainage se mettent progressivement en place, ce qui permet une meilleure coordination dans les apports et les sorties d'eau et un partage des coûts inhérent au fonctionnement des installations hydrauliques. A ce jour, plus de 90 % des sols du delta du Rhône reçoivent de manière artificielle et contrôlée, les eaux douces du fleuve et salées de la mer Méditerranée pour la gestion courante liée aux besoins de l'homme.

Ainsi, l'espace deltaïque est structuré en périmètre d'irrigation et de drainage qui sont organisés pour une grande partie en structures associatives « d'arrosants et de drainants ». Sur l'ensemble du delta, ce sont 31 associations syndicales principales qui gèrent (18 d'irrigation et 13 de drainage) des dizaines de kilomètres de canaux centraux et d'imposantes stations de pompage. Ces associations se répartissent pour 10 d'entre elles, sur la partie de la Camargue gardoise, 18 en grande Camargue et 3 dans le Plan de Bourg.

Hormis la partie sud comprise dans la zone de production salinière et le secteur des étangs centraux de grande Camargue, les territoires du delta du Rhône sont compris dans les périmètres de gestion des eaux de ruissellement et issues des surplus des activités agricoles revenant aux associations syndicales de drainage et d'assainissement.

Ainsi, cette organisation en bassins et sous bassins de gestion des eaux, contribue de manière forte à structurer la géographie du territoire. La gestion des eaux à des fins agricoles ou de loisir, s'est accompagnée par des endiguements successifs qui renforcent la structure en casiers du foncier.

CARTE_2 et CARTE_3

1.2 Le contexte et fonctionnement actuels

1.2.1 Les avantages et les inconvénients du climat méditerranéen

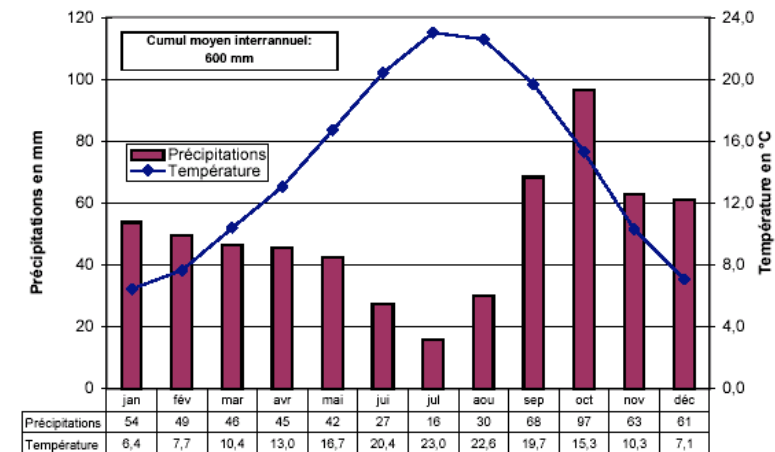
1.2.1.1 Climat typiquement méditerranéen

- Le régime des pluies

Les précipitations annuelles moyennes, sont de l'ordre de 600 mm, mais présentent une variabilité annuelle et interannuelle importante.

En effet, au cours d'une année, les pluies se concentrent majoritairement en automne. Dès le mois de septembre, les cumuls peuvent dépasser les 160 mm suite à de fortes précipitations qui se produisent le plus souvent sur de courtes durées (entre 24 et 72 heures). A l'inverse, au cours de l'été, les précipitations restent à des niveaux très bas, souvent inférieurs à 10 mm au mois de juillet. Les variations interannuelles des précipitations sont également très importantes en Camargue. Sur la période de 1963 à 1999, les précipitations annuelles ont fluctué entre 252 mm pour l'année 1989 et 1049 mm en 1996, ces deux valeurs représentent les extrêmes connus à ce jour, à la station météorologique installée à la Tour du Valat située en moyenne Camargue.

Des écarts de précipitations sont également enregistrés entre les différents secteurs géographiques du delta. Ces écarts apparaissent lors d'épisodes orageux localisés et ponctuels ; par exemple le 22 septembre 2004, la station météorologique du Grau du Roi a relevé 144 mm de pluie alors que les autres stations du delta n'ont pas dépassé les 70 mm. La variabilité spatiale et temporelle du niveau des pluies sur le delta du Rhône est donc un paramètre climatique à prendre en compte dans la compréhension du fonctionnement hydrologique général.



- La température

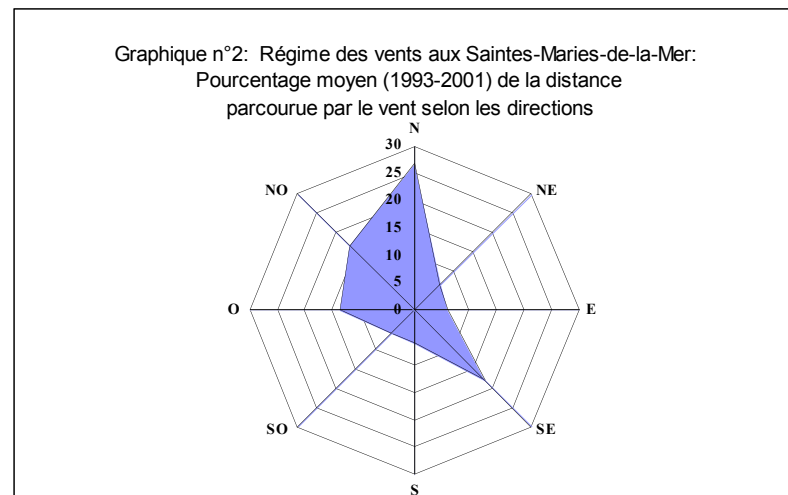
La température moyenne, c'est bien connu, est « douce » l'hiver et « chaude » l'été, avec un minimum en janvier (6,4°C) et un maximum en juillet (23°C) et Août (22,6 °C). Toutefois, la position littorale du delta du Rhône et donc l'influence maritime régulent les variations de température. Ainsi, lors de chaudes journées d'été, des écarts de 10 degrés peuvent être mesurés entre les stations du littoral (Grau du Roi, Saintes Maries de la Mer) et celles situées dans « l'arrière pays » (Nîmes, Arles).

Le gel est plutôt rare avec moins de 15 jours par an et la canicule peu fréquente (20 jours en moyenne). Cependant, les suivis à long terme des paramètres météorologiques, font apparaître une légère augmentation de la température moyenne au fil des décennies traduisant au niveau local, le réchauffement climatique terrestre global.

- Les vents

La Camargue est soumise à des vents fréquents, plus de 150 jours par an. Les vents de secteur nord sont dominants, surtout en hiver. Ce sont des vents soufflant en rafale qui peuvent dépasser assez souvent les 90 km/h et parfois atteindre les 150 km/h.

Parmi ces vents, le mistral et la tramontane apportent une diminution des températures et de l'humidité ambiante. Ils provoquent également au droit des côtes camarguaises, une remontée des eaux froides marines des profondeurs en chassant les eaux de surface vers le large (phénomène d'Upwelling). Les vents de secteurs sud sont quant à eux, moins fréquents et ont un effet opposé au mistral et à la tramontane. Ils apportent douceur et humidité et sont à l'origine des précipitations à caractère événementiel (épisodes pluvieux de type cévenol). Ces vents sont plutôt présents à l'automne et au printemps.



CARTE_4 et CARTE_5

- L'ensoleillement

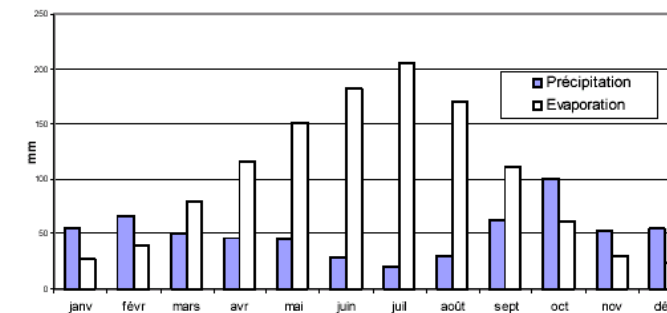
L'ensoleillement a une influence directe au même titre que le vent, la température et les précipitations sur la végétation, la faune et les activités humaines.

En moyenne, près de 200 jours par an, le soleil brille du matin au soir et seulement 50 jours/an ou le temps reste couvert la journée. Il n'est pas rare que durant la saison estivale, le soleil brille plusieurs semaines durant. Cet ensoleillement abondant est propice à la croissance des végétaux et au rendement des terres cultivées.

1.2.1.2 Bilan hydrique naturel déficitaire

Le bilan hydrique est représenté par la différence entre les précipitations et l'évaporation. En ce qui concerne l'évaporation, son taux est la résultante de l'action conjuguée entre les vents, l'ensoleillement et la couverture végétale (évapotranspiration).

En Camargue, le bilan hydrique devient déficitaire dès le mois de février et se prolonge jusqu'au mois de septembre avec une valeur maximale négative en juillet de 231 mm.



Le bilan annuel global est largement déficitaire et atteint environ 300 mm.

A l'échelle du delta, la somme de l'évaporation des plans d'eau et de l'évapotranspiration conduit à une lame d'eau moyenne annuelle de 900 mm rendue à l'atmosphère. Cette forte évaporation, qui peut atteindre 1 200 mm sur les lagunes et étangs de Camargue, est un atout pour certaines activités humaines comme par exemple la production du sel de mer.

1.2.2 Les eaux et le sel ; de subtiles combinaisons

1.2.2.1 Différentes masses d'eau

Malgré son omniprésence visuelle dans le paysage camarguais, l'eau est répartie sous différentes formes et à des profondeurs variables dans le delta.

- Les eaux de surface

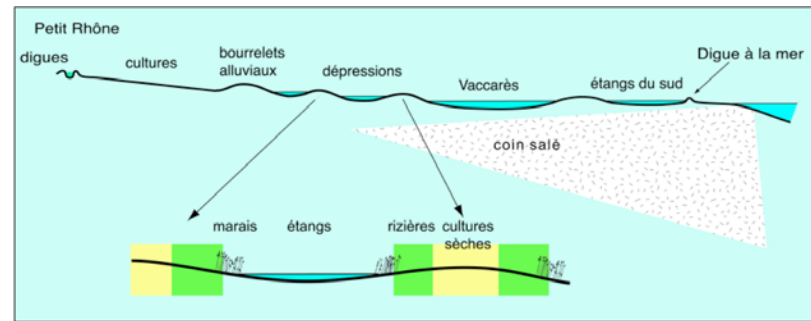
Les eaux de surface qui interviennent dans l'équilibre de l'hydro système deltaïque, ont diverses origines :

- origine naturelle

Les pluies alimentent directement les nappes d'eau superficielles et du proche sous-sol. La Camargue reçoit en moyenne, environ chaque année, 900 millions de mètres cubes d'eau par an sous forme de précipitations. Par effet de ruissellement, d'infiltration, d'évapotranspiration, la redistribution de cette eau n'est pas homogène. Ainsi, l'effet bassin versant concentre les volumes et dirige les eaux vers les points bas, les cuvettes ou directement à la mer.

- origine anthropique

Pour les besoins des activités et plus particulièrement la riziculture, l'eau douce du Rhône est pompée chaque année en quantité non négligeable (plus de 500 millions de m³ par an) pour alimenter les 20 000 ha de rizières entre les mois d'Avril et d'Août.



L'eau de mer est également introduite de manière artificielle dans les lagunes du littoral qui servent de zone de pré concentration pour la production du sel. Chaque année, c'est près de 100 millions de m³ d'eau de mer qui sont pompés et étalés sur les 20 000 ha de surface lagunaire situés au sud est (Salin de Giraud) et au sud ouest (Aigues-Mortes) du delta.

- origine souterraine

La Camargue est adossée contre les Massif Central et Alpin, et est bordée par des plaines alluviales fossiles (Crau) et actives (Vidourle). De ce fait, les eaux souterraines prennent naissance et peuvent par affleurement venir alimenter les nappes de surface. Des résurgences apparaissent et sont en particulier bien visibles dans le secteur Est du delta (Plan du Bourg). Ces sources ou « laurons » représentent localement un atout majeur. La faible altitude du territoire deltaïque et la présence de dépressions naturelles situées proche du littoral et en dessous du niveau moyen de la mer favorisent très certainement des remontées « salines » par pression hydrostatique. Ces phénomènes, s'ils existent, sont difficiles à quantifier.

De manière plus exceptionnelle et donc accidentelle, le delta peut encore réunir des eaux de crue par débordement ou rupture de digue. En effet, en 1993 et 1994, plus de 100 millions de m³ d'eau du Rhône se sont déversés en Camargue. En 2003, c'est à nouveau des volumes équivalents voir supérieurs qui ont inondé le Nord, l'Est et surtout l'Ouest (Camargue gardoise) de la Camargue. Une grande partie de ces masses d'eau est directement évacuée à la mer après un cheminement parfois complexe. De plus, l'horizontalité du territoire ne permet pas des vitesses d'écoulement permettant un retour à la normale en quelques jours.

- **Les eaux du proche sous-sol (nappe phréatique)**

La nappe phréatique n'est pas homogène dans sa répartition, dans sa qualité et dans son fonctionnement. Cela est dû à la complexité des phénomènes et des caractéristiques pédogéomorphologiques du delta et de la gestion globale de l'eau (texture et structure du sol, type d'occupation, mode de gestion des eaux de surface ...). Globalement, la nappe phréatique est présente entre 0,4 et 2,5 mètres de profondeur.

- origine possible des eaux

⇒ les eaux qui alimentent la nappe phréatique peuvent avoir deux origines possibles : les précipitations qui vont par infiltration directement atteindre la nappe et, le Rhône et la mer dont les variations de niveau et les entrées naturelles ou artificielles à l'intérieur du delta vont également la recharger.

⇒ Niveaux de l'eau de la nappe phréatique

Le niveau général de la nappe phréatique oscille entre une valeur proche de la surface du sol pendant l'hiver et une valeur basse l'été. Toutefois, la gestion artificielle des eaux de surface vient modifier ce rythme général. Il a été constaté que le niveau de la nappe phréatique dans le temps et variable selon sa proximité avec les zones d'apport d'eau en surface. Ainsi, dans les zones rizicoles (zone d'apport artificiel d'eau de surface) les niveaux de la nappe gardent une valeur haute l'été. Sur le proche littoral, le niveau de la nappe phréatique sous plage est influencé directement par les variations du niveau de la mer. Dans les massifs dunaires récents, les lentilles d'eau douce se constituent sous l'action directe de la pluie. Cette réserve est utilisée par la végétation en place (oyat, chiendent, tamaris ...). Dans les massifs dunaires anciens ou fossiles situés plus en retrait du littoral, les aménagements hydrauliques confortent la réserve d'eau douce et permettent d'obtenir un couvert végétal plus dense et diversifié.

- **Les eaux profondes (la nappe du cailloutis)**

Une nappe, de type nappe captive, existe dans les cailloutis apportés par la Durance et le Rhône lors de l'édification du socle deltaïque. Elle est composée à la fois d'eau douce se superposant à de l'eau salée. L'épaisseur d'eau douce décroît progressivement en direction de la mer où elle cède progressivement à de l'eau salée. Cette nappe captive se situe environ entre 30 et 50 mètres de profondeur selon un axe nord-est sud-ouest (Arles, le Grau du Roi). Elle n'interagit donc pas avec les nappes situées dans les couches supérieures.

1.2.2.2 Répartition spatiale de la salinité

Tout le delta du Rhône est soumis à l'influence du sel ; à des degrés divers selon l'éloignement de la mer, le niveau de la nappe salée du proche sous sol, la topographie, les caractéristiques pédologiques des sols, et l'action de l'homme dans la gestion de l'eau.

Les paramètres climatiques viennent également diminuer ou augmenter l'influence du sel en faisant varier sa concentration (dilution après précipitation ou saturation pendant la saison de fortes évaporations).

Le sel se présente sous deux formes : une forme dissoute dans les différentes nappes d'eau de surface et de profondeur, et une forme cristallisée notamment dans les couches sédimentaires.

Le sel est une contrainte majeure pour la végétation (espèces sauvages ou cultivées) et sa répartition spatiale agit au même titre que le degré d'inondation sur les milieux.

- **La salinité des eaux de surface**

Globalement, un gradient de salinité croissant s'observe entre le nord et le sud du delta. Pour les eaux de surface, il est toutefois mesuré une variation saisonnière de la salinité dans certains étangs,

marais ou lagune. Ces variations sont la résultante du volume des pluies et des entrées artificielles d'eau d'origine fluviale ou marine selon le cas.

L'activité salinière située sur les extrémités Sud du delta du Rhône est à l'origine du maintien de milieux salés à sursalés dont l'intérêt pour la diversité biologique du delta est élevé.

- **La salinité de la nappe phréatique**

Les eaux de la nappe phréatique situées dans le proche sous sol sont, dans une vue d'ensemble, de plus en plus salées vers la profondeur. Cette variation de salure correspond à une interface diffuse entre l'eau de la nappe et l'eau d'origine marine. Ce phénomène général est rendu complexe par l'existence de lentilles d'eau sursalées d'origine lagunaire noyées dans le sédiment lors de l'édification du delta.

Les apports d'eau artificielle et naturelle de surface vont également interagir pour partie avec la nappe phréatique qui va subir une baisse ou une augmentation de la salinité sous l'effet de la pression hydrostatique. Ainsi, il est très hasardeux de donner un gradient de salinité de la nappe phréatique selon une latitude ou une longitude.

- **La salinité du sol**

Les sédiments apportés et déposés par le Rhône à son delta, ont été agencés dans un premier temps en interaction plus ou moins forte avec la mer. Ainsi les sédiments les plus anciens ont été imprégnés de sel. Puis au fur et à mesure du comblement des marais et des étangs, les conditions saumâtres superficielles des sols ont peu à peu régressé sous l'effet des dépôts successifs. Le sel est donc réparti de manière inégale dans le sol. Les dépôts fluviaux, les dépôts palustres, les dépôts lagunaires et les dépôts marins vont constituer la gamme croissante de salinité des sols. La répartition des types de sol au regard de leur teneur en sel est directement liée à l'activité sédimentaire du Rhône et de la mer méditerranéenne.

CARTE_6

1.2.3 Des sols à l'image de l'histoire tourmentée du delta

CARTE_7

1.2.3.1 Hydromorphie

La superposition de nombreuses phases d'apport sédimentaire du Rhône conduit à l'édification des bourrelets alluviaux toujours présents aujourd'hui. Entre ces bourrelets des sols plus bas constituent les marais dans lesquels se déposent les limons. Ainsi, les sols de la Camargue construits directement par les apports du Rhône (Camargue fluvio lacustre) sont majoritairement argilo limoneux. Dans la partie sud (Camargue laguno marine), la proportion de sable est plus importante. L'interaction entre les courants marins et les apports fluviaux conduit à une gamme de sols plus étendue à caractère plus salin et sodique. La finesse des sédiments déposés et les excès d'eau temporaires ou permanents

conduisent à rendre la surface des sols d'apparence « très imperméable » en restant submergés pendant plusieurs semaines après la pluie. Cette hydromorphie offre les conditions favorables à des phénomènes de salure apparaissant à la surface des sols lors d'épisode de forte évaporation. La cristallisation du sel en surface est due à une remontée par capillarité de l'eau saumâtre contenu dans le sol suite à une saturation hydrique.

Ainsi, le niveau d'hydromorphie du sol associé à la présence de sel, conditionne la répartition de la végétation dans le delta du Rhône.

1.2.3.2 Du sable pur au limon

La texture (porosité, granulométrie ...) et la structure (composition chimique) des sols dépendent largement des processus physiques intervenant dans leur genèse (hydraulique sédimentaire fluviale et marine, action des vents).

Ainsi, sur la partie Sud du delta, les sols sont, sur le proche littoral, bruts d'origine marine (sables salés des plages). Ils constituent une bande sableuse soumise à l'action des vagues et des vents (sol d'apport éolien). Les dunes de Beauduc et de l'Espiguette sont très représentatives de ces sols. Plus à l'intérieur, les sols sableux rappellent le prolongement de la plage et témoignent des anciens cordons littoraux (cordon dunaire de Montcalm). Toutefois, certaines « dunes fossiles » ont été formées directement par les apports alluviaux du Rhône, et sont également confortés par le transport éolien (dune de Lauricet).

A proximité des anciens chenaux ou des bras actuels du Rhône, les sols sont composés d'alluvions avec des textures plus ou moins fines selon la dynamique fluviale (argilo limoneuse, limono sableuse). En bordure des cuvettes et des dépressions d'origine fluviale, les sols sont constitués d'éléments très fins souvent imprégnés de sel. Ce sont des sols sodiques. Dans la moitié sud du delta du Rhône, entre les étangs et les marais salants, les sols sont très salins à alcalins.

Dans les parties centrales des marais de haute Camargue, les sols sont argilo limoneux de texture lourde. Ces sols sont les plus hydromorphes de Camargue.

Globalement, la texture des sols montre un gradient nord sud au regard de la quantité de sel qu'ils contiennent et au regard de leur teneur en sable. Toutefois, la morphogenèse des sols est le résultat de l'action conjuguée du Rhône, de la mer et du vent dans un espace/temps évoluant sans cesse. Elle a conduit à une diversité et une répartition en mosaïque des types de sol sur l'ensemble du delta.

1.2.4 Une forte interaction Homme/Nature

1.2.4.1 Distribution spatiale des milieux

1.2.4.1.1 Occupation du sol ; reflet d'éléments naturels et humains interagissants

La répartition des milieux naturels et la localisation des activités humaines en Camargue, sont soumises à trois paramètres physiques naturels ; l'eau en terme de quantité, de rythme et de qualité ; le sel sous forme dissoute ou minérale et la topo bathymétrie couplée avec la texture des sols. Ces trois paramètres conditionnent fortement la répartition des espèces sauvages en groupement ou en association pour former des milieux naturels caractéristiques tels que les sansouïres (« pré-salés » composé de salicorne), les pelouses à saladelle, les boisements à genévrier de Phénicie sur dune ...

Ces trois paramètres contraignent également les espèces cultivées, dont les exigences sont en rapport direct avec la valeur agronomique des sols (accessibilité, rendement, texture, degré d'inondation).

Pour contrer l'action du sel dans le sol, l'eau douce du Rhône est utilisée en grande quantité pour en diminuer ses effets négatifs sur les cultures céréalières et fourragères. Ainsi la maîtrise des entrées d'eau douce du Rhône par endiguement pour se soustraire de l'aléas des crues dévastatrices et l'utilisation volontaire et contrôlée de cette même eau pour combattre le sel a généré des milieux agricoles spécifiques (rizières). Si le sel est un facteur limitant pour l'agriculture, il est également une source de richesse en Camargue. Grâce aux bonnes conditions climatiques, les lagunes du proche littoral camarguais sont des lieux propices à sa cristallisation. Le sel de mer est utilisé pour les besoins de l'alimentation humaine et animale, pour l'industrie et le déneigement des routes. Les caractéristiques physiques des sols et la micro topographie influent également la répartition des milieux. Les sols bas situés en dessous du niveau moyen de la mer restent inondés et constituent les paysages de marais et d'étangs. Les sols sableux quant à eux, sont occupés par des espèces adaptées (oyat, chiendent, pin pignon ...) ou des cultures identitaires (vignoble des sables). Les terres dites « hautes » positionnées sur le sommet des anciens bourrelets alluviaux, sont occupées par des cultures céréalières, des prairies, des vergers ...

Ainsi, la présence des milieux naturels du delta du Rhône est largement conditionnée par l'histoire agricole de la Camargue et donc l'aménagement foncier qui en découle.

CARTE_8 et CARTE_9

1.2.4.1.2 Grandes unités morpho-écopaysagères

CARTE_10

- Camargue fluvio lacustre

Située au nord des étangs centraux de Grande Camargue, des bourrelets dunaires fossiles en Camargue gardoise et des anciens Salins du Caban dans le Plan du Bourg, la Camargue fluvio lacustre d'origine fluviale est la moins marquée par le sel. Ce territoire est occupé en grande partie par les activités agricoles de plaine (riziculture) et par les grands marais (Marais de la Grand Mar, Marais du complexe

Scamandre/ Charnier et Marais du Vigueirat). Paysages de bocage, de roselière, de rizières caractérisent cette partie du delta.

- Camargue laguno-marine

Au Sud de la précédente zone et jusqu'à la mer, s'étend la Camargue laguno-marine. C'est un territoire de formation géologique plus récente, où le Rhône et la mer ont joué de leurs forces .

Cette unité morpho éco paysagère est dominée par les milieux salés à sursalés (étangs, lagunes, dunes, plages).

Paysages de sansouïre, de vasière, d'étang, de cultures sur sable sont inféodés à ce secteur du delta du Rhône.

La Camargue laguno-marine, c'est également le domaine des activités touristiques, de la culture du sel et de la protection de la nature qui façonnent et valorisent ses paysages.

1.2.4.2 Cadre phyto géographique

1.2.4.2.1 Pays du sable

Dans la moitié sud et sur le proche littoral du delta, les cordons sableux récents et fossiles hébergent une végétation adaptée à un sol mobile et offrant une faible capacité de rétention de l'eau. Sècheresse estivale, embruns salés, lentille d'eau douce plus ou moins présente conditionnent l'implantation de formations végétales assez diversifiées. Oyat, camomille des sables, chiendent des rivages colonisent les milieux sableux du proche littoral tandis que les arbustes (filaire, lentisque, genévrier) et les arbres (pin pignon, pin d'Alep) recouvrent les dunes anciennes en formant des boisements sur les cordons fossiles plus particulièrement présents et visibles en partie occidentale de la Camargue. Sur les zones sableuses plus aplanies, s'installe une végétation de genévrier de Phénicie.

Aujourd'hui les anciens cordons sableux situés sur plus à l'intérieur des terres, ont fait l'objet de mise en culture. La culture de la vigne et celle des asperges sont les deux principales sur ce secteur du territoire.

1.2.4.2.2 Pays du sel

Egalement en ligne frontale face à la mer, sur le proche arrière littoral et plus à l'intérieur des terres, situés en périphérie des lagunes, les milieux de marais temporaires salés, de sansouïre et de prés salés dominant.

Sur ces sols salés, la sansouïre constitue le paysage camarguais typique. D'une faible richesse floristique, elle est composée de plantes spécialisées, telles que la salicorne. Inondations répétées et de longue durée l'hiver, sécheresse l'été avec remontées du sel en surface du sol, contraignent fortement la végétation qui reste très basse. Quelques arbustes isolés de tamaris viennent ponctuer cette platitude.

Le pays du sel, c'est aussi la Camargue de l'élevage extensif sur les sansouïres et les prés salés (à saladelle), des grands espaces et des grèves sableuses des lagunes.

Le pays du sel, c'est également le lieu de la production salinière qui gère plus de 10 000 ha de lagune à divers degrés de salinité.

1.2.4.2.3 Pays des marais et des étangs

Les marais d'eau douce à légèrement salée et les étangs, représentent des lieux de halte de réputation internationale pour les oiseaux migrateurs. Les marais ont une salinité qui dépasse rarement les 5 g/litre. Les étangs ont quant à eux, une salinité variable qui peut atteindre 10 g/litre. Ces milieux sont inondés soit de manière temporaire ou permanente.

Les roselières sont les formations végétales les plus marquantes de ces milieux. Elles abritent des oiseaux de grande valeur patrimoniale (butor étoilé, héron pourpré). Selon la salinité, les marais peuvent être recouverts totalement d'une végétation émergente à leur surface (scirpe, jonc). Sur les bordures, tamaris et olivier de bohème se développent en corridor. Les herbiers sont pluri-spécifiques et colonisent ces milieux. Ils constituent une ressource alimentaire pour les canards herbivores. Dans les marais et les étangs, les activités de chasse, de pêche, de récolte du roseau et parfois d'élevage, exploitent les ressources naturelles qui leurs sont offertes grâce à la forte productivité de ces milieux.

1.2.4.2.4 Pays des grandes cultures

En bordure des bras du Rhône sur les anciens bourrelets fluviaux et dans la partie nord du delta, les milieux de pelouse haute, de forêts galeries, de prairies, de boisements, se partagent l'espace avec les milieux cultivés qui sont essentiellement occupés par la riziculture.

D'aspect bocagé dans le nord et à proximité immédiate du fleuve, le paysage s'ouvre largement vers l'infini en présentant une structuration en casier du fait de l'aménagement hydraulique pour répondre aux besoins de la culture du riz.

La ripisylve des Rhônes présente plusieurs strates de végétation. Les espèces caractéristiques sont le peuplier blanc, le saule, le frêne, le laurier, le chêne blanc, la clématite et la vigne sauvage...

Les pelouses et les prairies ont une composition floristique diversifiée. Pour certaines, elles doivent supporter les périodes de sécheresse estivale. La campanule, le trèfle champêtre, les orchidées, le gaillet blanc, le chardon marie, la passerage drave, la pâquerette annuelle et le brachypode, en sont les espèces végétales les plus communes.

1.3 Que faut-il retenir ?

1.3.1 Un jeune delta fixé mais pas tout à fait maîtrisé

La morphologie actuelle du delta est l'héritage des multiples remaniements sédimentaires.

- L'endiguement par l'Homme est un fixateur des marques du passé.
- La dynamique actuelle du territoire deltaïque se limite à l'embouchure du Grand Rhône et à la frange littorale marine. Le littoral conserve de ce fait une grande plasticité.
- Les risques d'inondations ou de submersion marine ont été réduits mais restent bien réels.

1.3.2 La gestion omniprésente de l'eau, un corollaire à l'endiguement

L'espace deltaïque est organisé en bassins et sous bassins de gestion des eaux.

- L'eau douce du Rhône et l'eau de mer sont utilisées en grande quantité, plusieurs centaines de millions de mètres cubes par an, pour les besoins d'activités spécifiques telles que la riziculture et la saliculture.
- Les milieux naturels du delta sont à divers degrés concernés par la gestion humaine de l'eau.

1.3.3 Le climat, le sel, l'eau et les sols en interaction forte et constante

- L'action prépondérante des vents dans l'équilibre hydrique du delta contribue au déplacement, au brassage et à l'évaporation des nappes d'eau.
- L'eau et le sel se combinent de manière subtile aussi bien en surface qu'en profondeur.
- L'expression du sel est très variable d'un secteur à l'autre du delta mais dans un gradient croissant du Nord vers le Sud et des bras du fleuve vers l'intérieur du delta.
- La qualité des sols est le résultat des processus de genèse (apports fluviaux et remaniements marins) combinés avec l'influence du sel du climat et de la gestion humaine de l'eau.

1.3.4 Une relation Homme/Nature de proximité

- L'occupation du sol est le reflet d'éléments naturels et humains interagissant.
- L'aménagement et la mise en valeur du delta du Rhône sont bien réels. L'endiguement, le nivellement des sols, la réalisation en grand nombre des équipements hydrauliques, et la maîtrise des connections hydrauliques entre le Rhône le delta et la mer en sont les plus marquants.
- Les zones humides de grande valeur patrimoniale se situent dans des espaces gérés pour les besoins de la protection, de l'exploitation de leurs ressources naturelles, et/ou de l'organisation des usages.
- Les activités humaines sont parfois créatrices d'identité en lien avec le patrimoine biologique du territoire (élevage de taureau, coupe du roseau, chasse à la passée, cultures du riz et du sel...).