

DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE ET PERSPECTIVES DE GESTION ET DE RESTAURATION DES ZONES HUMIDES DU VIEUX RHONE SITE DE LA BELUGUE, CAMARGUE



RAPPORT PRESENTE PAR

ANAÏS CHEIRON

MASTER SCIENCE, TECHNOLOGIE, SANTE
SPECIALITE ECOLOGIE BIODIVERSITE EVOLUTION
UNIVERSITE PARIS -SUD XI
ANNEE UNIVERSITAIRE 2008-2009

SOUTENU LE 2 OCTOBRE 2009



CONSERVATOIRE DU LITTORAL



ENCADRANTS : GAEL HEMERY, PARC NATUREL REGIONAL DE CAMARGUE
JURY: JANE LECOMTE, GÉRARD LACROIX, CHRISTIAN ARTHUR

SOMMAIRE

PREAMBULE	2
PRESENTATION DES STRUCTURES D'ACCUEIL	2
I. INTRODUCTION	5
A. CONTEXTE	5
<i>Objectifs</i>	6
B. DESCRIPTION GENERALE DU MILIEU	6
1. <i>Situation géographique</i>	6
2. <i>Le milieu physique</i>	7
3. <i>Climatologie</i>	8
4. <i>Occupation du sol</i>	8
5. <i>Généralités autour de l'eau en Camargue</i>	8
6. <i>Activités humaines sur le site</i>	9
C. UN PEU D'HISTOIRE	11
1. <i>L'histoire du Rhône et de son delta</i>	11
2. <i>Le canal du Japon ou Bras de fer</i>	12
II. PROTOCOLES ET RESULTATS	14
A. ETAT DES LIEUX DES RESEAUX ET OUVRAGES HYDRAULIQUES	14
1. <i>Les canaux d'irrigation</i>	14
2. <i>Les canaux de drainage</i>	17
3. <i>Les canaux servant à la fois à l'irrigation et au drainage</i>	19
4. <i>Les ouvrages hydrauliques</i>	21
B. ETAT DES LIEUX DES ZONES HUMIDES ETUDIEES	24
1. <i>Les marais permanents</i>	24
2. <i>Les zones humides temporaires</i>	28
III. DISCUSSION ET PRECONISATIONS	29
A. LES MARAIS PERMANENTS	30
1. <i>Poutrague sud</i>	30
2. <i>Poutrague nord</i>	32
3. <i>Vieux Rhône</i>	33
B. LES MARAIS TEMPORAIRES	34
1. <i>Le marais du Bouvau</i>	34
2. <i>Le Triangle du Pèbre</i>	36
3. <i>Les autres zones humides</i>	36
IV. CONCLUSION	38

Préambule

Fin 2008, le Conservatoire du Littoral¹ acquiert un site de 2117 ha dont il confie la gestion au Parc Naturel Régional de Camargue². Le site « de la Bélugue », n'ayant fait l'objet d'aucune étude préliminaire concernant la connaissance de ses milieux, le CLEL décide de mettre à disposition du PNRC un stagiaire pour réaliser le diagnostic hydraulique du site, et proposer des perspectives de gestion et de restauration de ses zones humides. J'ai donc été sélectionnée pour cette tâche, et le rapport qui suit présente le travail réalisé.

Présentation des structures d'accueil

❖ **Le Conservatoire du Littoral et des Espaces Lacustres**



CONSERVATOIRE DU LITTORAL

Le CLEL est un établissement public national créé par la loi du 10 juillet 1975. Il a pour mission de sauvegarder, en partenariat avec les collectivités territoriales les espaces naturels, côtiers ou lacustres, d'intérêt biologique et paysager. Son objectif est de garantir, à l'horizon 2050, la transmission aux générations futures d'un patrimoine naturel, terrestre et maritime, représentant le « tiers sauvage » des rivages de la France métropolitaine et d'Outre-mer.

Son organisation

Le CLEL est représenté localement par 10 délégations régionales (Manche, Mer du Nord, Normandie, Bretagne, Centre Atlantique, Aquitaine, Languedoc-Roussillon, PACA, Corse, Outre-mer, lacs).

Pour l'année 2008, son budget s'est élevé à 50 millions d'euros dont la plus grande part (37 millions d'euros) est le produit du droit de francisation et de navigation des navires, attribué par l'Etat à l'établissement public depuis le 1^{er} janvier 2006. Les financements complémentaires proviennent des collectivités territoriales, de l'Union européenne et des Agences de l'eau. Le Conservatoire bénéficie aussi de l'aide du mécénat d'entreprise, notamment en matière de pédagogie, de communication et d'études scientifiques, ainsi que de nombreux dons en espèces et des donations de particuliers.

L'acquisition

Le Conservatoire a défini, depuis plusieurs années, trois critères principaux de terrains à acquérir. Les sites éventuels sont :

- **menacés par l'urbanisation, la parcellisation ou l'artificialisation** (par exemple le comblement de zones humides),
- dégradés et **nécessitant une réhabilitation** rapide,
- **fermés au public** alors qu'ils mériteraient d'être ouvert à tous.

La délégation PACA a fait l'acquisition de 2561 ha en 2008, dont 2300 ha appartenant à la société des Salins du Midi. En juin 2009, le Conservatoire du littoral de la région PACA atteint 32000 ha de

terrains acquis, répartis en 70 sites. Deux projets en cours concernent des secteurs situés en Camargue, l'un à Sainte Cécile (16 ha), et un autre à Beauduc (6150 ha). Il s'agirait de la plus grande acquisition du Conservatoire du littoral, et permettrait une harmonisation de la gestion des espaces, puisqu'il s'agit d'une zone limitrophe au site de la *Bélugue*.

La gestion

Le CLEL assure la responsabilité du propriétaire mais confie la gestion des terrains à d'autres partenaires. Une fois l'acquisition réalisée, le Conservatoire intervient à deux niveaux :

- **Elaboration d'un plan de gestion** qui s'appuie sur un bilan écologique et fixe les objectifs à atteindre pour assurer une préservation satisfaisante du site
- **Réalisation des travaux de réhabilitation**

Les principes de gestions

- **La diversité biologique** : sauvegarder la diversité biologique et le paysage nécessite des aménagements et une gestion spécifiques à chaque site.
- **Le génie écologique** : le Conservatoire innove en utilisant systématiquement les techniques du génie écologique.
- **L'accueil du public** : il est souhaitable sur les sites qui le supportent. En revanche, la circulation automobile est interdite, les parkings sont réduits au strict minimum et naturels, les équipements sont adaptés et modestes.
- **Le bâti** : les bâtiments indispensables à la gestion du site sont maintenus en l'état. Ceux conservés pour leur valeur architecturale ou historique, doivent trouver un usage compatible avec la qualité du site. Tous les autres sont destinés à être détruits.
- **L'agriculture** : une agriculture adaptée est souvent le meilleur outil de gestion.
- **La chasse et les activités sportives** : elles peuvent être incompatibles avec la vocation de certains sites. Sur les autres, elles ne peuvent s'exercer que dans des limites strictes.

❖ Le Parc naturel régional de Camargue



Premier Parc naturel régional de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur sur le plan chronologique, troisième sur le territoire national, le PNR de Camargue se présente d'une manière originale, à l'image du territoire qu'il occupe. Comme les 44 autres PNR de France, le Parc de Camargue repose sur un concept d'équilibre entre l'environnement et les activités humaines, véritable sens de l'écologie dans lequel l'homme a sa place en protégeant, gérant et valorisant son territoire grâce à son économie, et non pas contre elle. Ses missions principales sont :

- *Concilier agriculture et environnement et développer la qualité des produits,*
- *Protéger la nature,*
- *Garantir la maîtrise d'une gestion globale de l'eau,*
- *Accueillir et sensibiliser les visiteurs.*

Créé en 1970, le Parc de Camargue présente plusieurs particularités :

- Seulement **2 communes adhérentes** (Arles et les Saintes-Maries-de-la-Mer) sur un vaste territoire (**85 690 hectares terrestres** et 34 300 hectares maritimes)
- La mise en place d'une structure de gestion composée de tous les usagers de l'espace naturel; une Fondation remplacée en 2002 par un **Groupement d'Intérêt Public du PNRC**, dans lequel se retrouvent les élus, les représentants de l'Etat, les propriétaires Camarguais et l'ensemble des usagers (agriculteurs, manadiers, chasseurs, pêcheurs, représentants des scientifiques...)
- Depuis le 1^{er} janvier 2005, la gestion du Parc est assurée par un **Syndicat mixte** ouvert élargi, conformément à la législation (cadre statutaire identique pour tous les Parcs naturels régionaux)

Les limites du Parc

Le PNRC est situé à l'extrémité occidentale du Département des Bouches-du-Rhône et de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. On y compte **7394 habitants**, dont 4916 sur la partie de la commune d'Arles comprise dans le Parc, et 2478 sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer.

Objectifs prioritaires du Parc

La **protection** et la **gestion des milieux naturels**, le **maintien de l'agriculture**, la mise en valeur du **patrimoine naturel et culturel**, objet d'un **développement économique** harmonieux et durable, constituent les fondements essentiels de la politique définie par le conseil d'administration du Parc.

Le PNRC a défini une stratégie reposant sur :

- La préservation et la **gestion intégrée des activités humaines et des milieux** dans lesquels elles interviennent, **des espaces naturels, de la faune et de la flore** ;
- La **protection globale** de la Camargue et de ses habitants **contre le Rhône et la mer** ;
- La maîtrise d'une **gestion globale et contrôlée de l'eau** en Camargue ;
- La maîtrise et la structuration d'un **développement touristique** et d'un accueil reposant sur la découverte ;
- L'amélioration des conditions de vie des habitants ;
- Le maintien de la **diversité des paysages camarguais**.

I. Introduction

A. Contexte

Dans le cadre d'un plan social validé en juin 2007 par les salariés et la direction, le groupe SALINS a décidé de vendre une partie de sa propriété au CLEL. Les secteurs concernés par la vente correspondent pour partie à des **milieux humides et terrestres n'ayant jamais fait l'objet d'exploitation salicole** (*Tourvieille, Bélugue, Clos du lièvre, Pèbre est, Briscon est*) et pour partie aux **surfaces de pré-concentration** situées les plus au nord de l'exploitation de Salin de Giraud (étang du *Fangassier, Enfores de la Vignolle, Pèbre ouest, Briscon ouest*) (HEMERY & al., 2008).

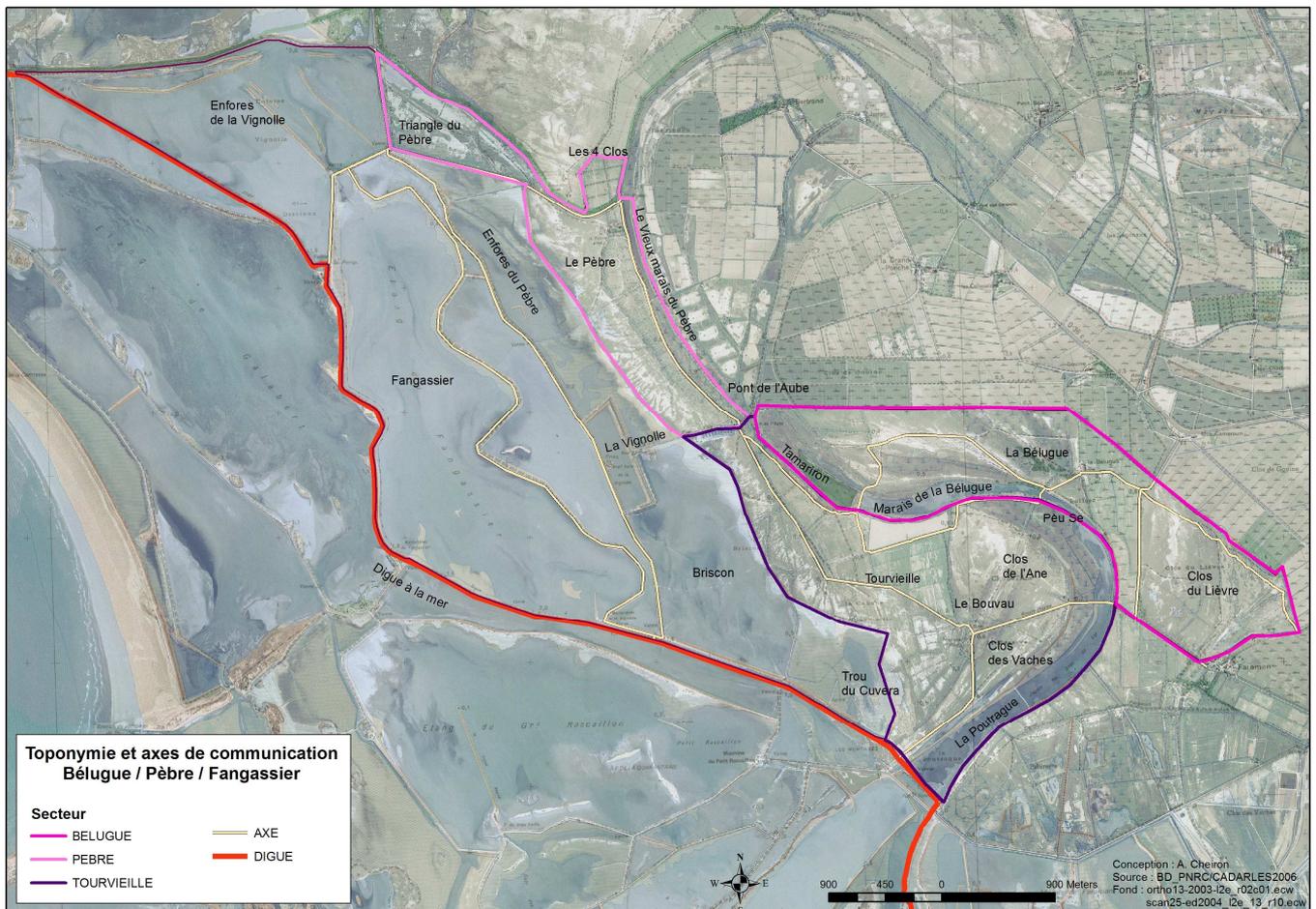


Figure 1: Toponymie des différentes zones du site de la Bélugue

Cette vente acte donc la sortie définitive de ces surfaces de pré-concentration de l'espace destinée à la production salicole dans un contexte de réorganisation profonde de celle-ci, sur le site de Salin de Giraud.

L'intégration de ces espaces au domaine du Conservatoire est justifiée par :

- la **grande qualité paysagère et écologique de l'ensemble du site**, qui accueille notamment l'unique colonie de flamants roses de France Méditerranéenne et une mosaïque d'habitats naturels incluant des zones humides d'eau douce qui correspondent à l'ancien cours du Rhône,

- la superficie (**2117 ha**) qui en fait la plus grande unité jamais acquise par le Conservatoire du Littoral en Camargue,
- la constitution d'une entité de protection durable en continuité de la Réserve Naturelle Nationale de Camargue³.

Objectifs

Seule l'approche de l'espace camarguais à partir du thème de l'eau autorise une vue intégrée de l'ensemble. Cette convergence autour d'un thème unique crée un ensemble économique et culturel en fonction duquel **le delta** peut être défini comme un **espace hydraulique**. Ainsi reconnu, cet espace nécessite une utilisation rationnelle et concertée. Le fonctionnement du système deltaïque réclame donc une **gestion raisonnée** (RIVIERE-HONEGGER, 1990). Or, si la Camargue reste pour le public le symbole de la nature et pour les chercheurs un milieu d'étude privilégié par la richesse et la complexité de ses biotopes, elle montre par ailleurs des signes de fragilité (pollution des eaux, pressions du tourisme et de la chasse, gestions non concertées...), signes que l'on retrouve à l'échelle du site de la *Bélugue*.

La superficie du site et les enjeux de conservation importants qui y sont inhérents, plaident pour une absence de rupture dans la gestion quotidienne du site. Ces impératifs de continuité et les caractéristiques générales du site engendrent le besoin de réaliser un document de gestion simplifié définissant la gestion à court terme (3 à 5 ans maximum).

Ce travail s'inscrit dans ce cadre de première gestion, et a pour objectifs de :

- concourir à **l'amélioration des connaissances du site**, et plus particulièrement de la partie dite « terrestre »,
- établir un **état des lieux hydraulique** des secteurs *Bélugue*, *Tourvieille* et *Pèbre*,
- proposer une **gestion écologique cohérente** des différents secteurs en adéquation avec les objectifs généraux du Conservatoire du Littoral.

B. Description générale du milieu

1. Situation géographique

Située dans le département des **Bouches-du-Rhône**, la Camargue est une plaine deltaïque alluviale, soumise aux influences conjuguées et contradictoires des eaux douces du Rhône, des eaux salées de la mer et du climat méditerranéen.

Le **site de la Bélugue** se situe au sud-est du delta et au nord-ouest du hameau de Salin de Giraud. Il jouxte la RNC^a, la propriété des Salins du Midi, ainsi que des exploitations agricoles et des marais de chasse (Figure 2).

^{aa} Egalement propriété du Conservatoire du Littoral

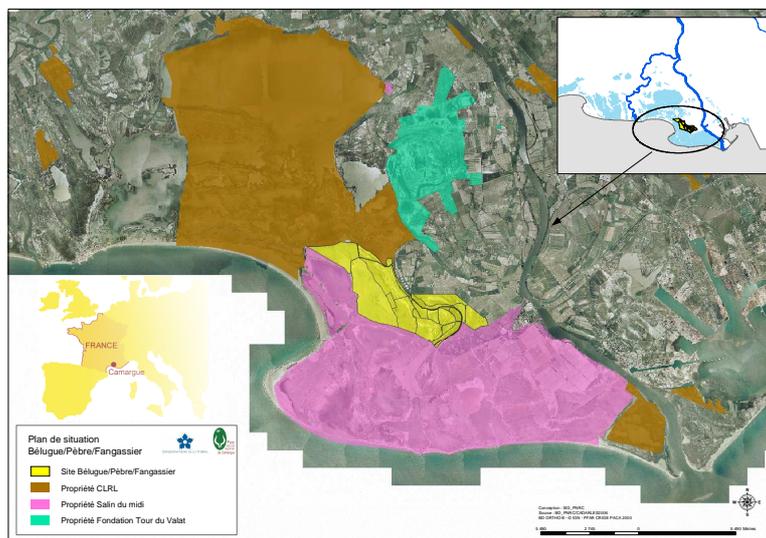


Figure 2 : Situation géographique du site de la Bélugue

Ces 2117 ha sont en totalité situés dans le périmètre du PNRC et bénéficient donc de la plupart des outils de protection présents sur celui-ci. La *Bélugue* est ainsi :

- **site Inscrit,**
- **site Classé Réserve de biosphère « Camargue »,**
- **site Ramsar⁴ « Camargue »,**
- **zone Natura 2000, (SIC « FR 9301592 » ; ZPS « FR 9310019)**
- la partie terrestre, dont il est question ici, fait partie de la **ZNIEFF⁵ de type I 13-136-111** intitulée « *Marais est du Vaccarès, du vieux Rhône au marais de Romieu* » (HEMERY & al., 2008).

2. Le milieu physique

Le complexe deltaïque est une plaine subhorizontale, à **pente très faible (0,17 ‰)** et dont l'altitude dépasse rarement cinq mètres. Toutefois, à la monotonie frappante au premier regard se substituent des micro-variations topographiques riches de conséquences en termes de couverture végétale – variations en fonction de la distribution des bourrelets alluviaux et des anciens cordons littoraux–. Dans tous les cas, la relative proximité de la nappe aquifère salée peut entraîner une **salinisation et une hydromorphie de surface** selon la sensibilité des sols à l'évaporation, qui dépend elle-même de la texture et de la différence de salinité des eaux. La salinisation des sols demeure très faible en haute Camargue, modérée sur les bourrelets alluviaux et par contre forte en basse et moyenne Camargue où elle engendre des sols salins. Du fait du déficit hydrique marqué et des remontées salines, l'ensemble des activités humaines — et en particulier l'agriculture — nécessite des **apports d'eau douce** afin de compenser au mieux la sécheresse et les remontées capillaires qui déposent sur le sol le sel néfaste aux cultures (CHAUVELON & MATHEVET, 2007).

3. Climatologie

Le climat qui règne en Camargue revêt toutes les caractéristiques du **climat méditerranéen**, avec une longue période estivale, chaude et sèche, des hivers doux, un ensoleillement important et des précipitations irrégulières mais concentrées en automne et au printemps. La pluviométrie mensuelle présente une grande variabilité. Plus de 200 mm d'eau peuvent tomber en deux ou trois jours et être suivis de plusieurs semaines totalement sèches notamment en fin de printemps. L'évaporation potentielle est de l'ordre de 1300 mm par an du fait des fortes températures estivales, de l'ensoleillement et de la violence des vents. Associée à la relative faiblesse des précipitations, elle a pour conséquence un **déficit hydrique** de plus de 600 mm par an. Ce dernier apparaît dès le mois de mars et se prolonge jusqu'au mois de septembre (CHAUVELON & MATHEVET, 2007). C'est un facteur primordial à prendre en compte dans la mise en place d'une gestion de l'eau sur le site.

4. Occupation du sol

L'occupation du sol est un facteur important du fonctionnement hydraulique, intervenant dans l'évapotranspiration, le ruissellement et l'irrigation.

La Camargue se découpe entre milieux agricoles et milieux naturels :

- l'*ager*, formé par les **zones agricoles**, est aujourd'hui majoritaire et se compose essentiellement de **rizières** (20 000 ha), responsables, avec l'ancienne production viticole des aménagements hydrauliques du delta. Blé, tournesol et luzerne viennent en complément.
- le *silva*, englobe la **Camargue naturelle halophile**, complexe lagunaire d'étangs saumâtres, de bois et de sansouïres, barré au sud par les dunes.
- enfin, le *saltus*, gagné ou perdu par l'agriculture au cours des siècles lie les deux premiers par de grandes étendues destinées majoritairement à **l'élevage des chevaux** et **taureaux** de race Camargue (ou de race « brave » comme c'est le cas sur la *Bélugue*), et par les **marais d'eau douce** parfois destinés à la chasse, qui reçoivent une partie du ruissellement et des eaux usées de l'agriculture voisine.

Le site de la *Bélugue* recrée cette situation à grande échelle puisqu'il se trouve partagé entre *silva* (ici la zone dite « lagunaire ») et *saltus* (correspondant à la « zone terrestre »), bordé au nord par l'agriculture et les marais de chasse voisin, l'*ager* (cf. Annexe 1).

5. Généralités autour de l'eau en Camargue

L'île de Camargue, enserrée par les deux bras du Rhône et isolée par son système de digues, peut être considérée comme une unité hydrologique homogène au fonctionnement autonome.

Les entrées et les sorties d'eau sont artificialisées. Les systèmes d'irrigation et de drainage, ainsi que les pertuis à la mer sont les outils de la gestion hydraulique du territoire. Le bilan hydrologique se synthétise de la manière suivante : les **entrées d'eau** sont représentées par les **précipitations**, estimées à environ **350 M m³/an** et par les **prélèvements au Rhône** des canaux d'irrigations (environ **400 M**

m³/an). Tandis qu'en terme de **sorties d'eau**, l'**évapotranspiration** représente environ **600 M m³** en année moyenne et les **rejets des stations de drainage**, estimés à **180 M m³/an** (RIVIERE-HONEGGER A., 1990).

Les canaux sont en général établis sur les parties centrales des anciens bourrelets alluviaux qui constituent les émergences du relief de Camargue. Dans notre cas, le **canal du Japon** suit un ancien tracé du Rhône, nommé « **Bras de Fer** ». La gestion hydraulique permet d'agir directement sur la salinité en apportant de l'eau douce et sur la variabilité des conditions hydriques en choisissant la période de mise en eau des zones humides et agricoles.

La majeure partie des activités du delta dépend de cette gestion hydraulique. L'eau issue de l'irrigation, change d'usage après son utilisation agricole. Elle est ensuite reprise par les canaux d'assainissement ou via les marais, et intègre ainsi le milieu camarguais dont elle est un élément fondamental.

6. Activités humaines sur le site

- **La production de sel**

L'exploitation de Salin de Giraud s'étend sur près de 11 000 ha. Dès sa création en 1855, ce salin est voué à la production de sel pour l'industrie du chlore. Avec le plan social validé en 2007, le site a pris une nouvelle orientation en terme de production : l'objectif est de produire 300 000 t de sel pour le déneigement (HEMERY & al., 2008).

Sur le site, seuls les étangs du *Fangassier*, de *Briscon* et les *Enfores du Pèbre* et de la *Vignolle* servaient d'étangs de pré-concentration. La technique d'exploitation des salins consiste à prélever par pompage l'eau de mer (à 29 g /L) et à amener cette eau à saturation en sel, c'est-à-dire 260 g/L. Cela s'obtient par circulation des eaux dans les étangs de pré-concentration où l'épaisseur d'eau conditionne la vitesse de concentration. L'eau après avoir circulé un an dans ces étangs, et s'être concentrée en sel, va être acheminée vers les « tables saunantes » où sera récolté le sel (PNRC, 2003).

Aujourd'hui, la gestion de ces étangs revient au PNRC, qui souhaite conserver en partie le même type de gestion, afin de ne pas perturber la population de flamants roses dont l'îlot de reproduction se trouve sur l'étang du *Fangassier*.

- **L'élevage**

Les parties terrestres du site (*Bélugue*, *Pèbre*, *Tourvieille*) sont des lieux de **pâturage très anciens**. En 1817, le domaine de *Tourvieille* comptait 2200 brebis, le *Pèbre* 1000 et la *Bélugue* 900 contre seulement 80 chevaux. C'est au milieu du XX^{ème} siècle que la situation s'est progressivement inversée au profit des bovins (Archives municipales d'Arles).

La **manade Yonnet** s'installe définitivement à la *Bélugue* en 1945. Les ancêtres de l'actuel manadier, Hubert Yonnet, sont les premiers à introduire des taureaux de race « Brave^b » en Camargue.

^b Taureaux de race « brave » ou taureaux de combat espagnols destinés à la corrida.

Christophe Yonnet, deuxième du nom (père d'Hubert) s'oriente dès le début du XXème vers le croisement des taureaux de race « Camargue » et de race « Brave ». Ce n'est qu'en 1959 qu'Hubert Yonnet, voulant se consacrer pleinement à l'élevage et la sélection des races braves, élimine le troupeau de taureaux croisés.

Depuis 1989, deux élevages se partagent les terres : **Hubert Yonnet**, avec 150 vaches, 50 mâles et 30 juments, et la Manade **Christophe Yonnet III** (fils d'Hubert) **et descendants**, avec 60 vaches et 10 juments (Carte de répartition des élevages en annexe 2).

- **L'activité agricole**

Les bourrelets alluviaux créés par le Rhône jusqu'en 1711, puis les dépôts importants de limons qui ont succédé le changement de cours du fleuve, ont été favorables à l'exploitation agricole. Début XIXème, d'importantes quantités d'orge, d'avoine, de seigle sont présentes sur les domaines du *Pèbre*, de *Tourvieille* et de la *Bélugue*.

Des photos aériennes de 1944 montrent qu'une grande partie des berges du *Vieux Rhône* sont mises en culture (Annexe 6). Des rizières étaient présentes au *Pèbre*, à la *Bélugue* (40 ha) et à *Tourvieille* entre 1950 et 1955. Le reste des terres était alors des cultures de luzerne, des prèes ou de la sansouïre. Des mises en rizières furent renouvelées dans les années 1970 mais sans succès. L'activité agricole a progressivement diminué ensuite, jusqu'à l'arrêt définitif des rizières de *Tourvieille* et de la *Bélugue* au début des années 1990 (Com. Pers. René LAMBERT).

- **La chasse**

Les domaines du *Pèbre*, de la *Bélugue* et de *Tourvieille* font partie du domaine de chasse du personnel des Salins (97 personnes détentrices de la carte de chasse des Salins en 2006-2007). Les marais de gagnage de *Tourvieille*, *Poutrague*, *Pèbre*, *Briscon* et *Bélugue* sont chassés deux ou trois jours par semaine, essentiellement pour les canards de surface, plongeurs et autres gibiers d'eau. Les parties terrestres restantes du site sont ouvertes à la chasse à terre deux demi-journées par semaine. Avec le déclin du lapin, ces secteurs ont beaucoup perdu de leur intérêt cynégétique.

L'acte de vente du domaine prévoit qu'en cas de maintien de l'activité de chasse, priorité sera donnée aux salariés et anciens salariés des Salins par le biais d'une convention cynégétique signée entre le CLEL et la commission « chasse » du comité d'établissement de Salin de Giraud.

Jusqu'à présent, la gestion de l'eau sur la partie terrestre était assurée par la société de chasse dans un objectif uniquement cynégétique. Le secteur de la *Bélugue* était quant à lui géré par la manade Yonnet mais sans que cette répartition fasse l'objet d'un accord clair et défini. Les mises en eau sont réalisées durant le mois de juillet et le reste de l'année les niveaux sont gérés en fonction des intérêts cynégétiques des secteurs (carte sur la chasse, annexe 3).

- **Le tourisme**

Bien que le site soit fermé au public, ses abords sont très fréquentés. L'accès aux plages de Beauduc et de la Comtesse (très appréciées des kite-surfeurs, pêcheurs et camping-cars) se fait

obligatoirement par la traversée du site par le chemin de *Tourvieille*. La présence de l'îlot de reproduction des flamants roses attire également beaucoup de curieux aux abords des étangs du *Fangassier*.

C. Un peu d'histoire

Afin de bien comprendre le contexte actuel, il est important de s'imprégner de « l'esprit des lieux », qui est ici marqué par le passage du Rhône.

1. L'histoire du Rhône et de son delta

- ***La formation du Delta du Rhône***

Durant l'édification du delta et jusqu'à il y a seulement quelques siècles, le Rhône a emprunté au cours des âges divers itinéraires qui ont donné sa forme à la Camargue. Il y a 5000 ans, les eaux du fleuve se répartissent essentiellement entre le Rhône de Saint-Ferréol, au centre, celui de Peccais, à l'ouest, et celui d'Ulmet, à l'est (ancêtre de l'actuel Grand Rhône).

En 1587, à la suite d'une série de crues, le Grand Rhône se déverse spontanément dans l'ancienne lône^c du *Bras de Fer*^d. Cet ancien bras abandonné depuis fort longtemps, avait vraisemblablement été actif pendant une très longue période comme en témoigne la hauteur des antiques montilles^e qui le bordent. En 1570, une roubine^f y est creusée. Il est possible qu'un mauvais entretien au niveau de la prise d'eau ait favorisé le déversement du fleuve dans la roubine lors des crues de 1587. A partir de cette date, la quasi-totalité des eaux du Grand Rhône coule dans cet immense méandre du *Bras de Fer*, qui prend fin en une embouchure multiple au sud-ouest de Faraman.

Pendant plus d'un siècle, le Grand Rhône coule dans le *Bras de Fer*. Les énormes quantités de sédiments qu'il apporte permettent le développement progressif du système de lagunes, autour de l'énorme bras terminal appelé « *Vieux Rhône* », site de notre étude. Mais le fleuve s'ensable dans ses méandres, entraînant des difficultés de navigation, et une baisse de débit en faveur du Petit Rhône. La situation devient préoccupante avant la fin du XVII^e siècle. L'embouchure très large séparée par de nombreux îlots favorise l'ensablement, et il s'avère de plus en plus difficile de maintenir un chenal navigable. En outre les barques de transport ont beaucoup de mal à trouver des vents favorables pour parcourir l'immense méandre du *Bras de Fer*.

Le roi Louis XIV envoie successivement plusieurs ingénieurs hydrauliciens chargés d'étudier des solutions pour rouvrir un accès facilement navigable entre Arles et la mer. Certains projets s'appuient sur le modeste bras de la Vidange, resté longtemps navigable avant de s'ensabler. D'autres proposent de couper droit au milieu du méandre du *Bras de Fer*. Vauban propose de creuser directement un canal

^c Lône : tout bras du Rhône en voie de colmatage.

^d Bras-de-fer : nom dérivé du bec de fer, ancienne borne des domaines établis sur ses bords

^e Montille : provient du provençal « *mountiho* ». Il s'agit de petites dunes ou monticules de sable, d'origine marine ou fluviale. Ce sont les dunes intérieures de la Camargue

^f Roubine : provient du provençal « *roubino* ». Il s'agit d'un canal creusé par l'homme à des fins d'irrigation ou d'assainissement.

d'Arles à l'Étang de Berre. Mais c'est finalement le Rhône lui-même qui trouvera spontanément une solution. En 1711, une crue le précipite dans le Canal des Launes, une modeste rigole creusée pour alimenter en eau douce les étangs salés afin de limiter la contrebande du sel. Le Grand Rhône trouve un chemin direct vers la mer, qu'il gardera jusqu'à nos jours. Des travaux rapidement entrepris sur ce nouveau bras y rendent possible la navigation, dès 1725, date à laquelle le *Bras de Fer* complètement ensablé est définitivement abandonné par le fleuve (CHATEL, 2004).

- ***De nos jours***

Depuis le XVIII^e siècle, le Rhône progressivement endigué conserve la même physionomie, avec ses deux bras enserrant la Grande Camargue. L'époque des divagations du fleuve est révolue. Mais les traces de ses anciens lits subsistent dans le paysage camarguais, et ont été utilisées par les hommes pour un creusement plus facile de canaux ou roubines d'irrigation.

Il suffit de regarder une carte du delta pour voir encore le tracé du *Vieux Rhône*, lit terminal du *Bras de Fer* jusqu'au Grau de la Dent, dont la forme est restée comme une empreinte entre les étangs de Faraman et les étangs de Beauduc. Le méandre du *Bras de Fer* lui-même a été utilisé pour creuser le Canal du Japon, raccordé au Grand Rhône à Chamone (CHATEL, 2004).

2. Le canal du Japon ou Bras de fer

Le canal du Japon a une origine très ancienne. En 1712, à la suite d'une forte crue, le lit du Rhône se déplaçait vers le canal des Launes, et l'emplacement actuel du Japon devint un simple bras secondaire qui fut désigné sous le nom de Japon ou *Bras de Fer*.

Pendant un certain temps le bras du Rhône continuait à fournir aux riverains l'eau nécessaire à l'alimentation et aux arrosages et à faciliter l'écoulement des terrains bas ; par la suite ce bras fut comblé soit par les alluvions du Rhône soit par les eaux de la mer.

En **1755**, le service des Ponts et Chaussées opte pour la **création d'un canal dans le lit du Japon** destiné à assurer régulièrement le service indispensable des ouvrages d'alimentation et d'écoulement des propriétés riveraines, le grand canal fut exécuté aux frais de l'état et de la commune d'Arles (Archives municipales d'Arles, auteur inconnu).

Vers **1789**, les propriétaires riverains voyant que le canal mal entretenu se comblait, fondèrent **l'association syndicale du canal du Japon**. Chaque membre associé payait une cotisation annuelle affectée à l'entretien du canal et proportionnée à l'intérêt que son domaine avait aux écoulements, irrigations ou alimentations. En 1857, la Compagnie des Salins du Midi, devient membre de l'association et peut user librement du canal pour le transport de ses produits provenant des salins de la *Vignolle* et de Badon. L'activité de ses salins se poursuivit jusqu'en 1893. C'est à cette même époque que fut créée la station de pompage et **l'usine élévatoire de Chamone**, laquelle devait permettre d'assurer le service des arrosages, des **submersions des vignobles** en création, ainsi que celle de **l'alimentation des fermes** pendant la période de basses eaux du Rhône (Archives municipales d'Arles, auteur inconnu).

Dix-neuf propriétés sont alors comprises dans le périmètre du canal du *Japon*. Parmi elles, celles du *Pèbre* avec 172 ha, de *Tourvieille* avec 321 ha et de la *Bélugue*, 343 ha. Cette dernière est alors propriété de M. Albin BLAIN qui détaille, dans une note de frais présente dans le Cadastre du Canal du *Japon* de 1858, avoir une majorité de terres, prés et **pâtures** pour faire paître ses 1000 ovins et 90 chevaux, mais aussi quelques **vignes**, des **bois**, des **marais et marécages** (Archives municipales d'Arles).

D'autres documents du même type ont permis de savoir qu'entre 1894 et 1907, 4 à 8 ha de **luzerne** étaient cultivés sur le domaine de la *Bélugue*. L'année 1894 fut florissante en culture puisque 17 ha de luzerne et 30 ha de **vignes à submersion** se trouvaient sur le secteur *Tourvieille*, propriété du marquis d'Aulan, ainsi que 11 ha de prairies et luzernes pour la propriété de M. Mistral, le *Pèbre*. Les plantations de vignes depuis quelques années impliquent **l'installation de machines élévatoires pour la submersion** de celles-ci. C'est ainsi que des machines à vapeurs sont installées au *Pèbre* et à *Tourvieille* vers 1885. Ces activités agricoles furent ensuite diminuées pour n'atteindre en 1907 plus que 10 ha de prairies et 14 ha de vignes sur *Tourvieille*, ainsi que 2 ha de luzernes sur le secteur *Pèbre*. Ces chiffres peuvent sembler faibles au premier abord, comparés aux superficies totales de ces terres, mais il n'en est rien lorsqu'on connaît la rudesse de ces terrains salés et des conditions climatiques qui y sont inhérentes.

Le canal du *Japon* tient alors un important **rôle dans l'irrigation** qui rend ces cultures possibles. Les propriétés riveraines comprises entre le Rhône et le Pont de l'Aube, sur des terres plus favorables, prélevaient l'eau douce indispensable aux cultures, alors que la seconde partie du canal, du *Pont de l'Aube* jusqu'à la *Poutrague* de *Tourvieille*, servait essentiellement de **canal d'écoulement aux eaux** de la première section, ainsi qu'aux eaux zénithales de la région traversée. Rôle qui ne favorisa certainement pas l'essor des cultures dans les secteurs *Pèbre* / *Tourvieille* / *Bélugue*.

Le canal du *Japon* était à cette époque relié aux salins de la *Vignolle*, et permettait le **transport de sel** par bateau jusqu'en 1867. Cette activité eut pour conséquence en 1854 des travaux de rectification du profil de la cuvette (tirant d'eau de 0,80 m minimum, et largeur de 2 m), puisqu'elle influença l'envasement du canal, produit par les passages réguliers des bateaux, ainsi que les éclusées journalières porteuses de sédiments.

En règle générale, les documents analysés font état de travaux sur la partie nord du canal et soulignent le **peu d'importance des réparations** établies sur la partie au sud du Pont de l'Aube, où une profondeur moyenne de 40 cm règne en 1891 (Rapport sur l'état du canal du *Japon*, 1891). Cependant, une étude datant de novembre 1899 fait état d'un **projet de canal d'écoulement**, évitant ainsi aux propriétés se trouvant dans la partie inférieure du canal du *Japon* de se retrouver avec des **eaux contaminées par les colatures des arrosages, des submersions et des rizières** des propriétés d'amont, eaux inutilisables par l'homme et le bétail. Ce canal, qui fut réalisé, débutait au niveau du Pont de l'Aube, suivait la roubine de *la Richarde* jusqu'à un ancien pertuis de vidange, en travers de la digue à la mer (cf annexe 4).

II. Protocoles et résultats

A. Etat des lieux des réseaux et ouvrages hydrauliques

La première étape de ce travail, outre les **recherches bibliographiques et historiques** somme toute importantes, fut la réalisation d'un **inventaire des réseaux hydrauliques** et de **leurs ouvrages** présents sur la partie terrestre du site.

Un tiers environ de la durée du stage a été consacré à parcourir l'ensemble de la partie terrestre (soit environ 1000 ha) à pieds, muni d'un GPSmap 60CSx de Garmin et d'une carte. Le travail consistait à consigner le **type d'ouvrage**, leur **fonction**, et leur **état** suivant quatre classes : bon, moyen, mauvais ou non fonctionnel. Cette tâche ne fût pas simplifiée par la présence des vaches espagnoles sur la quasi-totalité des terrains prospectés ! De plus, ce réseau hydraulique, et notamment les ouvrages, ont été créés ou modifiés au cours du temps, au fur et à mesure des besoins (éleveurs, agriculteurs, chasseurs, Salins). Ceci ajoute donc de la complexité au réseau lui-même et à la façon de l'appréhender.

Cette prospection m'a permis de réaliser deux types de cartes à l'aide du logiciel cartographique ArcGIS 9.1. Les premières représentent les différents canaux, leur utilité et leur état (Figure 3, 4, 5 et annexe 5A, B, C). Les secondes répertorient les différents ouvrages également en fonction de leur état de fonctionnement (Figure 6 et annexe 5D). Voici l'inventaire des **canaux d'irrigation**, d'**assainissement**, des **canaux pouvant servir aux deux** systèmes, ainsi que celui des **ouvrages hydrauliques** présents sur chaque secteur.

1. Les canaux d'irrigation

Sur le site se trouve une dizaine de canaux principaux appartenant au réseau d'irrigation, servant à fournir l'eau douce aux différents secteurs.

Leur eau est admise comme « propre » de tous produits phytosanitaires, phosphates, nitrates et autres déchets agricoles. Evidemment, cette « propreté » est relative puisque cette eau est pompée directement au Rhône, qui présente diverses formes de pollutions[§] plus ou moins importantes (AUFRAY & PERENNOU, 2007). Même si quelques études existent, aucune donnée concernant les eaux circulant sur le site de la *Bélugue* n'ont été répertoriées.

L'irrigation sur le site se fait à partir de canaux en terre, créés, pour la plupart, lorsque les parcelles étaient exploitées (vignes, riz, cultures céréalières). La majorité du réseau dépendait alors de stations de relevage des eaux, la faiblesse des pentes ne permettant pas une irrigation par simple gravité. Avec l'arrêt de l'exploitation dans les années 1990, certaines roubines se retrouvent obsolètes (2 figure 3) alors que d'autres trouvent une autre utilisation (8 figure 3).

Ci-après, la figure 3 montre la **répartition et l'état des canaux d'irrigation sur les secteurs Pèbre, Bélugue et Tourvieille**. Cette carte est suivie par un tableau détaillant les fonctions de chaque canal. Des cartes à plus grande échelle sont disponibles en annexe 5.

[§] Métaux lourds, PCB, nitrates, phosphates...

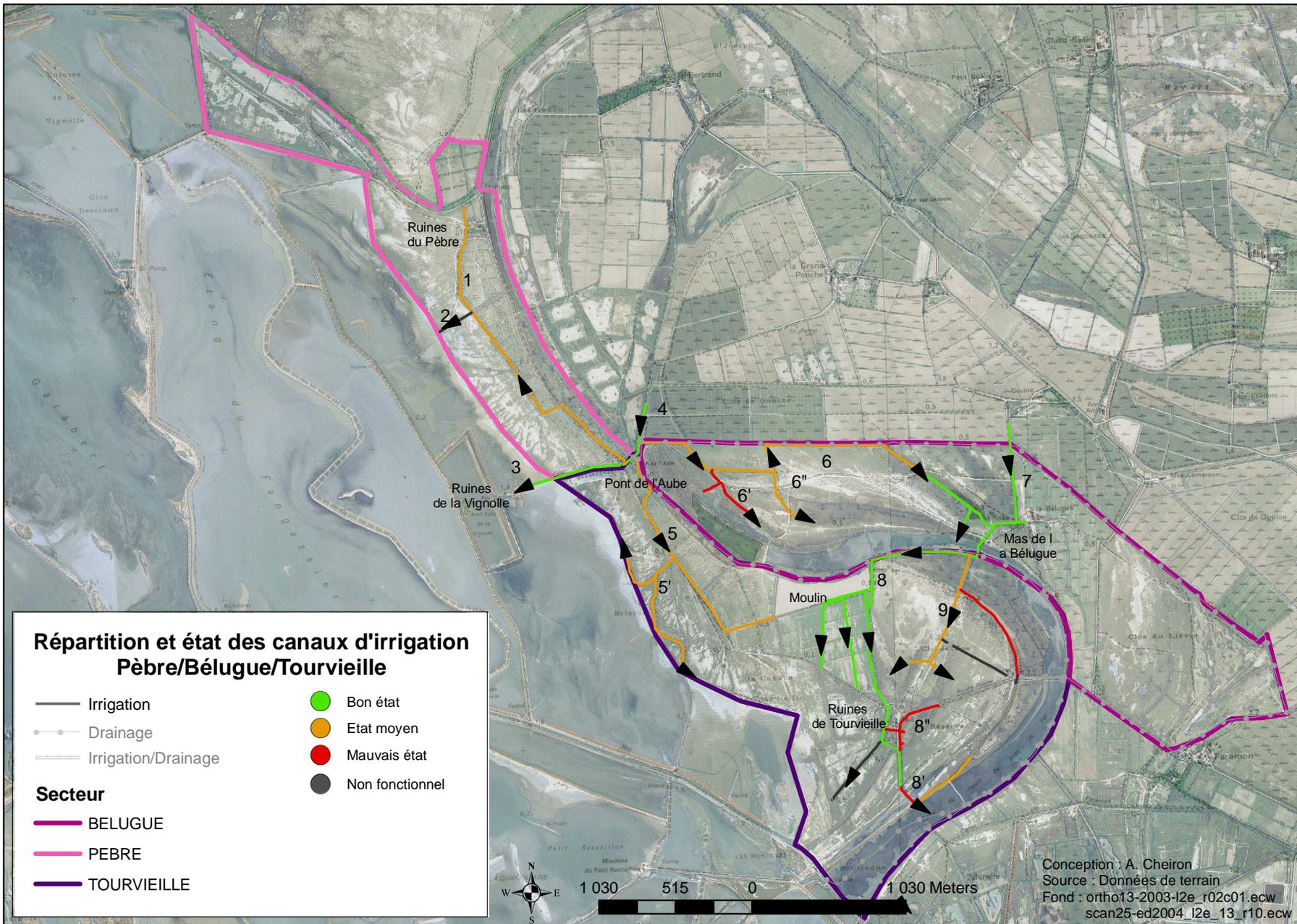


Figure 3 : Répartition et état des canaux d'irrigation sur le site de la Bélugue

Secteur	Nomenclature	n° sur la carte	Etat	Remarques	Fonction passée	Fonction actuelle
Pèbre	Roubine du <i>Pèbre</i>	1	Moyen	Berges abimées par le piétinement du bétail	Irrigation des terres cultivées	Abreuvoir
					Apport d'eau douce au Mas du <i>Pèbre</i>	Mise en eau du Marais du <i>Pèbre</i>
		2	Non fonctionnel	Atterrissements par endroit	Irrigation des terres cultivées et baisses	Mares temporaires
Bélugue	Canal du Japon	4	Bon	S'arrête au Pont de l'Aube	Irrigation des cultures	Irrigation des cultures voisines Source d'eau douce "propre" pour l'irrigation du site
	Roubine de la <i>Bélugue</i>	6, 6' et 6"	Moyen à Mauvais	Ouvrage de prise d'eau non fonctionnel	Mise en eau de la Baisse du milieu, et des marais de Tamariron et de la <i>Bélugue</i>	Abreuvoir
				Atterrissement par endroit		
				Berges abimées par le piétinement du bétail		
	Canal de Gouine	7	Bon		Alimentation du Mas de la <i>Bélugue</i> en eau douce	Alimentation du Mas de la <i>Bélugue</i> en eau douce
Mise en eau du Marais de la <i>Bélugue</i> et de Peù Se (Vieux Rhône)					Mise en eau du Marais de la <i>Bélugue</i> et de Peù Se (Vieux Rhône)	
Tourvieille	Roubine de La Vignolle	3	Bon	Des travaux récents ont permis la mise en place de buses, et la réouverture de la roubine jusqu'aux ruines de la Vignolle	Transport du sel produit aux salins de la Vignolle	Mise en eau des baisses de la Vignolle lorsque le canal du Japon gonfle assez pour passer la surverse du Pont de l'Aube
	Roubine de la Richarde	5 et 5'	Moyen	Comblée au niveau du passage sous le chemin (buse n°)	Irrigation des cultures	Abreuvoir
						Mares temporaires
	Roubine de <i>Tourvieille</i>	8	Bon	Abrite une population de Cistudes d'Europe	Irrigation des cultures, grâce à la pompe du moulin de <i>Tourvieille</i>	Mise en eau des baisses du <i>Bouvau</i> , du secteur du moulin
					Apport d'eau douce au Château de <i>Tourvieille</i>	
		8'	Mauvais	Bouchée à son extrémité. Pas de lien avec la <i>Poutrague</i>	Se déversait dans la <i>Poutrague</i>	Mise en eau des Lônes
		8"	Mauvais		Mise en eau de la Baisse du Clos des vaches	Mise en eau de la Baisse du Clos des vaches
	Apport d'eau douce au Château de <i>Tourvieille</i>					
Roubine du <i>Bouvau</i>	9	Moyen	Atterrissement par endroit	Irrigation des terres cultivées et baisses	Mise en eau des Baisses du <i>Bouvau</i>	
						Ouvrages vétustes

2. Les canaux de drainage

Une quinzaine de canaux servent, ici, à récupérer les eaux de ruissellement, ainsi qu'à vidanger les diverses zones humides. Les eaux sont naturellement plus souillées, et plus salées que dans le réseau d'irrigation, puisqu'elles proviennent, en amont du site, des rejets des rizières et autres terres. C'est le cas par exemple du canal de drainage de *Gouine* (c' figure 4).

La carte suivante permet de situer et de comprendre ce réseau d'assainissement. Sa lecture est synthétisée sous forme de tableau, pour une meilleure compréhension.

Secteur	Nomenclature	n° sur la carte	Etat	Remarques	Fonction passée	Fonction actuelle
Pèbre	Canal du Versadou	a	Bon	Les eaux sont récoltées grâce à la station de pompage du <i>Pèbre</i> , puis relargué à la mer	Assainissement des cultures	Assainissement Mise en eau du Triangle du <i>Pèbre</i> (martelières 1 et 2)
	Canal du Vieux <i>Pèbre</i>	a'	Bon	Des travaux de réhabilitation des berges entre ce canal et le marais du Vieux <i>Pèbre</i> ont été réalisés au printemps. Le marais est ainsi préservé des eaux d'assainissement	Assainissement des cultures	Récupère les eaux souillées du canal de drainage du Japon et les achemine jusqu'au canal du Versadou
	Canal de drainage de <i>Gouine</i>	c, c'	Bon	Ne fait pas partie du site, mais en est tout de même la frontière nord	Assainissement des cultures	Récupère les eaux souillées du canal de drainage du Japon et les achemine jusqu'à l'égout de rivière (e') à l'est Récupère une partie des eaux de drainage du Mas de la <i>Béluque</i> (d)
		k	Moyen	Réseaux d'assainissement dont l'utilisation est aujourd'hui secondaire	Assainissement des cultures	Drainage des eaux de ruissellement des anciennes friches vers le canal de drainage du Japon (e)
Béluque	Canal de drainage du Japon	e	Moyen	Elargissement et comblement sur la partie sud.	Assainissement des cultures	Drainage de son bassin versant
				Nombreuses liaisons avec le marais du Vieux Rhône malgré la présence de barrages vétustes		Mise en eau et drainage de Tamariron suivant les niveaux
				Présence de la Cistude d'Europe Envahit par la Jussie sur la partie Pont de l'Aube/Moulin de <i>Tourvieille</i>		Rejoint d'une part la roubine (e') qui devient ensuite l'égout de rivière, et e" qui se jette à la <i>Poutrague</i>
	e'	Bon		Assainissement des cultures	Recueille les eaux de drainage du Japon (e) et des terres de la <i>Béluque</i> (k)	
Tourvieille	h	g, g', g"	Mauvais,	Ce complexe de roubines n'a plus d'utilité précise pour l'homme. Ne fait état d'aucune gestion particulière	Assainissement des cultures ?	Mares et marais temporaires
			Non fonctionnel		Drainage des eaux du Château de <i>Tourvieille</i>	Drainage des eaux du <i>Bouvau</i>
	e"	Mauvais	Cet hiver, suppression de la martelière de sortie des eaux au sud de la <i>Poutrague</i> . Actuellement, la seule entrée/sortie d'eau de la zone est possible au nord (martelière 38')	Sortie des eaux de drainage vers la mer	Drainage du Japon Mise en eau de la <i>Poutrague</i>	
	f	Bon	N'appartient pas au site		Evacuation des eaux de drainages des terres voisines	

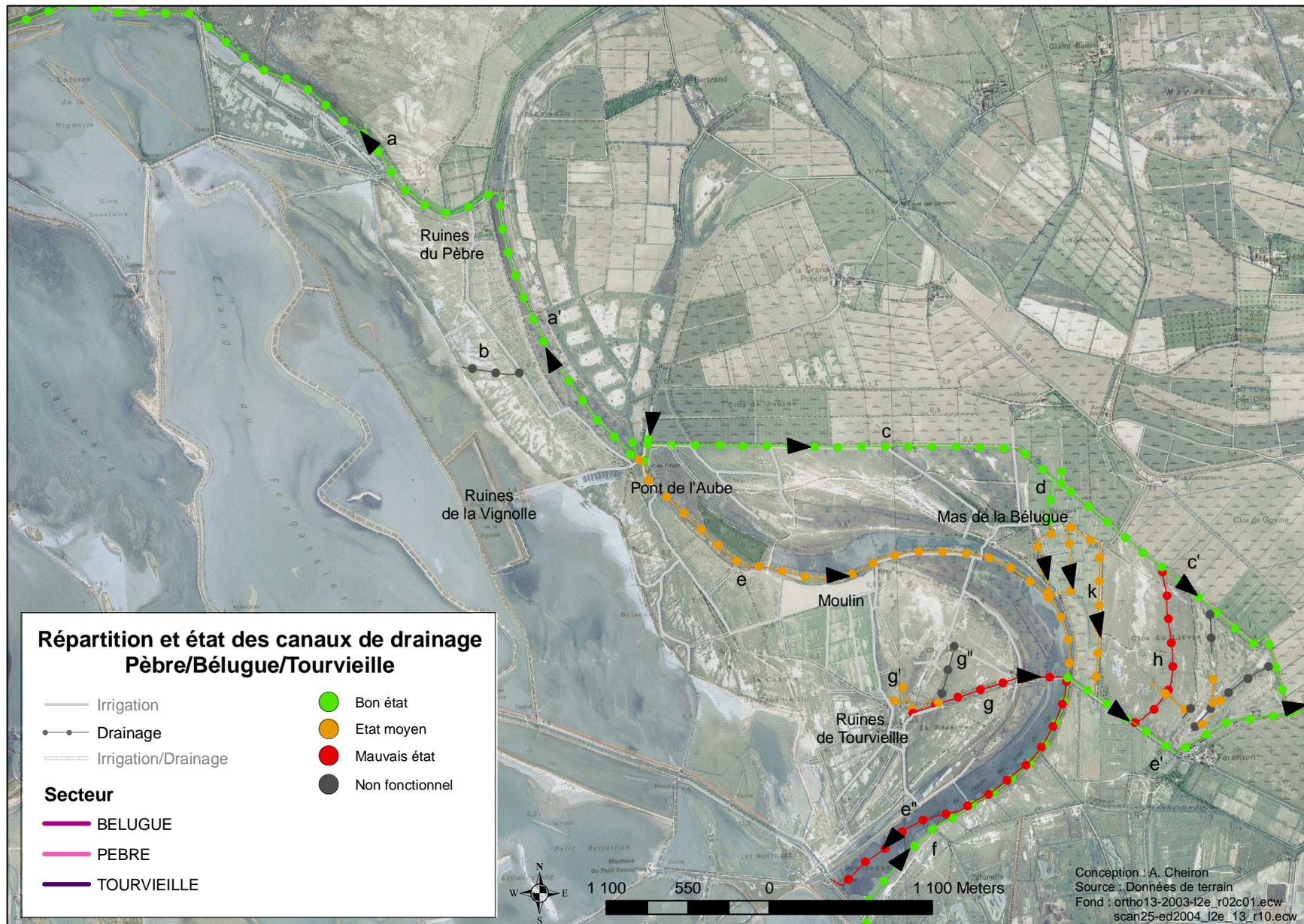


Figure 4 : Répartition et état des canaux d'assainissement du site de la Bélugue

3. Les canaux servant à la fois à l'irrigation et au drainage

Rappelons que la Camargue est caractérisée par une topologie très peu marquée. La faiblesse des pentes permet parfois d'utiliser les canaux dans les deux sens d'écoulement, de façon volontaire ou non. Lorsque les fortes précipitations d'automne ou de printemps recouvrent les terres, la quasi-totalité des canaux servent alors de drainage. Depuis l'endiguement du Delta, toute vie, toute activité humaine dépend totalement des entrées d'eau douce. Lorsque les canaux d'irrigation se trouvent éloignés ou inaccessibles, il arrive d'utiliser directement l'eau de drainage pour mettre en eau certains secteurs. C'est le cas par exemple du *Triangle du Pèbre* qui est mis en eau artificiellement à partir du canal de drainage du *Versadou* (a).

Retrouvons cet exemple ci-dessous avec, encore une fois, la carte de répartition de ses canaux joint à un tableau de synthèse.

Secteur	n° sur la carte	Etat	Remarques	Fonction passée	Fonction actuelle	
Pèbre	A, A'	Bon	Mise en eau à partir du canal de drainage du <i>Versadou</i>		Mise en eau des différentes sections de la zone humide du <i>Triangle du Pèbre</i>	
	B	Non fonctionnel		Irrigation/Drainage de terres cultivées	Accueille une population de Guépriers d'Europe	
					Mares temporaires Drainage lors de fortes pluies	
Bélugue	B'	Moyen		Irrigation/Drainage de terres cultivées	Irrigation/Drainage du Vieux marais du <i>Pèbre</i> possible lorsque les niveaux sont importants	
	C	Mauvais	Atterrissements	Mise en eau du marais de Tamariron	Mise en eau du marais de Tamariron	
			La martelière permettant de capter l'eau d'irrigation au canal de la <i>Bélugue</i> , est en mauvais état			
	D	Moyen		Irrigation/Drainage	Récupération des eaux d'écoulement Irrigation des terres afin d'augmenter leur productivité primaire	
H	Moyen	Atterrissements Passages busés comblés	Irrigation/Drainage de terres cultivées	Mares temporaires Récupération des eaux d'écoulement		
Tourvieille	E', F, F', G	Non fonctionnel	Atterrissements	Irrigation/Drainage de terres cultivées	Mares temporaires Récupération des eaux d'écoulement	
	E			Irrigation/Drainage de terres cultivées	Reçoit les eaux d'irrigation provenant du moulin et de la roubine 5	
					Se jette dans le canal d'irrigation de <i>Tourvieille</i> (8)	
	I	Moyen	Quelques atterrissements		Irrigation/Drainage de terres cultivées	Récupération des eaux d'écoulement
						Mise en eau des baisses du <i>Bouvau</i> Vidange éventuelle des baisses, lorsque les niveaux sont importants
J	Mauvais	Atterrissements	Irrigation/Drainage de terres cultivées	Mise en eau / Vidange des baisses longeant le chemin de <i>Tourvieille</i>		

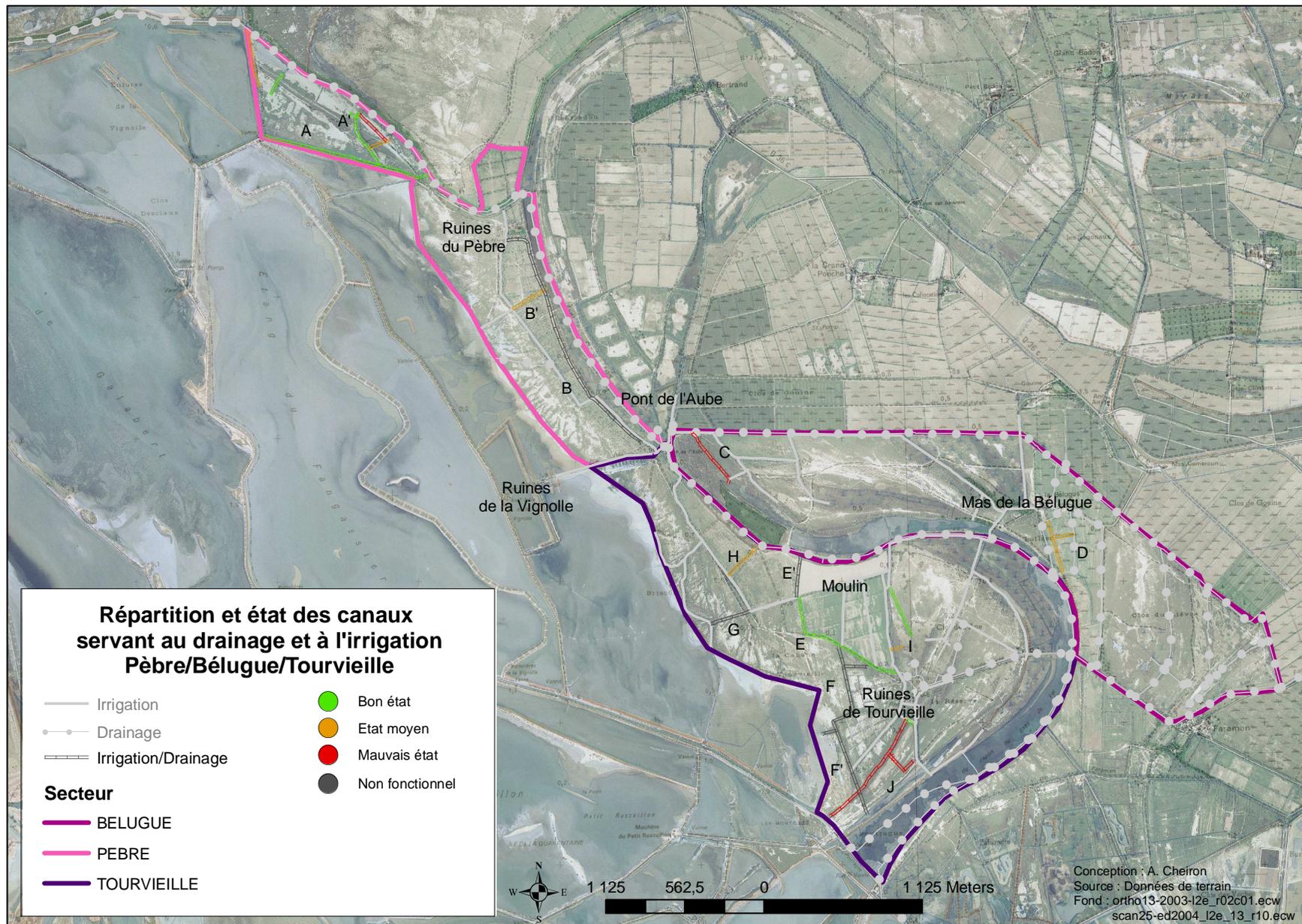


Figure 5 : Répartition et état des canaux servant à l'irrigation et au drainage

4. Les ouvrages hydrauliques

Les marais et terres alentours, territoires modelés par l'homme pour ses activités sont tributaires de la maîtrise de l'hydraulique. Pour y parvenir, les différents gestionnaires (agriculteurs, éleveurs, chasseurs, écologues) se sont dotés d'outils variés, adaptés à chacune des situations rencontrées : les ouvrages hydrauliques. Ces structures stratégiques, qu'elles soient dynamiques – à éléments mobiles – ou statiques, sont essentielles pour la vie et l'existence des zones humides camarguaises. Elles garantissent au quotidien la protection des marais et des terres contre la submersion et les inondations. Elles assurent également une répartition de la ressource en eau adaptée aux enjeux du site. Ces outils n'ont cessés d'évoluer au cours du temps pour optimiser la gestion du milieu. On distinguera ici douze types d'ouvrages différents que l'on peut classer suivant leur fonction (photos en annexe 7) :

- **Les ouvrages d'étagement de plans d'eau**

Leur fonction est de contrôler le niveau d'eau de tout ou partie du plan d'eau. Leur gestion doit être rigoureuse et réactive pour prévenir les intempéries et les excès hydrauliques (inondations, assèchements,...). Il existe une grande variété d'ouvrages dans leur conception, leur dimension, mais aussi au regard du rôle qu'ils assurent. Les **martelières à crémaillère** sont ici les ouvrages les plus sophistiqués, mais aussi les plus efficaces et les plus maniables. On en trouve deux au *Triangle du Pèbre* (1 et 2 fig.6 et annexe 5), servant à la mise en eau et à la vidange de ce secteur prisé par les chasseurs. Une autre (15) a été installée cet hiver au sud du *marais du Vieux Pèbre* afin de mieux contrôler les mises en eau de celui-ci. Enfin, une dernière (31) a été répertoriée au sud-est du secteur *Bélugue*, et permet de larguer les eaux de drainage du site vers *l'égout de rivière*. Les **martelières dites « en plaque »** sont une version plus rudimentaire des premières. Il s'agit d'une buse munie à son extrémité d'un cadre permettant d'y placer une plaque en **métal, bois** ou **plastique**, que l'on abaisse ou l'on hôte suivant les besoins en eau. Ce sont les ouvrages les plus représentés sur le site, mais la majorité n'est pas en bon état. Des « rapiécages » rudimentaires et successifs maintiennent tout de même la fonctionnalité relative de certains. Les batardeaux, nommés « **barrages en plaque** » sur les cartes, assurent un rôle de régulation ou retenue de l'eau et permettent de cloisonner les marais, et de les isoler de certains canaux (cf 37'' fig.6). Ils présentent un aspect de barrage rustique en travers du cours d'eau. Ce sont des ouvrages économiques, mais peu faciles à manœuvrer, compte tenu des masses à manipuler. La mise en eau de la baisse du *Bouvau (Clos de l'Ane, secteur Tourvieille)* dépend de batardeaux situés sur les canaux en amont (33' et 34). Enfin, les **systèmes de surverse**, qu'ils soient en terre (44') ou bien en

Pierre (Pont de l'Aube, 17), servent à maintenir un niveau minimum constant en amont et permet le passage d'eau lorsque celui-ci est dépassé.

- ***Les ouvrages de franchissement***

Il en existe de deux natures : les ***ouvrages de franchissements terrestres***, et les ***ouvrages de franchissements hydrauliques***. Les franchissements terrestres assurent l'accessibilité des terres et des marais aux usagers. Ils sont constitués de ponts, passerelles et passages busés. Certains **ponts**, notamment ceux constitués de traverses en bois sont en partie écroulés ou affaissés. Ils n'affectent en rien le réseau hydraulique, contrairement aux **passages busés**, qui, lorsqu'ils sont bouchés limitent ou bloquent le passage de l'eau. C'est le cas des buses (42,44 fig.6) se trouvant sous le chemin de *Tourvieille*, au sud du château.

Les franchissements hydrauliques, **ouvrages en béton constitués de siphons**, assurent la liaison hydraulique souterraine d'un réseau en présence d'un obstacle tel qu'un canal appartenant à un réseau différent. C'était le cas des ouvrages 21 et 29', qui, lorsqu'ils fonctionnaient encore, permettaient le passage d'un canal d'irrigation sous un canal de drainage.

- ***Les stations de pompage***

Ces outils de gestion permettent de s'affranchir des contraintes topographiques du milieu. Elles sont principalement utilisées pour faciliter l'assainissement vers les exutoires, et ce, quelque soit les niveaux en aval. C'est le cas de la station de pompage du *Pèbre*, qui pompe les eaux de drainage vers le *Versadou*, qui les conduit ensuite à la mer. Elles constituent une amélioration considérable par rapport aux simples rejets par gravité. L'avènement de cette technologie a révolutionné l'exploitation des terres de culture. Seuls des vestiges de ces stations persistent au *Triangle du Pèbre*, au moulin de *Tourvieille* et au niveau des ruines du *Pèbre*. Mais d'après MM. Yonnet et Lambert, des pompes mobiles étaient également utilisées à la *Bélugue* et à *Briscon* pour la mise en eau des rizières. Aujourd'hui une pompe mobile est parfois utilisée pour mettre en eau les marais de la *Bélugue* pendant l'assec estival.

La figure 6 permet de situer tous ces ouvrages. Mais la lecture est plus facile avec l'annexe 5 qui permet une vue de l'espace à plus petite échelle.

Le tableau ci-dessous répertorie les différents ouvrages, et leur état en fonction des secteurs auxquels ils appartiennent

Secteur	Ouvrage	Etat
Bélugue	Buse	2 bon
		5 moyen
		4 mauvais
	Martelière en plaque	1 moyen
		4 mauvais
	Martelière à crémaillère	1 bon
	Ouvrage béton	2 mauvais
Pont en béton	1 moyen	
	1 mauvais	
Pont en bois	1 moyen	
	1 mauvais	
Barrage	1 Mauvais	
Pèbre	Buse	3 bon
		5 moyen
		1 mauvais
	Martelière en plaque	3 bon
		2 moyen
		6 mauvais
	Martelière à crémaillère	3 bon
Pont en béton	1 bon	
Pont en bois	1 mauvais	
Pompe	1 bon	
	1 non fonctionnel	
Tourvieille	Buse	5 moyen
		2 mauvais
		1 non fonctionnel
	Martelière en plaque	3 bon
		7 moyen
		7 mauvais
		2 non fonctionnel
Martelière à crémaillère	1 bon	
Ouvrage béton	1 mauvais	
Pont surverse	1 mauvais	
Surverse en terre	1 mauvais	
Barrage	2 moyen	
	7 Mauvais	

B. Etat des lieux des zones humides étudiées

La plupart des classifications relatives aux zones humides sont fondées sur le caractère prévisible ou non de la mise en eau et sur sa durée (GRILLAS & al., 2004) (Annexe 8).

1. Les marais permanents

Toutes les zones humides présentes sur le site de la *Bélugue* correspondent à la définition de « **zones humides temporaires** » excepté les plans d'eau se trouvant dans l'ancien lit du Rhône, c'est-à-dire, du nord au sud, le *Vieux marais du Pèbre*, *Tamariron*, le *marais de la Bélugue*, le *Vieux Rhône* et la *Poutrague*. Ces zones, souvent plus profondes que

les précédentes (de 30 à 140 cm de profondeur) sont avant tout définies par le caractère permanent de leur inondation, qui leur confère des caractéristiques physiques, géomorphologiques, et écologiques différentes. Ces **marais permanents** sont définis comme « lacs eutrophes » dans la classification des habitats Natura 2000, et plus précisément comme « **plan d'eau eutrophe avec végétation enracinée avec ou sans feuilles flottantes** ».

N'ayant jusqu'à présent aucune connaissance précise des zones humides du site et de leur fonctionnement, une partie non négligeable du stage a été consacré à des relevés de la « topographie des fonds », étude élémentaire mais non moins essentielle.

Le protocole est simple : réaliser un quadrillage du plan d'eau (20 pas par 20 pas), en notant à chaque point, les coordonnées géographiques (à l'aide du GPSmap 60CSx de Garmin), la colonne d'eau et la colonne « eau + vase » à l'aide d'une règle en bois, ainsi que les espèces végétales présentes en leur attribuant un indice de recouvrement de 0 à 3⁸. Cet indice correspond aux pourcentages de recouvrement des végétaux aquatiques rencontrés dans un cercle de 2 m de diamètre. Il est à noter que pour un même point, les pourcentages de recouvrement ne sont pas additionnels entre espèces⁹. Vu l'ampleur du travail de terrain à réaliser, nous avons décidé de concentrer nos efforts sur les deux plans d'eau les plus grands et les plus profonds, à savoir, le *Vieux Rhône* et la *Poutrague*. Un travail de cartographie avec le logiciel ArcGIS 9.1 a permis ensuite de visualiser la forme de ces unités hydrologiques, ainsi que la répartition des différentes espèces de macrophytes et algues rencontrées (Figure 7).

Ce travail de terrain s'est échelonné de mi-avril à fin juin, perturbé par un printemps particulièrement pluvieux et venté. Ces conditions météorologiques sont un biais potentiel de l'étude puisqu'ils agissent sur les niveaux et l'agitation de l'eau sur le marais. Dans chaque unité hydrologique, les niveaux d'eau sur un pieu fixe sont relevés avant chaque prise de mesures, et permettent de corriger ces biais éventuels. Les mesures sont réalisées seulement les jours où l'agitation est à son minimum.

Le marais de la *Poutrague* peut être scindé en deux parties, *Poutrague sud* et *Poutrague nord*. Ces deux zones sont séparées par une digue, mais liées tout de même par la présence d'une buse à l'est et d'un canal à l'ouest.

Observons, dans le tableau ci-dessous, chaque plan d'eau individuellement :

⁸ Indices de recouvrement : 0 = 0 à 5 % de recouvrement ; 1 = 5 à 35% ; 2 = 35 à 70% ; 3 = 70 à 100%

⁹ Plusieurs espèces peuvent avoir un recouvrement de 100% sur un même point, puisqu'elles n'utilisent pas forcément la colonne d'eau de la même manière (hélrophytes, hydrophytes divers...).

Site	Bordures	Sol	Salinité (g/L)	Profondeur (cm)	Eau + vase (cm)	Espèces végétales
Poutrague sud	Salicornes et Soudes	Fond solide (pas de vase)	23,6	Min. : 0 Max. : 120 Moy. : 60	Min. : 0 Max. : 120 Moy. : 60	<i>Phragmites australis</i> (entiers ou rhizomes) <i>Potamogeton pectinatus</i>
Poutrague nord	Joncs Tamaris	Vaseux, Beaucoup de matière organique	0,8	Min : 24 Max : 120 Moy. : 46	Min : 24 Max : 150 Moy. : 61	<i>Potamogeton pectinatus</i> <i>Myriophyllum spicatum</i> Charace (<i>Ludwigia peploïdes</i>)
Vieux Rhône	Joncs Tamaris	Vaseux, Beaucoup de matière organique	0,9	Min : 4 Max : 60 Moy. : 30	Min : 17 Max : 170 Moy. : 65	<i>Myriophyllum spicatum</i> <i>Ludwigia peploïdes</i> Characeae (<i>Potamogeton pectinatus</i>)

- **La Poutrague sud**

Les zones moins profondes, correspondent essentiellement à la présence de *Phragmites australis*, héliophyte émergé, parfois seulement à l'état de rhizomes, stigmates d'une ancienne roselière dense. Seuls des herbiers denses de *Potamogeton pectinatus* semblent prospérer sur la seconde moitié nord de ce bassin.

- **La Poutrague nord**

Cette unité se présente comme plus vaseuse. La roselière occupe une surface plus importante, en meilleure santé, et semble un site de nidification intéressant pour Foulques (*Fulica atra*), Grèbes huppés (*Podiceps cristatus*), Cygnes tuberculés (*Cygnus olor*) et autres Hérons pourprés (*Ardea purpurea*). Ces nidifications se réalisant au printemps, aucun passage au milieu des roseaux n'a été effectué afin d'éviter toutes perturbations. Ce marais est colonisé par *Potamogeton pectinatus*, qui partage le milieu avec *Myriophyllum spicatum*, essentiellement au centre du bassin, dans les zones les plus profondes. A ces macrophytes s'ajoutent des Characées, algues qui semblent tapisser préférentiellement les zones de battance, zones moins profondes. Quelques Jussies (*Ludwigia peploïdes*) commencent à s'implanter sur la partie nord de ce marais, ainsi que sur le lône annexe avec lequel il est connecté.

- **Le Vieux Rhône**

Troisième complexe hydrologique étudié, est colonisé majoritairement par *Myriophyllum spicatum* et *Ludwigia peploïdes*, espèce invasive qui tend à prendre le dessus. Quelques zones de *Potamogeton pectinatus* demeurent au nord et à l'ouest accompagné de Charophytes. Ce marais semble être le moins profond mais il est en fait le plus envasé des trois zones étudiées, avec des points atteignant parfois 130 cm de vase.

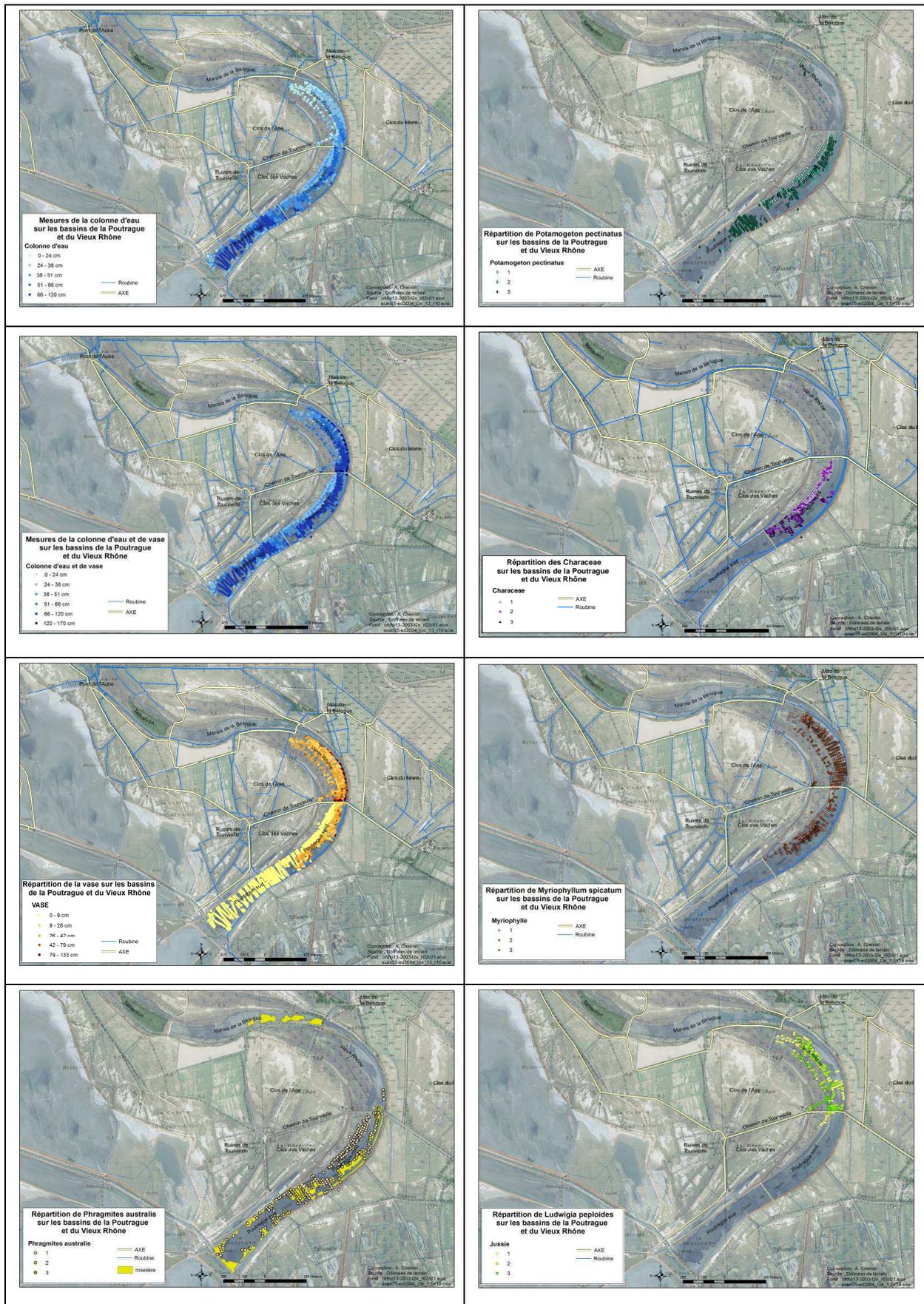


Figure 7 : Répartition des niveaux d'eau, de vase, et de la végétation sur les zones humides permanentes

2. Les zones humides temporaires

Une « **zone humide temporaire** » est un milieu caractérisé par des alternances de phases inondées et exondées, quelles que soient la durée et la fréquence de ces phases. Leur distribution est principalement fonction des caractéristiques climatiques (bilan précipitations/évaporation), et dans une moindre mesure, de la géomorphologie du site (GRILLAS & al., 2004).

Une grande diversité de zones humides correspond à cette définition :

- **Bordures fluctuantes des plans d'eau permanents.** Il s'agit des bordures du *Vieux Rhône*, des marais de la *Bélugue*, et de *Tamariron*, qui subissent des fluctuations saisonnières de niveaux (d, tableau 1).
- **Mares et ruisseaux temporaires :** toutes les roubines non fonctionnelles et les baisses naturelles qui recueillent les eaux de pluie et d'écoulement (a, b, d, tableau 1). On les trouve essentiellement à l'est du *Clos du lièvre*, sur les limites ouest des secteurs *Pèbre* et *Tourvieille*, ainsi que dans le secteur *Bélugue*.
- **Les plaines d'inondation,** grandes étendues au milieu des sansouïres, habitat le plus représenté sur le site. Elles s'inondent au printemps et à l'automne, lors de fortes précipitations (a, tableau 1).
- **Mares et marais à fonctionnement artificialisé** comme ici les marais de chasse du *Triangle du Pèbre* et du *Bouvau*, ou encore les marais du *Clos des vaches* et la *Baisse du milieu*.

Tout comme pour les marais permanents, seules deux zones humides temporaires ont été étudiées. Le choix s'est porté sur les marais du Triangle du *Pèbre* et sur les deux baisses du *Bouvau*, ces zones faisant acte d'une gestion à intérêts cynégétiques.

Pour chaque site, mesures de **salinité**, aspect général des **sédiments**, et caractérisation des **espèces végétales** présentes ont été réalisées grâce à l'aimable participation de Jean-Baptiste Mouronval, spécialiste des hydrophytes des zones humides à l'ONCFS. Les espèces végétales sont contactées sur trois points d'un transect coupant chaque bassin de part en part.

Les résultats sont répertoriés dans le tableau ci-dessous.

Site	Point	Niveaux (cm)	Salinité (g/L)	Sédiments	Espèces présentes	Pourcentage de recouvrement général	Aspect général
Bouvau 1	1	32	4.6	Vaseux, noir, réduit, beaucoup de matière organique	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ludwigia peploïdes</i>	100% 30%	Eaux claires. Au centre de la baisse, point le plus représentatif
	2	10	5.4		<i>Ranunculus peltatus</i> , <i>Zannichellia pedicellata</i> , <i>Potamogeton pusillus</i>	1% 10% 20%	Point haut probablement soumis à un assèchement régulier
	3	9	5.4	Vaseux, gris, moins réduit, moins de matière organique	<i>Potamogeton nodosus</i> , <i>Zannichellia pedicellata</i> <i>Myriophyllum spicatum</i>	5% 80% 40%	Zone de bordure plus souvent asséchée, mais tout de même sédimentée
Bouvau 2	1, 2, 3	25	8.3	Moins réduit, pauvre en matière organique,	<i>Chara vulgaris</i> , <i>Potamogeton nodosus</i> , <i>Potamogeton pusillus</i> , <i>Myriophyllum spicatum</i>	40% 10% 10% 10%	Eaux relativement turbides. Recouvrement par les hydrophytes faible
Triangle du Pèbre	1	18	4.5	Sédiments clairs, peu de matière organique	Algues filamenteuses, <i>Potamogeton pectinatus</i> , <i>Chara aspera</i> , <i>Chara Canescens</i>	60% 30% 30% 25%	Eaux relativement claires. Allure homogène
	2	16	4.5		Algues filamenteuses, <i>Potamogeton pectinatus</i> , <i>Chara aspera</i> , <i>Chara Canescens</i>	40% 20% 40% 40%	

III. Discussion et préconisations

Tout comme les autres habitats, les zones humides naturelles et semi-naturelles de Camargue, et plus particulièrement de la *Bélugue*, n'échappent pas aux changements globaux, et sont soumis à une artificialisation toujours plus importante de leur gestion, motivée par un changement des pratiques agricoles (ici la mise en eau forcée pour l'augmentation de la biomasse végétale) et par les usages socio-économiques (essentiellement la chasse). Cette gestion de l'eau associée à ces activités conduit souvent à une perte de la spécificité méditerranéenne de ces marais et à la prolifération d'espèces introduites. L'estimation de la **biodiversité** et des **valeurs écologiques** de ces zones humides – au travers de programmes de suivis scientifiques d'espèces patrimoniales (Héron pourpré, Butor étoilé) –, des **intérêts socio-économiques** (gibiers d'eau) et des **préoccupations de conservation** (Jussies, Bacharris) est relative à la connaissance de l'**hydrologie** (qualité des eaux, régimes saisonniers), de l'état **hydraulique** et des **usages** inhérents à ces milieux. Ces interprétations servent à identifier les options de gestion qui maximisent la biodiversité sans pour autant compromettre les activités socio-économiques qui contribuent à la durabilité de ces marais.

Organisons notre réflexion en deux groupes distincts : les **zones à inondation permanente** et les **zones amphibies temporaires**. L'analyse de l'état des réseaux hydrauliques permettant, à terme, une gestion cohérente de ces sites, sera incluse dans ces deux axes. L'intérêt de chaque canal sera rapporté à la zone dont il dépend.

A. Les marais permanents

Revenons sur les tableaux et cartes présentés dans la partie « résultats », qui nous donnent une idée de l'état général des marais *Poutrague sud*, *Poutrague nord* et *Vieux Rhône*.

1. *Poutrague sud*

- *Un marais plutôt salé*

Sur l'ensemble des trois zones étudiées, ce marais semble particulier. **Sol peu vaseux**, bordures d'**halophytes** (*Sueda fructicosa*, *Sarcocornia fructicosa*) en expansion, roselières en diminution¹⁰, sont des critères qui tendent à penser à une **salinisation du milieu**, surtout à l'extrémité sud du bassin. Cette idée est confortée par une salinité mesurée de 23g/L, ainsi que par la répartition des macrophytes. En effet, seul *Potamogeton pectinatus* semble y proliférer, mais reste quasi-absent de la partie sud. Cette espèce cosmopolite est connue pour sa grande tolérance à la salinité, aux pollutions, et à l'agitation du milieu (Agence de l'eau, 1997 – Com. Pers. J-B. MOURONVAL – PRESTON, 1995). Cette dernière peut ici être importante lorsque le Mistral souffle, puisque la grande étendue d'eau n'est pas entourée de strates arborées protectrices. Ces importantes teneurs en sel pourraient s'expliquer par des **fuites possibles au niveau de la digue sud**, qui sépare la *Poutrague* des eaux provenant des salins, par des **liens avec la nappe phréatique salée**, ou encore par **l'absence de liaison directe avec le réseau d'eau douce**. La martelière permettant la vidange de la *Poutrague* vers le sud a été supprimée cet hiver. Les eaux salées profitaient sans doute de ce passage, poussées par les vents du sud et de l'ouest.

N.B : Notons tout de même que les relevés de végétations ont eu lieu début avril, période où peut être seuls les Potamots, qui ont un développement plus précoce que les autres macrophytes, étaient visibles. Des passages plus tardifs sur le terrain ont permis de valider nos observations.

- *Les roselières, un intérêt patrimonial certain*

Les roselières constituent un habitat d'alimentation, de reproduction, et un abri très important pour l'avifaune tel que le héron pourpré, le butor étoilé et le blongios nain, ou encore les passereaux paludicoles (Panure à moustache, Locustelle lusciniöide, Bruant des roseaux, Rousserolles turdoïde et effarvate, Lusciniöle à moustache) qui y nichent et/ou s'y

¹⁰ Sa croissance diminue dès 10 g/L (D'après communication personnelle de G. Hemery - photographies aériennes de 1944 – SINnASSAMY, 2001).

alimentent lorsqu'elles sont en eau. La faune des invertébrés aquatiques ou aériens y est, elle aussi, très diversifiée.

Depuis 2004, les roselières de la *Poutrague* ont fortement régressé, probablement suite aux aménagements cloisonnant le cours du *Vieux Rhône* favorisant la salinisation. Ces roselières accueillait des effectifs intéressants de Héron pourpré¹¹, représentant jusqu'à 64% des effectifs reproducteurs de l'île de Camargue. En 2004, dernière date d'installation observée, une quinzaine de nids étaient dénombrés sur le site (données Tour du Valat, annexe 9). Quatre individus seulement ont été observés de manière répétitive pendant la période de relevés.

• *Préconisations*

La valeur patrimoniale de ces roselières tend à préconiser un ensemble de mesures favorisant leur retour :

- S'assurer de l'isolation du secteur avec les eaux plus salées des salins,
- Reconnecter le marais avec le réseau d'irrigation en restaurant la roubine 8' et en installant une martelière permettant le contrôle des entrées d'eau,
- Reconnecter les unités nord et sud de la *Poutrague* en créant des passages ouverts en permanence dans la digue qui les sépare,
- Installer une martelière permettant l'évacuation des eaux vers le canal de drainage f. (l'étude de la topographie des fonds nous permet de choisir la zone la plus profonde soit l'emplacement N43.405579° E4.680726° situé au nord est du marais).
- Respecter les cycles naturels d'assèchement. Les zones profondes demeurent inondées en permanence, mais l'assèchement estival de la ceinture (2 ou 3 mois tous les 2 à 5 ans), permet une oxygénation de la matière organique favorable à l'expansion de *Phragmites australis* par croissance souterraine des rhizomes. L'assèchement printanier progressif assure des conditions idéales à la germination des graines (SINNASSAMY, 2001).

Le passage d'eau douce d'irrigation, permettra de **dessaler la zone**, de **limiter l'eutrophisation** et ainsi de **favoriser la colonisation par les macrophytes** (*P. pectinatus*, *P. pusillus*, *Zannichelia palustris*...) et les Characeae, appréciés des oiseaux d'eau.

¹¹ *Ardea purpurea* : code Natura 2000 = A029, Annexe I de la Directive oiseaux ; Annexes II des conventions de Berne et de Bonn ; Liste rouge nationale : espèce en déclin

2. Poutrague nord

Cette zone, bien que connectée à la *Poutrague* sud, est complètement différente. Le sol présente cette fois une couche de vase plus importante, matière en suspension sans doute apportée par les eaux de drainage (canal e’’). Les niveaux d’eau en moyenne inférieurs, et la faible salinité (0,8 g/L), sont propices à une meilleure santé des roselières. Ici, la population de *Potamogeton pectinatus* est relativement dense et réparti sur toute la zone. Elle est tout de même plus importante dans les zones les plus profondes, accompagnée d’une autre hydrophyte, *Myriophyllum spicatum*. Cette dernière est une habituée des marais doux permanents, souvent considérée comme envahissante. Bien que couramment présente dans les contenus stomacaux des oiseaux d’eau de Camargue, elle n’est jamais abondante car ne fait pas partie de leurs aliments prioritaires, contrairement au *P. pectinatus*. Cependant, ces herbiers semblent être un excellent hôte pour les invertébrés (Com. Pers. J-B MOURONVAL – TAMISIER, 1999).

Les parties soumises aux fluctuations de niveaux, sont colonisées par des herbiers de Charophytes, algues pionnières de type r (produisant rapidement une importante biomasse), qui tapissent les fonds (MOURONVAL, 2005). Elles se développent également entre les rhizomes des roseaux. Ce groupe taxonomique est d’un grand intérêt pour la biodiversité : il peut accueillir une biomasse de macro-invertébrés 12 fois supérieure à celle trouvée dans les herbiers de *P. pectinatus*. Maintenant des parties végétatives en hiver, elles sont sources de nourriture très prisées par les Sarcelles d’hiver (*Anas crecca*), Foulques (*Fulica atra*), et Cygnes tuberculé (*Cygnus olor*) pour leurs oogones, mais surtout par les Nettes rousses (*Netta rufina*) pour leurs parties végétatives (Com. Pers. J-B MOURONVAL – TAMISIER, 1999). Tout comme les myriophylles, les populations d’invertébrés qu’elles abritent attirent les espèces zoophages comme occasionnellement les Sarcelles d’été (*Anas querquedula*) ou les canards Souchet (*Anas clypeata*) (TAMISIER, 1999). L’observation d’une centaine de Nette Rousse sur ce plan d’eau confirme ces données scientifiques.

• **Préconisations**

Les actions menées sur la partie sud concernent évidemment cette zone, puisque des ouvertures doivent permettre un échange libre des eaux.

- La digue ne doit pas être complètement supprimée, car elle semble abriter la roselière, plus dense de part et d’autre de celle-ci.
- La roselière reste l’élément prioritaire à favoriser. Aux préconisations précédentes s’ajoutent des travaux de réinstallation de la martelière 38

permettant la reconnexion avec le Vieux Rhône, et la mise en place éventuelle d'un système de clapet (38'') pour permettre la vidange de la zone vers les canaux f et e' sans entrée des eaux de drainage.

3. Vieux Rhône

Il s'agit de la zone la plus envasée. Elle est régulièrement en lien avec le réseau d'assainissement par l'intermédiaire d'interruptions dans la digue la séparant du canal de drainage du Japon (e). La roselière est ici réduite à l'extrémité sud-est.

• **Un problème majeur : les espèces envahissantes**

Bien que quelques Charophytes et Potamots se développent au nord, la zone est principalement envahie par des populations denses de *Myriophyllum spicatum* et *Ludwigia peploides*. Les deux espèces sont envahissantes, la première étant indigène alors que la seconde est originaire d'Amérique latine et posent des problèmes dans une grande majorité des régions françaises. Les désagréments occasionnés par *Ludwigia* sont partiellement d'ordre physique telles que les gênes vis-à-vis des écoulements ou une accélération du comblement des milieux. Les modifications engendrées par sa prolifération peuvent être plus profondes en ce qui concerne le fonctionnement écologique des milieux : banalisation écologique de certains biotopes, piège pour les poissons... La forte dynamique de *Ludwigia* en fait un compétiteur très efficace des espèces indigènes. Cette plante est capable de faire régresser et disparaître l'ensemble des hydrophytes enracinées, et une partie des héliophytes de petite taille (Agence de l'eau, 1997).

• **Préconisations**

Les activités majeures à mener ici, sont des actions de **lutte contre la Jussie**.

- **Eviter sa prolifération** dans les autres zones en posant, par exemple, des filtres sur les ouvrages de connexion avec la *Poutrague*, et sur toutes les autres sorties potentielles.
- Cette lutte pourra se faire par **méthodes préventives** : modifier la qualité physico-chimique de l'eau en évitant l'apport en matière organique et en nutriments, par exemple en **isolant le marais des eaux de drainage**. Pour se faire, une contre digue devra être construite côté canal de drainage du *Japon*. Cette construction a pour intérêt majeur de préserver la végétation de la berge existante, et notamment les *Tamaris* qui accueillent des couples nicheurs de Hérons Bihoreaux.

- Les **assecs prolongés** ont souvent des effets bénéfiques, mais vont être difficiles à réaliser sur cette zone, tant que celle-ci n'est pas isolée. Idéalement l'assec devrait durer 1 an, mais difficilement envisageable en prenant en compte les précipitations. Un assec de 3 à 4 mois à partir de mai devra donc être répété tous les ans, jusqu'à ce que ses effets bénéfiques apparaissent.
- Les **méthodes curatives**, manuelles ou mécaniques sont aussi possibles. Le choix de la méthode de lutte devra être étudié ultérieurement de manière à trouver un rapport qualité/prix/entretien/main-d'œuvre le meilleur possible. Des ouvrages sur le sujet existent comme le manuel de l'Agence de l'eau « *Biologie des espèces végétales aquatiques proliférant en France* » ou encore le guide technique 2002 de l'ATEN « *Pour contrôler la prolifération des Jussies dans les zones humides méditerranéennes* ».

B. Les marais temporaires

Analysons maintenant les résultats observés pour les zones humides temporaires. Nous avons attribué une note à chacune d'elles en prenant en compte leur naturalité, et leur intérêt vis-à-vis des espèces présentes, et leur état actuel.

1. Le marais du *Bouvau*

Cette zone est dominée par des espèces vivaces à caractère envahissant, qu'elles soient indigènes (*Myriophyllum spicatum*) ou exogènes (*Ludwigia peploïdes*), ce qui rend sa valeur patrimoniale faible voire nulle (note = 0/10). La seconde *baisse*, plus à l'est, présente un recouvrement plus faible où le peuplement est dominé par *Chara vulgaris*, *Potamogeton nodosus*, *P. pusillus* et *M. spicatum*. Etant moins monospécifique, la valeur patrimoniale de cette zone est meilleure (5/10).

L'aspect des sédiments, associé à cette végétation, signent le caractère permanent à semi-permanent de la mise en eau. Les bordures, elles, présentent des espèces caractéristiques de zones plus régulièrement asséchées (*Zannichellia pedicellata* notamment)

De même que pour le Vieux Rhône, il serait très souhaitable d'éliminer la Jussie et d'éviter sa propagation à des baisses voisines.

Le myriophylle ne présente pas un grand intérêt pour les oiseaux d'eau, à l'exception du canard chipeau qui en consomme les feuilles.

• *Préconisations*

Le remplacement des Myriophylles et de la Jussie par une végétation plus typique passe par la mise en place d'un régime d'assec plus soutenu qu'actuellement.

- Dans un premier temps, un assec précoce (mars-avril) se prolongeant tard en saison (août-septembre) serait bénéfique pour éliminer Jussie et Myriophylles
- Ensuite, des **assecs annuels ou quasi-annuels de mi-juin/juillet jusqu'à septembre** permettraient de favoriser des espèces annuelles intéressantes d'un point de vue écologique et cynégétique. Les Characées ou *Zannichellia* par exemple, sont souvent accompagnées d'autres macrophytes aquatiques, et sont donc plus favorable à une diversité spécifique du milieu. Celui-ci devient ainsi plus attractif pour les oiseaux d'eau herbivores (chipeau, foulque, nette rousse) et granivores (colvert, sarcelle d'hiver et d'été, pilets). Même les espèces zoophages (sarcelles d'été, souchets) seront attirées par l'importante faune qui trouve refuge dans ces herbiers.

Pour permettre cette gestion du *Bouvau*, un certain nombre de travaux devront être menés :

- Les roubines d'irrigation, du canal de Gouine (7) jusqu'à son arrivée dans la Poutrague (8'), en passant par la roubine de Tourvieille (8) devront être remises en état. Il s'agira essentiellement de reconnecter les différents canaux en remplaçant les ouvrages défectueux (29', 34, 36, 44, 44''). Les barrages qui servent actuellement à gérer la mise en eau du *Bouvau* (34) seront remplacés par une martelière à crémaillère, plus pratique.
- Le système de drainage (g, g'), au sud, devra être simplifié et les canaux reprofilés et entretenus.
- Le tronçon de la roubine de *Tourvieille* (8) qui longe le marais de la *Bélugue* abrite une population de Cistude d'Europe, espèce faisant l'objet de protections nationale et européenne (Annexe II de la Directive Habitat). Des prospections complémentaires devront permettre de répertorier de manière plus fine cette population sur l'ensemble du site (taille de la population, structure démographique, zones de ponte et zones aquatiques utilisées). Les travaux sur ce canal devront tenir compte de cette présence, et être proscrits d'octobre à juillet.

2. Le Triangle du Pèbre

La zone humide du *Triangle du Pèbre* est fragmentée en plusieurs unités hydrologiques. Les parties sud et ouest sont colonisées par *Phragmites australis*. Les zones d'eau libre présentent des peuplements dominés par *Chara aspera* et *Chara canescens*, accompagnées de *P. pectinatus* qui ne semble pas dans son état optimal. Comme nous l'avons vu précédemment, les herbiers de Characées correspondent à un habitat intéressant à préserver. C'est d'autant plus le cas ici, avec la présence de *C.canescens*, espèce relativement rare et menacée dans la région (Com. Pers. J-B MOURONVAL), qui correspond à un écosystème typiquement méditerranéen. La valeur patrimoniale de ce secteur est donc plus importante que celle du Bouvau (7/10). Pourtant, l'ensemble de la zone est mise en eau uniquement à partir des eaux de drainage du Versadou, eaux sans doute polluées par leur utilisation agricole (riziculture). Etrangement, ce détail ne semble pas perturber le développement des Characées, pourtant sensibles aux pollutions et apports organiques. La prise d'eau principale se situe au nord-ouest de la zone, qui est caractérisée par la présence des roseaux. Une hypothèse sur le pouvoir « phyto-épurateur » de ses plantes pourrait être une explication plausible à cette contradiction.

• *Préconisations*

- L'objectif principal ici va être de **favoriser le développement des Characées** déjà présentes, et pourquoi pas d'autres espèces comme *Chara baltica* qui présente les mêmes besoins. Pour cela, une gestion basée sur la mise en place d'un **assec estival** d'au moins deux mois devra être établie. La zone devra idéalement être asséchée pendant le stade végétatif de *P. pectinatus* (de juin à septembre) afin de pénaliser son maintien, et ainsi laisser place à l'installation des Charophytes.
- Une étude détaillée et un suivi de **l'analyse physico-chimique de l'eau** dans le canal, et dans la zone humide, devront être mise en place afin de faire face aux éventuelles pollutions. Les apports d'eau des rizières se faisant essentiellement vers les mois d'avril et de mai, un arrêt de la mise en eau du Triangle du Pèbre pendant cette période serait judicieuse.

3. Les autres zones humides

Les deux zones humides temporaires étudiées ci-dessus sont assez représentatives des autres zones du site, qui mériteraient également une caractérisation approfondie. Certaines

comme la *baisse de Briscon*, située juste au sud des ruines de la *Vignolle*, présentent aussi des intérêts écologiques particuliers. Une prospection sur les Odonates au mois de juin dernier a permis de découvrir une population de *Lestes macrostigma* dans les *Scirpus maritimus* de la zone. « Cette magnifique libellule est certainement l'espèce d'Odonate la plus intéressante et la plus typique de la Camargue sauvage » (FATON, DELIRY, 2000). Il s'agit d'une espèce adaptée aux milieux salés, mais la présence d'eau douce en mai-juin semble nécessaire. Les œufs sont pondus à l'intérieur de la partie sommitale des tiges triangulaires du *Scirpus maritimus* (entre le 15 mai et le 15 juin dans le sud et l'ouest de la France) où ils passeront l'hiver en diapause. Les larves se laissent tomber dans l'eau au printemps (en mars) et s'y développent. L'espèce se trouve sur la **liste rouge des espèces menacées en France**, et est notamment menacée par **la destruction de ses habitats**, les **insecticides** (démoustication), et le **surpâturage** (les œufs passent l'hiver dans la partie supérieure des scirpes, qui ne doivent pas trop être boutés pour que l'espèce puisse survivre). Etant rare sur le littoral de Méditerranée occidentale, il semble être un bon indicateur d'un certain type de gestion traditionnel des marais saumâtres, faiblement pâturés (FATON, DELIRY, 2000).

- **Préconisations**

- Une étude plus approfondie sur *Lestes macrostigma*, et plus généralement sur les autres Odonates mérite d'être mise en place sur l'ensemble du site, qui présente d'autres zones humides avec *Scirpus maritimus*. Une étude sur les effets éventuels des insecticides utilisés dans la démoustication est en cours de réalisation.
- *La baisse de Briscon*, et les autres spots éventuels, devront faire l'objet d'une gestion particulière visant à protéger cette libellule. L'effet du pâturage doit être analysé, et s'il se trouve avéré, des mesures de limitation du passage des troupeaux dans ces zones pendant le cycle larvaire de l'insecte devront être mises en place.

Les zones humides temporaires du *Clos du lièvre* semblent faire partie des secteurs les plus intéressants d'un point de vue écologique et écosystémique. Elles présentent certaines caractéristiques des mares temporaires méditerranéennes. Le diagnostic écologique de ses zones devra être réalisé.

IV. Conclusion

La notice de gestion du site de la *Béluque* présentait quelques objectifs généraux de la gestion d'attente :

- « évaluer l'état de conservation des zones humides »,
 - « étudier la possibilité de reconstituer la continuité hydraulique du Vieux Rhône »,
 - « étudier le fonctionnement hydrologique des abords du Vieux Rhône »
- en sont des exemples.

L'objectif de ce travail était d'y répondre au mieux, et d'élaborer des propositions de gestion, non pas construites sur des études scientifiques détaillées (qui doivent obligatoirement être réalisées pour la rédaction d'un plan de gestion), mais sur un ensemble d'observations et de données récoltées sur le terrain. L'objectif peut être considéré comme rempli. Ce travail, partagé entre une grande part de **terrain**, de **bibliographie**, de **rédaction** et de **cartographie**, a permis de réaliser des cartes relativement précises, sinon exhaustives, des **canaux et des ouvrages hydrauliques** présents sur le site. Cela s'inscrit dans une **gestion primaire et à court terme** du site, qui posera des bases solides permettant ensuite l'élaboration du plan de gestion. Le **diagnostic de certaines zones humides** a été entamé et permet de mieux comprendre le fonctionnement de ces écosystèmes. Il devra être poursuivi sur les autres secteurs.

Ce travail a mis en valeur l'état souvent déplorable des réseaux d'irrigation et d'assainissement du site, et conduit à un projet de réhabilitation, dont la priorité est de :

- **rétablir le réseau principal d'irrigation** (canaux 7, 8 et 8' essentiellement),
- ainsi que celui **d'assainissement** (a', e et e').

Les autres roubines du site demeurent, pour la plupart, un simple vestige de l'exploitation passée, mais ont trouvé une nouvelle fonction écologique en créant une multitude de mares temporaires, habitat d'intérêt prioritaire. Elles permettent également de récupérer les eaux de ruissellement des terres inondées lors de fortes précipitations.

Une fois ces réseaux réhabilités, une **gestion cohérente de chaque zone humide** pourra être mise en place. L'étude « bathymétrique » et celle de la végétation dans la partie sud du *Bras-de-fer* ont permis de caractériser ces zones et de suggérer quelques **recommandations de gestion**. Evidemment, des analyses plus approfondies seront nécessaire afin de choisir la meilleure gestion possible, qui dépendra aussi du coût des travaux à réaliser.

Ainsi, nous retiendront l'intérêt :

- du **retour de roselières prospères sur l'ancien cours du Rhône**, permettant la **réapparition d'une importante colonie de Héron pourpré**, espèce en déclin en Camargue ;
- de l'importance de la **lutte contre les espèces invasives** telle que la Jussie (*Ludwigia peploides*),
- du **maintien d'herbiers à characées typiques des habitats méditerranéens**, et favorables à la biodiversité faunistique et floristique.

Le développement de ces herbiers devrait être considéré positif par le gestionnaire d'espace naturel (PNRC) mais aussi par les chasseurs qui bénéficieront de zones appréciées par le gibier d'eau. Cette dernière remarque n'est pas négligeable quand on connaît le contexte social camarguais.

Des questions essentielles demeurent. Sans parler des groupes qu'il reste à étudier comme les communautés de poissons, ou d'invertébrés, la question d'une gestion à vocation « naturelle » persiste. En effet, dans le contexte d'un espace finalement « anthropisé » par sa dépendance à l'eau douce, qui s'est formé et transformé au fur et à mesure de gestions à vocations parfois contradictoires (production de sel vs riziculture, élevage, chasse...), on peut se demander où se situe la « naturalité » du fonctionnement de ces écosystèmes, et s'il existe réellement une gestion idéale de ces écosystèmes.

Bibliographie et autres sources documentaires

HEMERY G. & AL., 2008. *Fangassier – Pèbre – Bélugue, éléments de connaissance pour la mise en place d'une gestion d'attente*.

Conservatoire du littoral et Parc Naturel Régional de Camargue.

RIVIERE-HONEGGER A., 1990. *L'eau en Camargue : contribution de la géographie culturelle à la définition de paramètres pour une gestion optimale de l'eau*. Thèse de Doctorat "Espace et Société". Université P. Valéry, Montpellier III.

CHAUVELON P, MATHEVET R, 2007. *Carrefour des eaux à l'interface nature société : l'hydrosystème camarguais*. Station biologique de la Tour du Valat.

PNR de Camargue, 2003. *L'exploitation du sel en Camargue*.

http://www.parc-camargue.fr/Francais/upload/le_sel_en_camargue.pdf

Entretien personnel avec René LAMBERT, gardian pour la manade Yonnet dans les années 1950-1960.

CHATEL T., 2004. *Une brève histoire du Rhône : la formation géologique de la Camargue*. Parc naturel régional de Camargue.

Diverses sources bibliographiques du XVIIème aux débuts du XXème non signées et non datées précisément. Archives municipales d'Arles.

AUFRAY R. et PERENNOU C., 2007. *Evolution de la Camargue : pollution et santé*. Observatoire Camargue ; Tour du Valat. 27 p.

GRILLAS P., GAUTHIER P., YAVERCOVSKI N. et PERENNOU C., 2004. *Les mares temporaires méditerranéennes, volume 1 : Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion*. Programme Life ; Station biologique de la Tour du Valat

Entretien avec Jean-Baptiste MOURONVAL, Office National de Chasse et de Faune Sauvage, Le Sambuc, 13200 ARLES.

Anonyme – Agence de l'eau, 1997. *Biologie et écologie des végétaux proliférants*. Synthèse bibliographique, Les études de l'Agence de l'eau.

POULIN B., 2005. *Biodiversity, management, and uses of Camargue marshes*. Station biologique de la Tour du Valat

PRESTON C.D., 1995. *Pondweeds of Great Britain and Ireland*. BSBI Handbook N°8.

SINNASSAMY J-M. & MAUCHAMP A., 2001 – *Roselières : gestion fonctionnelle et patrimoniale*. ATEN édit., Fondation EDF, Réserves Naturelles de France & Station Biologique de la Tour du Valat publ. Cahiers Techniques N°63 : 1-96.

TAMISIER A., DEHORTER O., 1999. *Camargue, canards et foulques. Fonctionnement et devenir d'un prestigieux quartier d'hiver*. Centre Ornithologique du Gard, Nîmes. 369p.

MOURONVAL J-B., 2005. *Les oiseaux d'eau des carrières alluvionnaires du Perthois: structure du peuplement et relations avec les variables environnementales*. Mémoire de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, Montpellier.

GRILLAS P., 1990. *Distribution of submerged macrophytes in the Camargue in relation to environmental factors*. Journal of Vegetation Science 1:393-402.

GUILLEMAIN M. *Fiche espèce: Le canard colvert, Anas platyrhynchos*. ONCFS, CNERA Avifaune migratrice. Station de la Tour du Valat

DEFOS DU RAU P. *Fiche espèce: La nette rousse, Netta ruffina*. ONCFS, cellule technique, délégation régionale Midi-Pyrénées.

FATON J-M. & DELIRY C., 2000. *Lestes macrostigma en Camargue. Bilan des prospections 1999/2000*

www.parc-camargue.fr/

www.reserve-camargue.org/

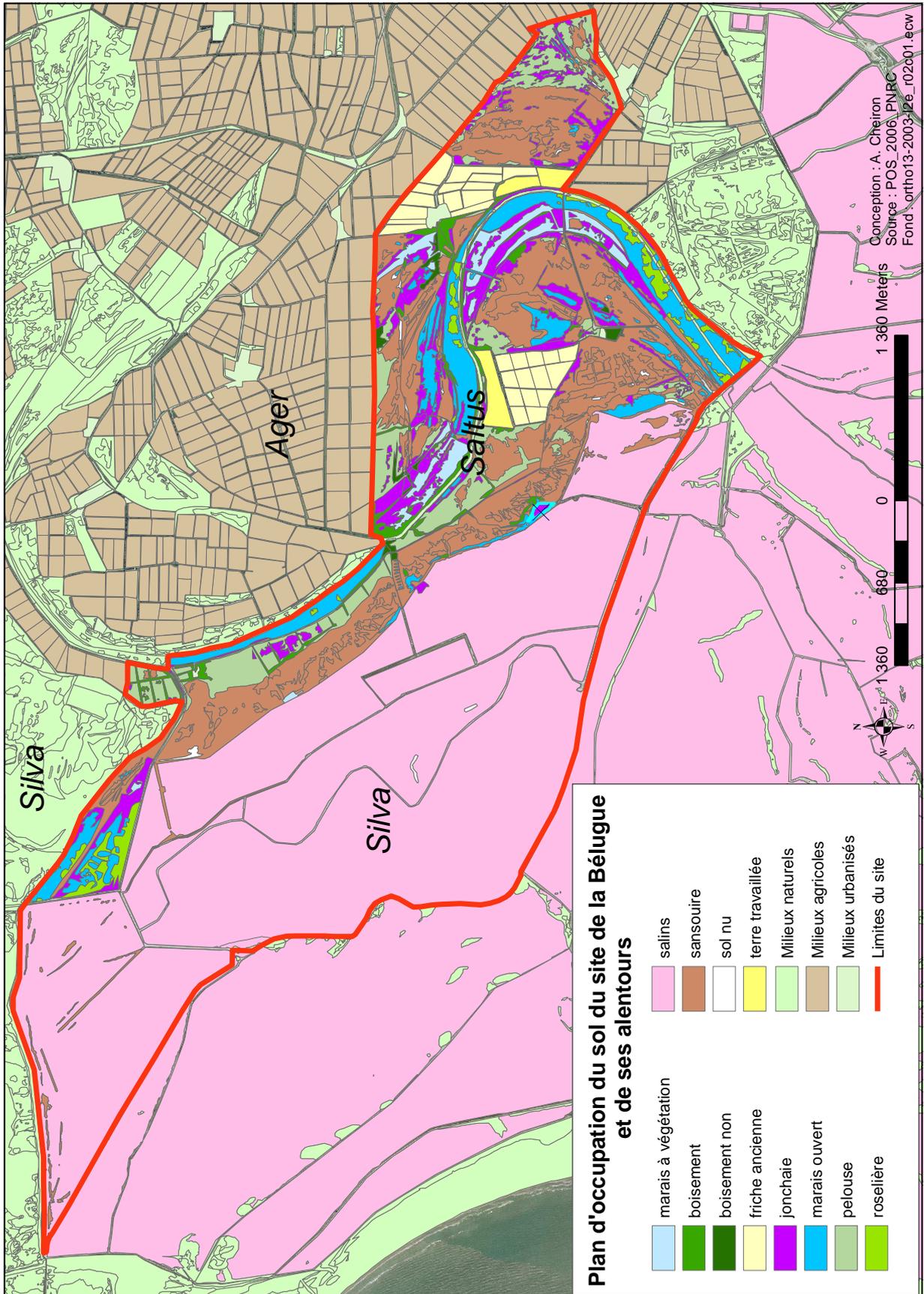
www.wetlands.org

<http://fr.wikipedia.org/>

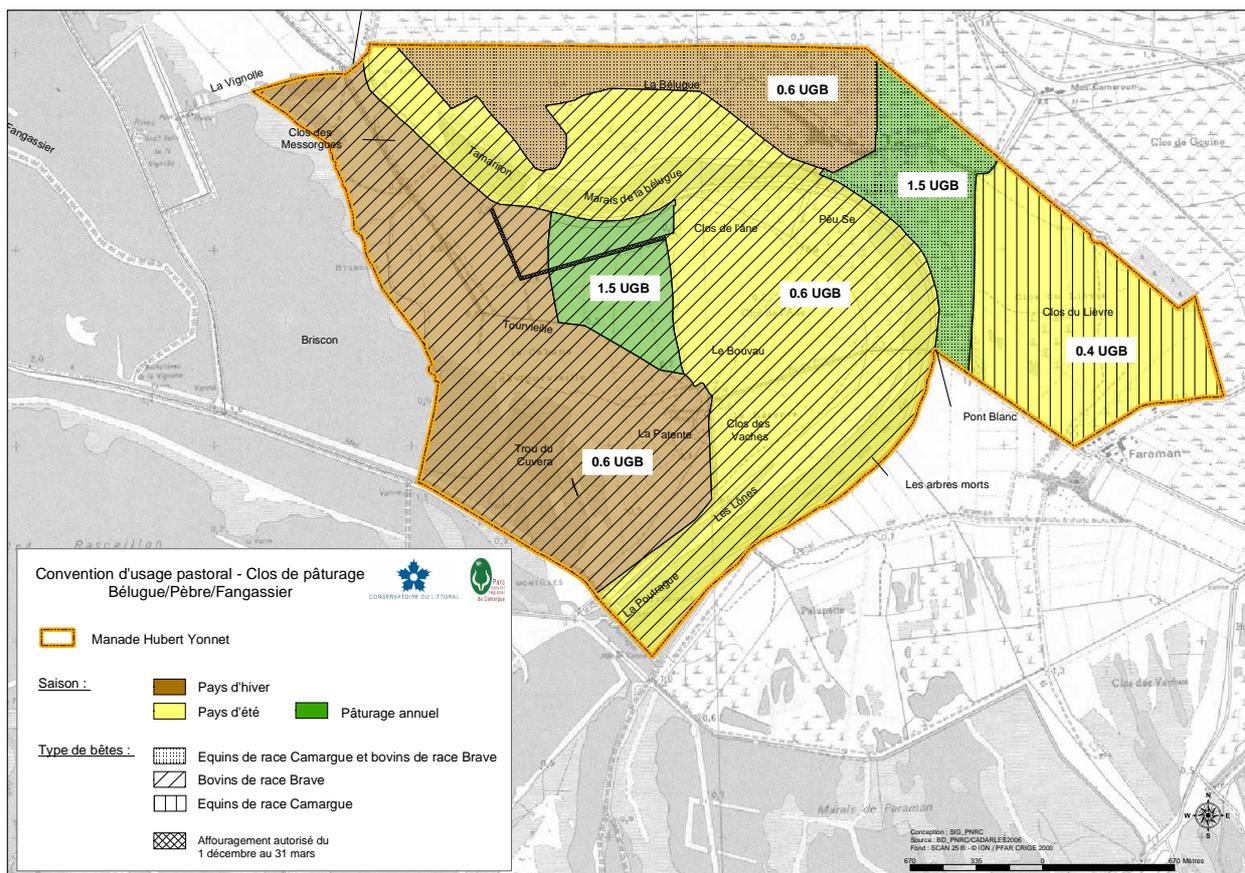
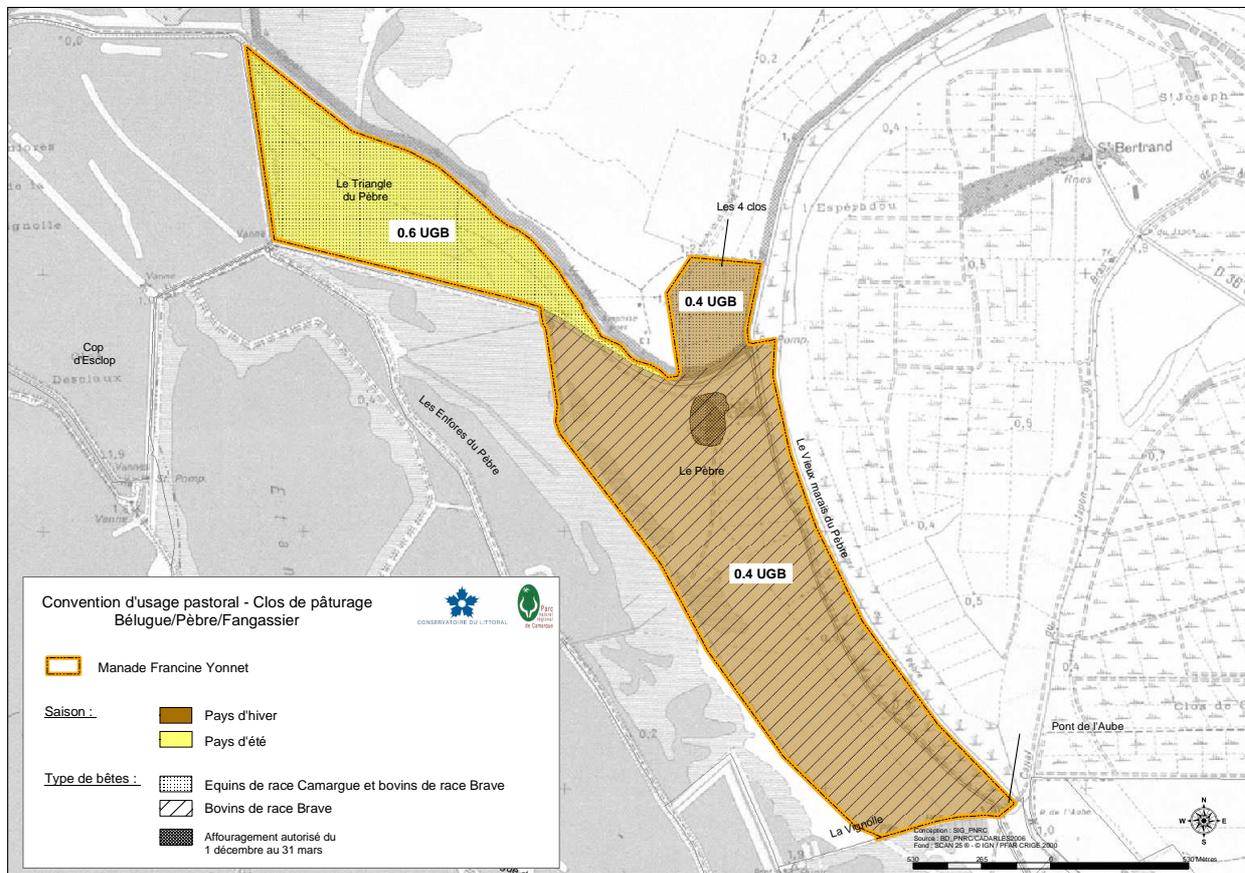
www.libellules.org/odonates/Lestes-macrostigma.html

ANNEXES

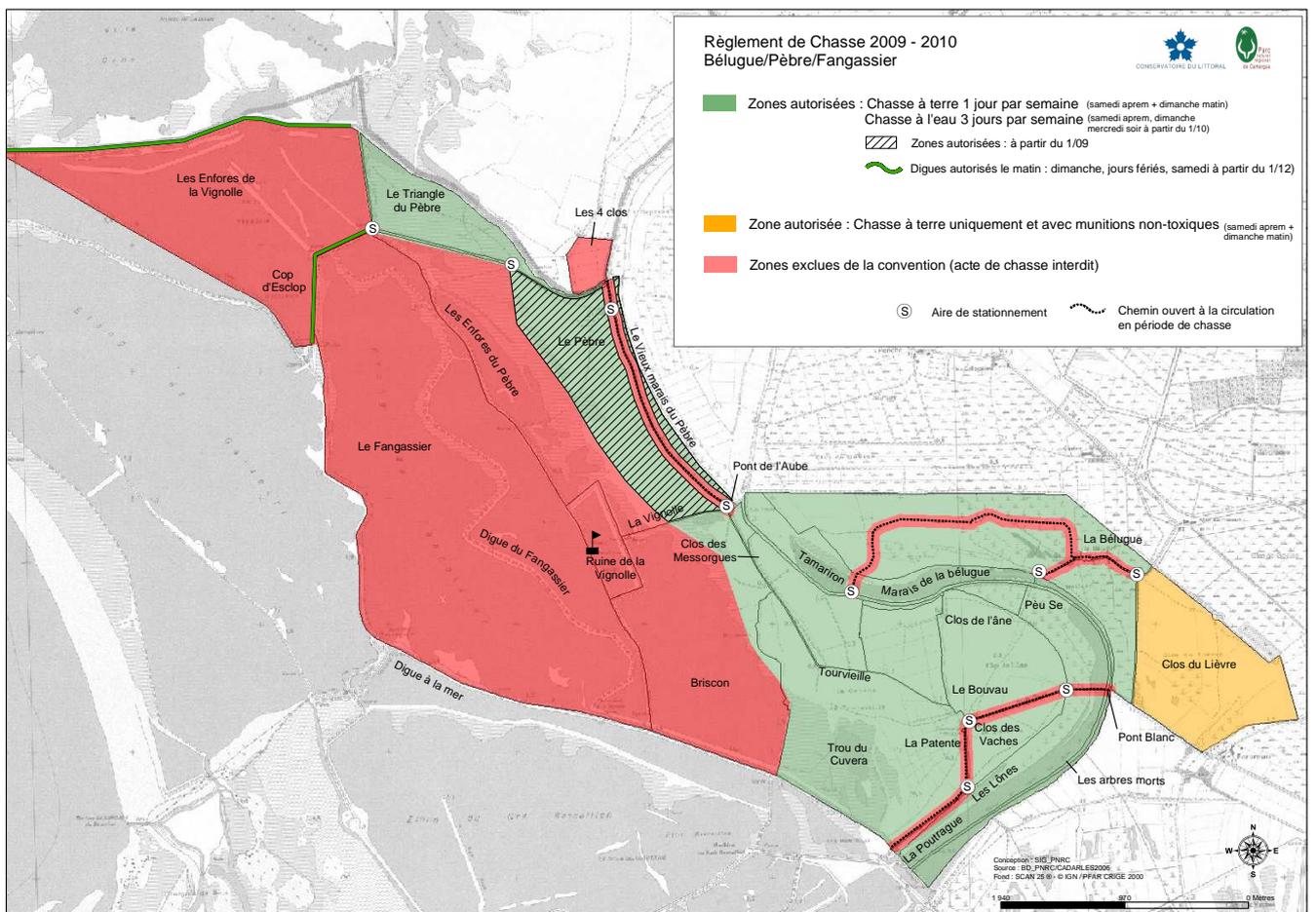
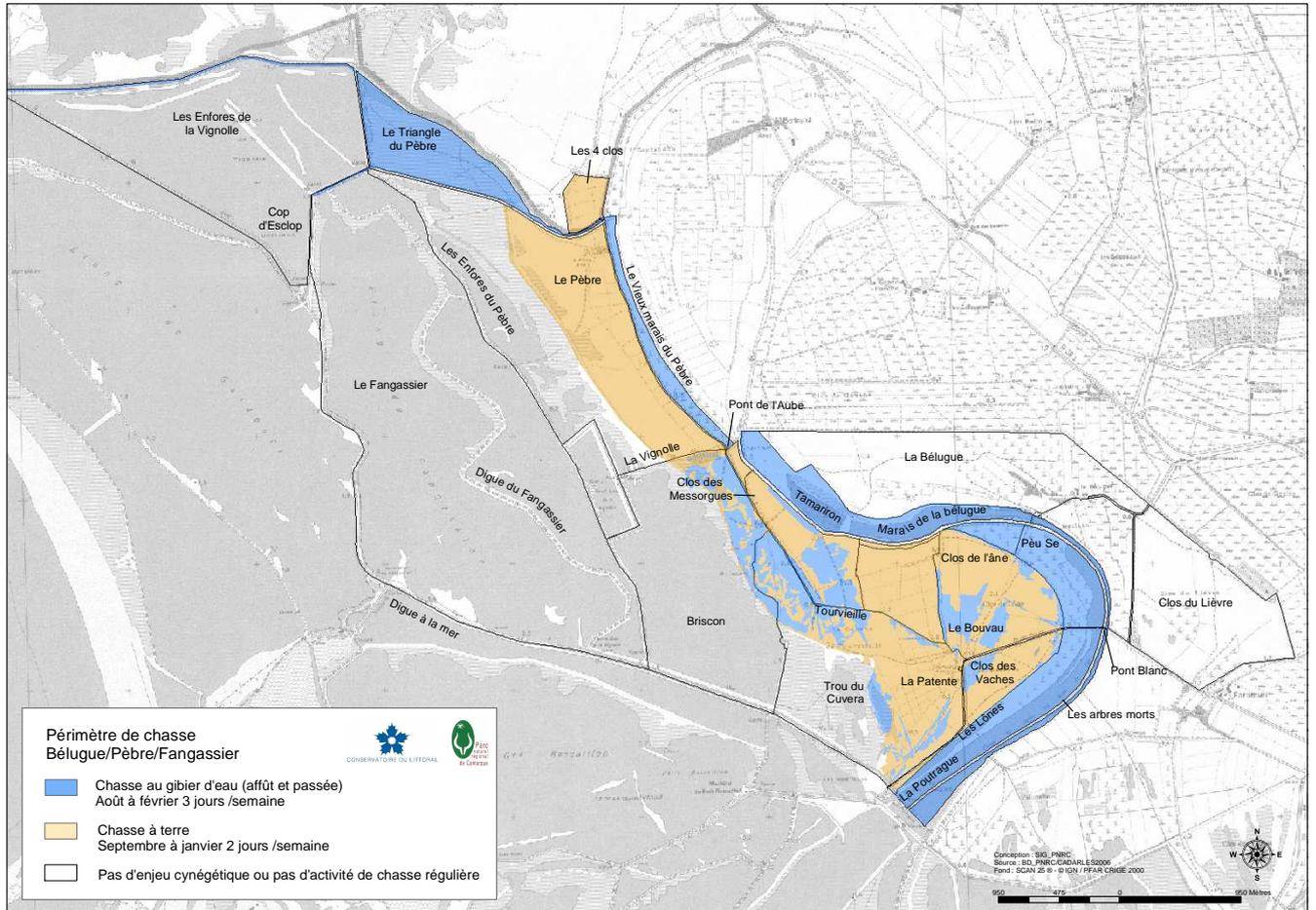
Annexe 1 : Plan d'occupation du sol sur le site de la Bélugue et ses alentours



Annexe 2 : Répartition des élevages et conditions d'affouragement

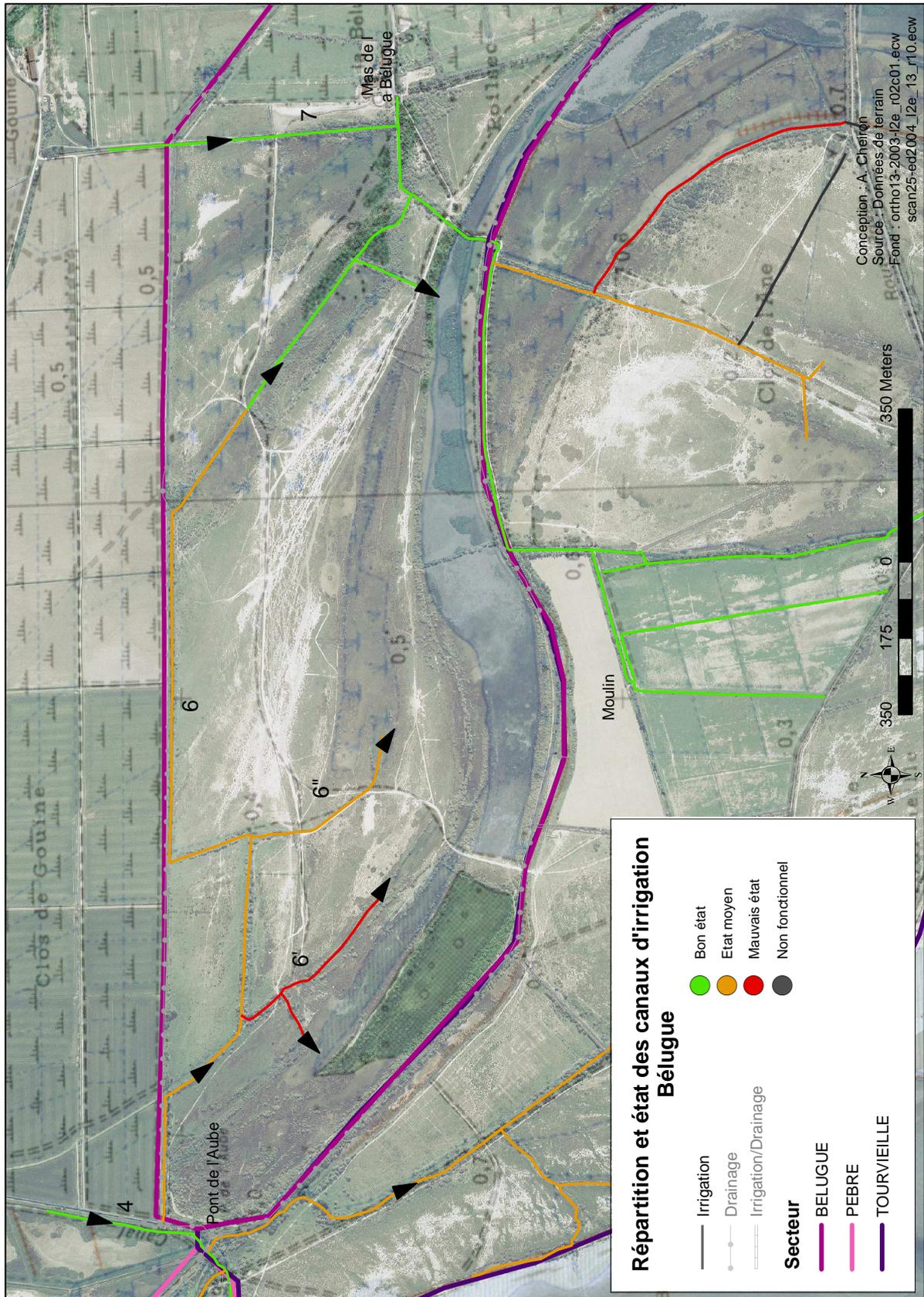


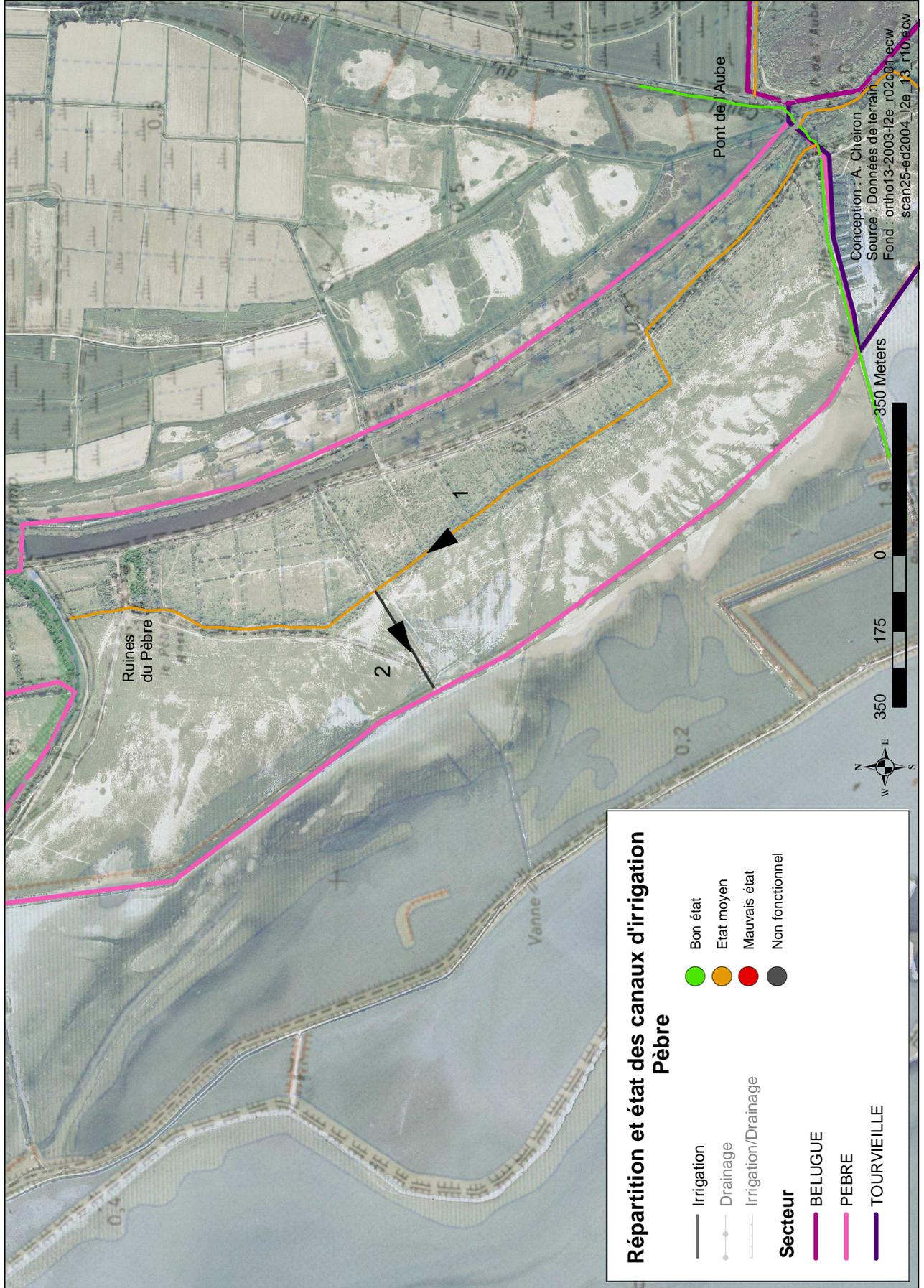
Annexe 3 : La chasse sur le site

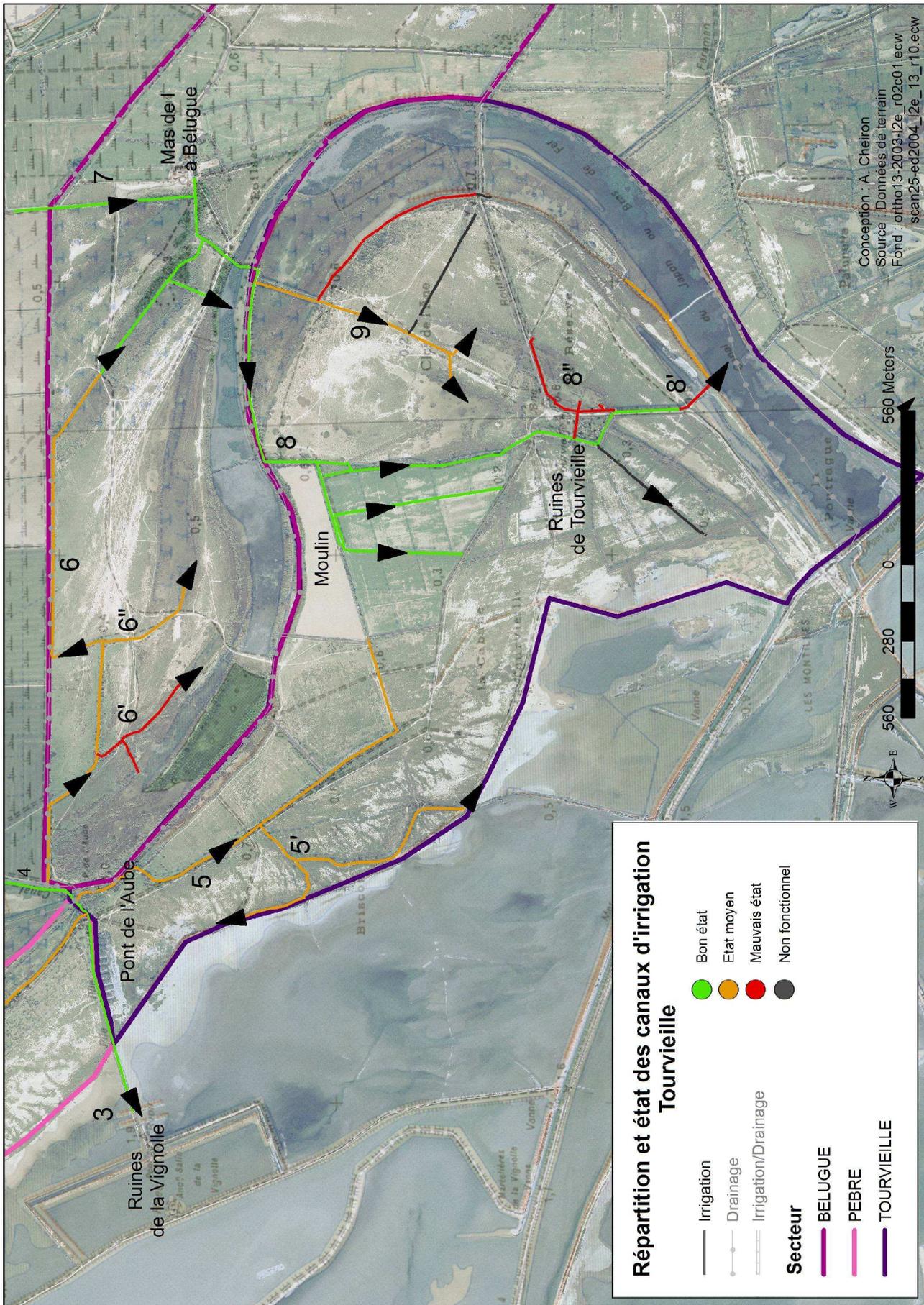


Annexe 5 : Répartition des différents réseaux hydrauliques sur les différents secteurs

A. Le réseau d'irrigation







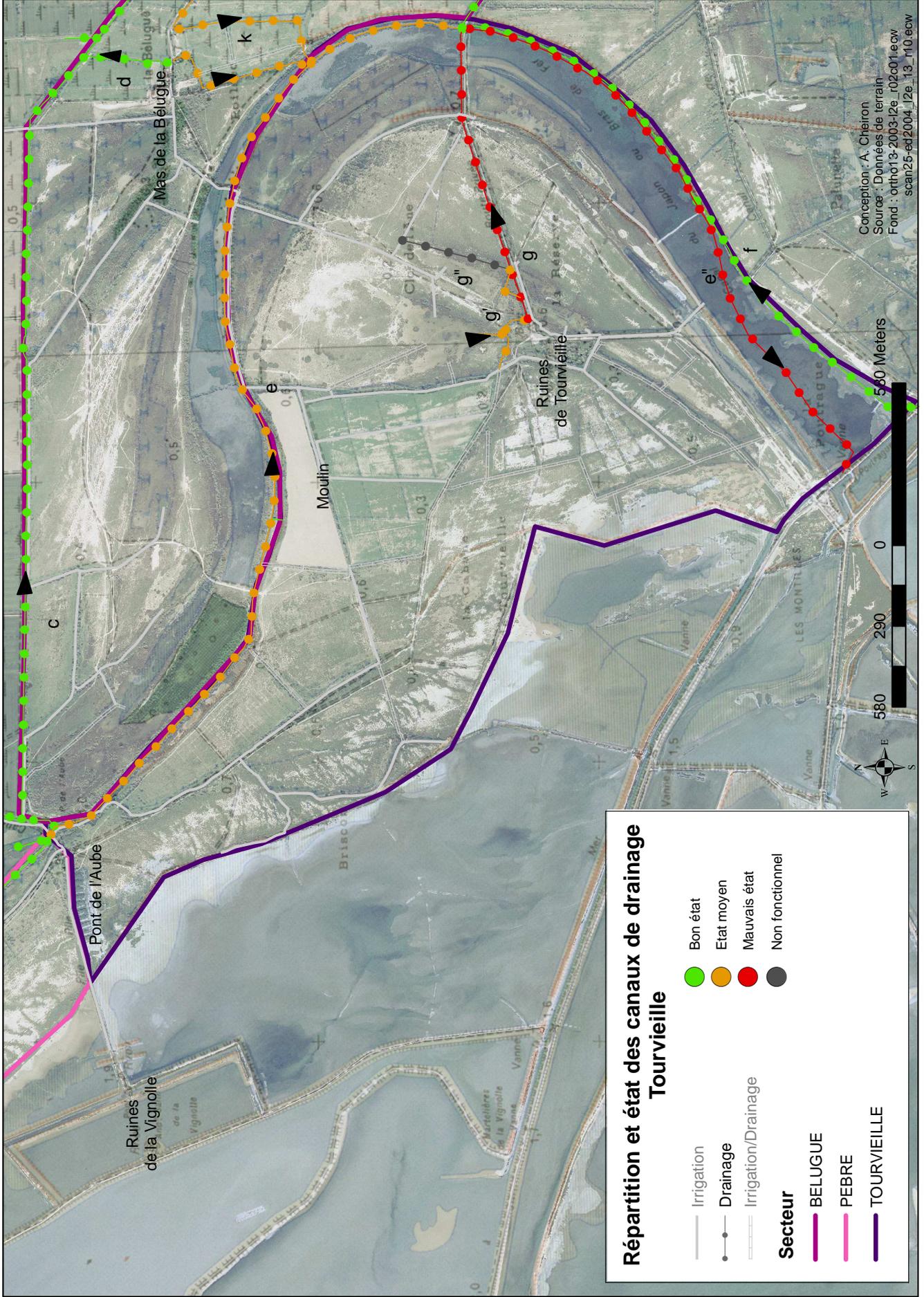
Répartition et état des canaux d'irrigation Tourvieille

	Irrigation		Bon état
	Drainage		Etat moyen
	Irrigation/Drainage		Mauvais état
			Non fonctionnel

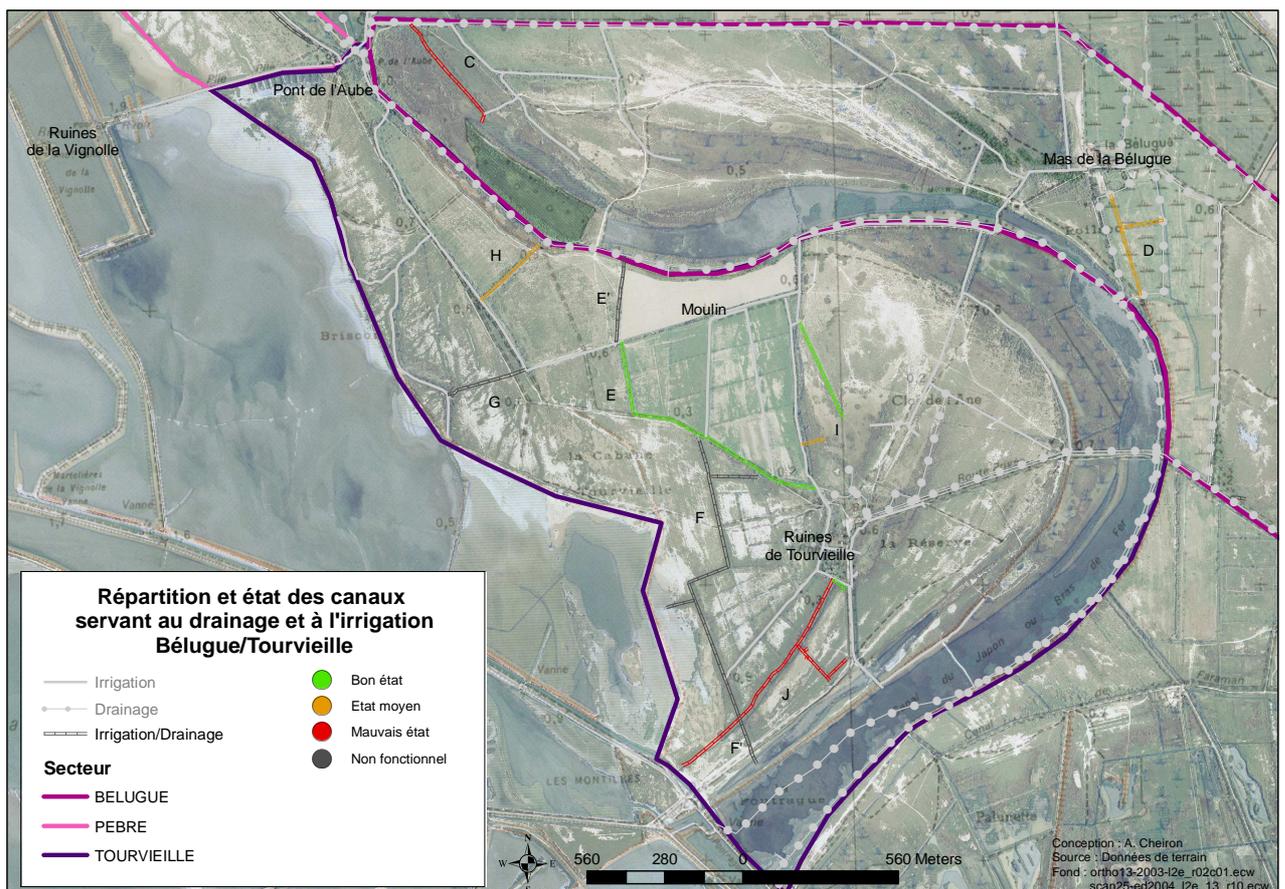
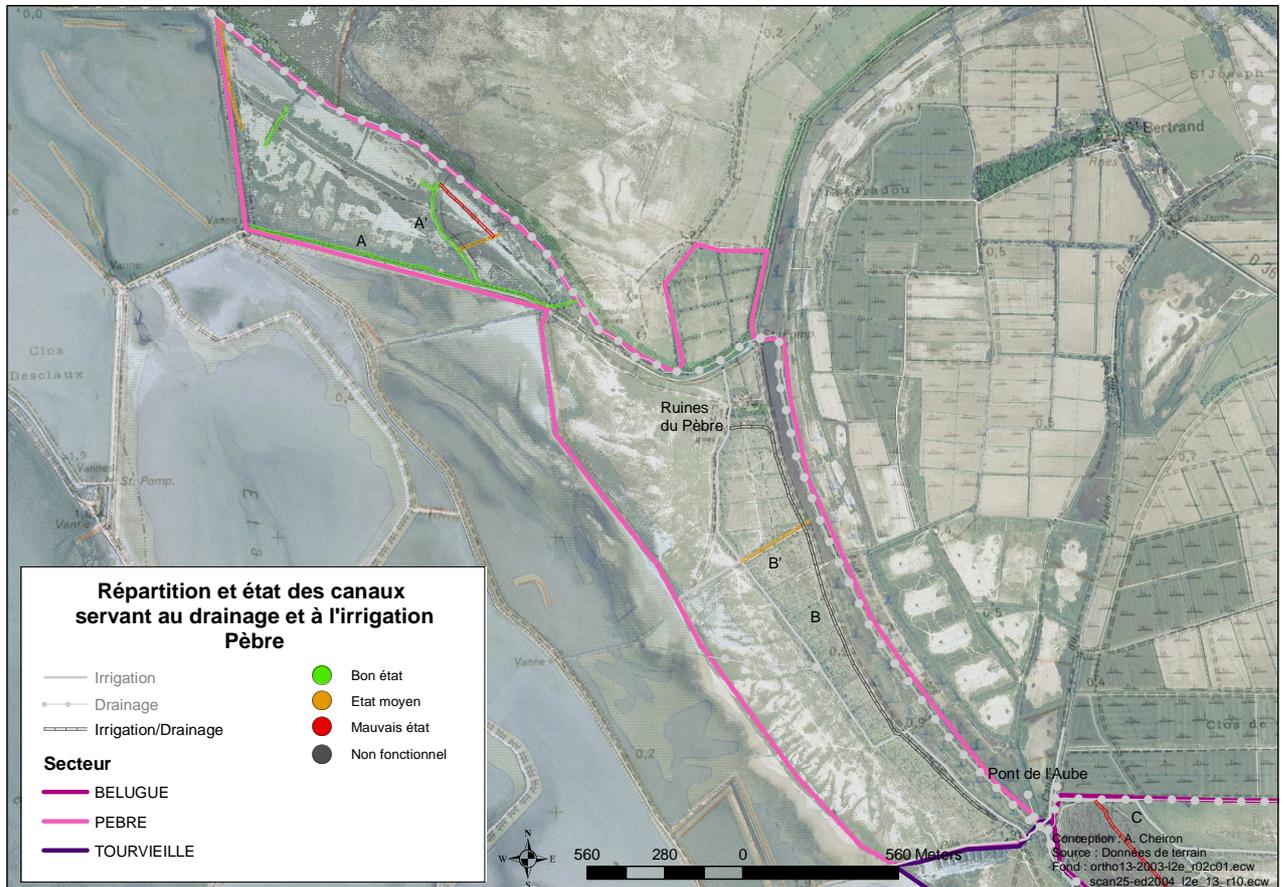
	Secteur	BELUGUE
		PEBRE
		TOURVIEILLE

Conception : A. Cheiron
 Source : Données de terrain
 Fond : ortho13-2003-12e_r02c01.ecw
 scan25-ed2004_12e_13_r10.ecw

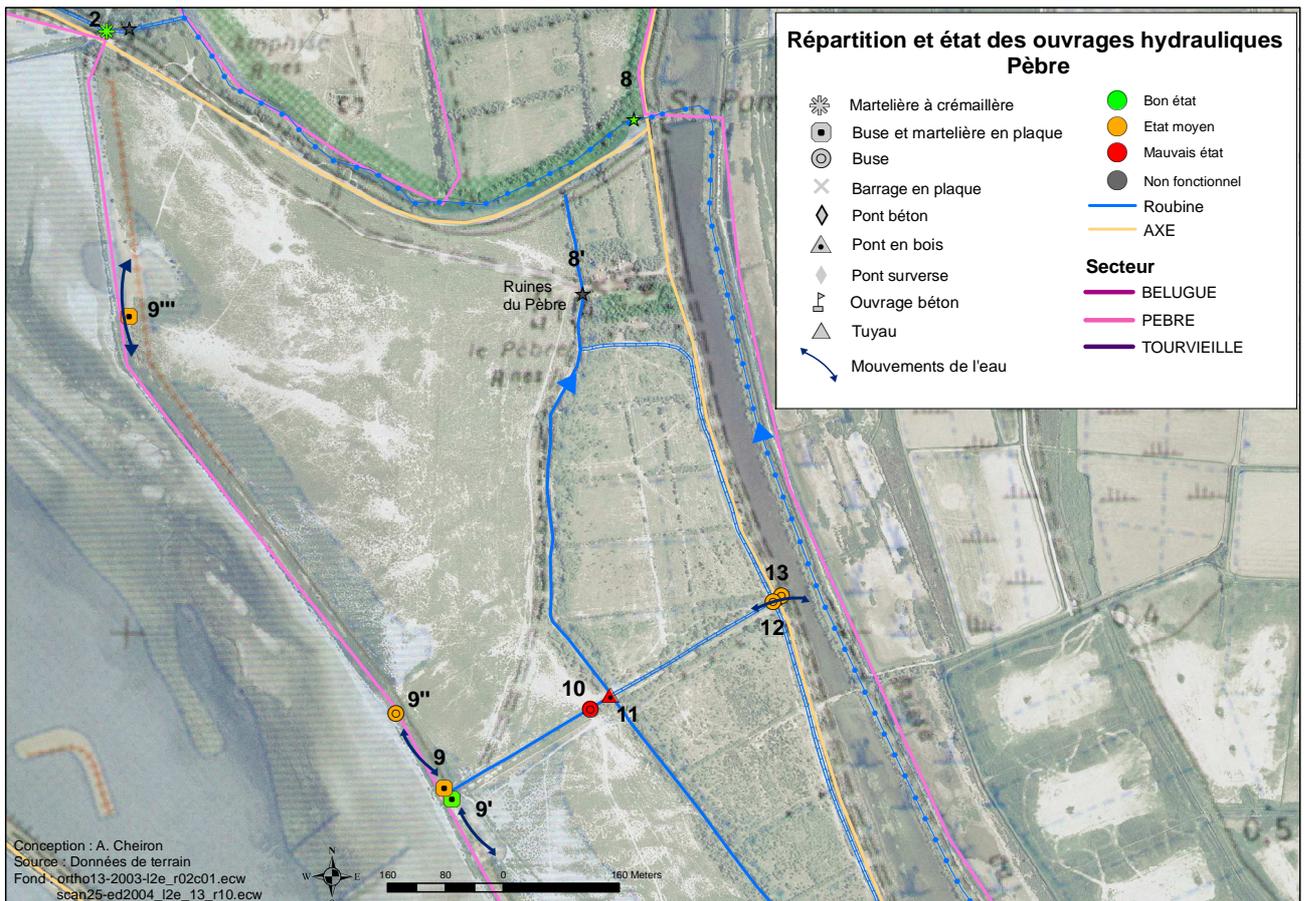
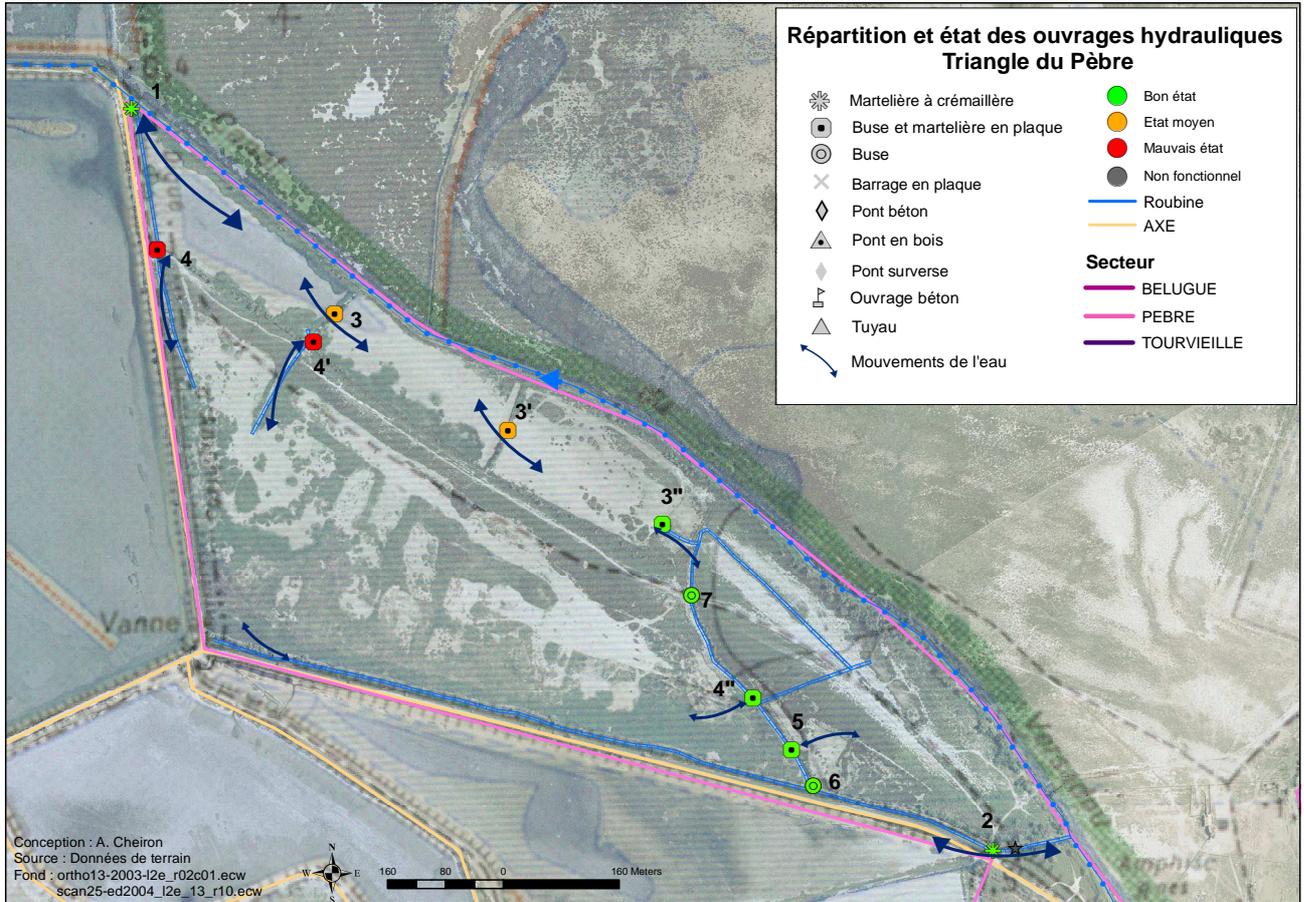


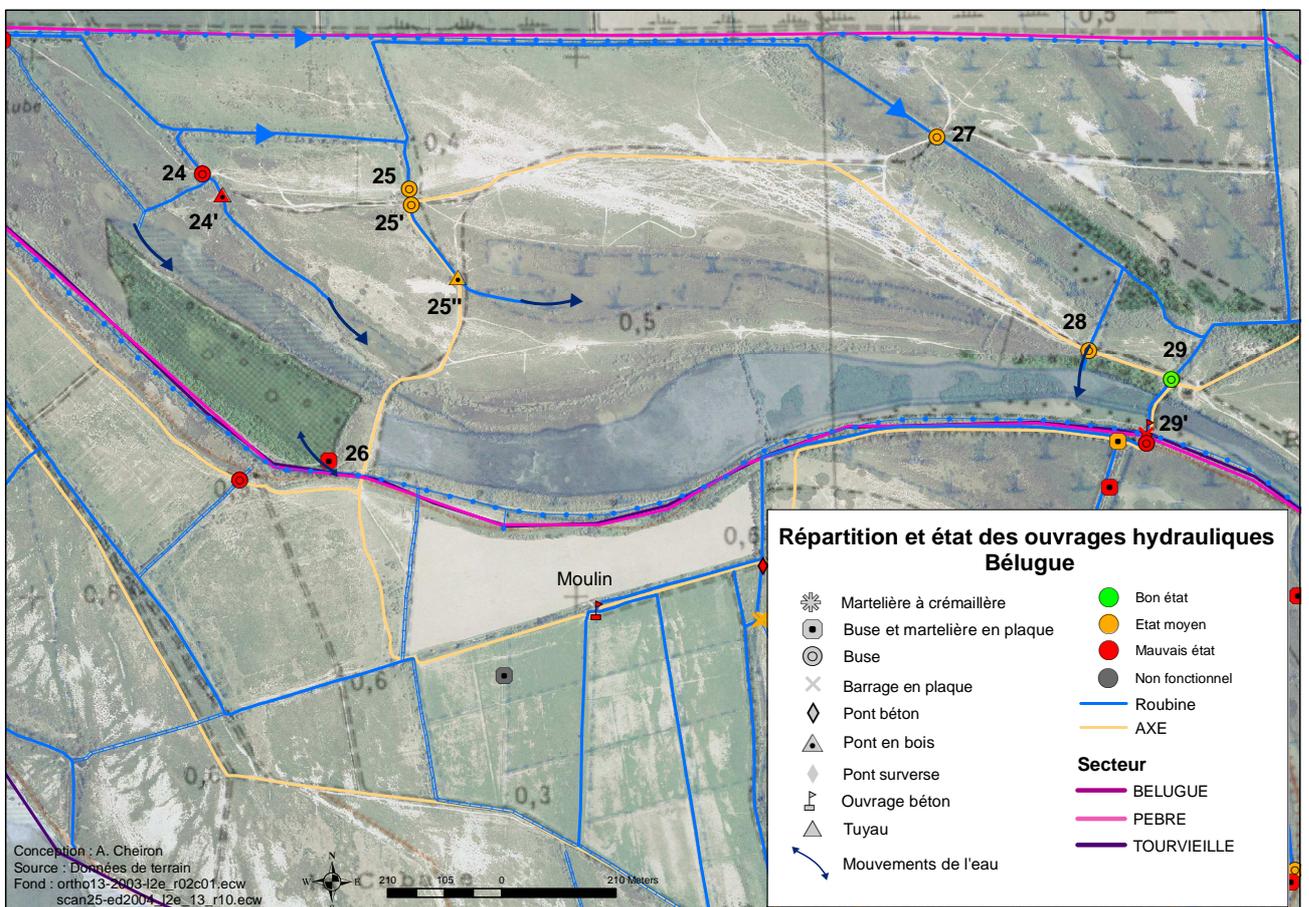
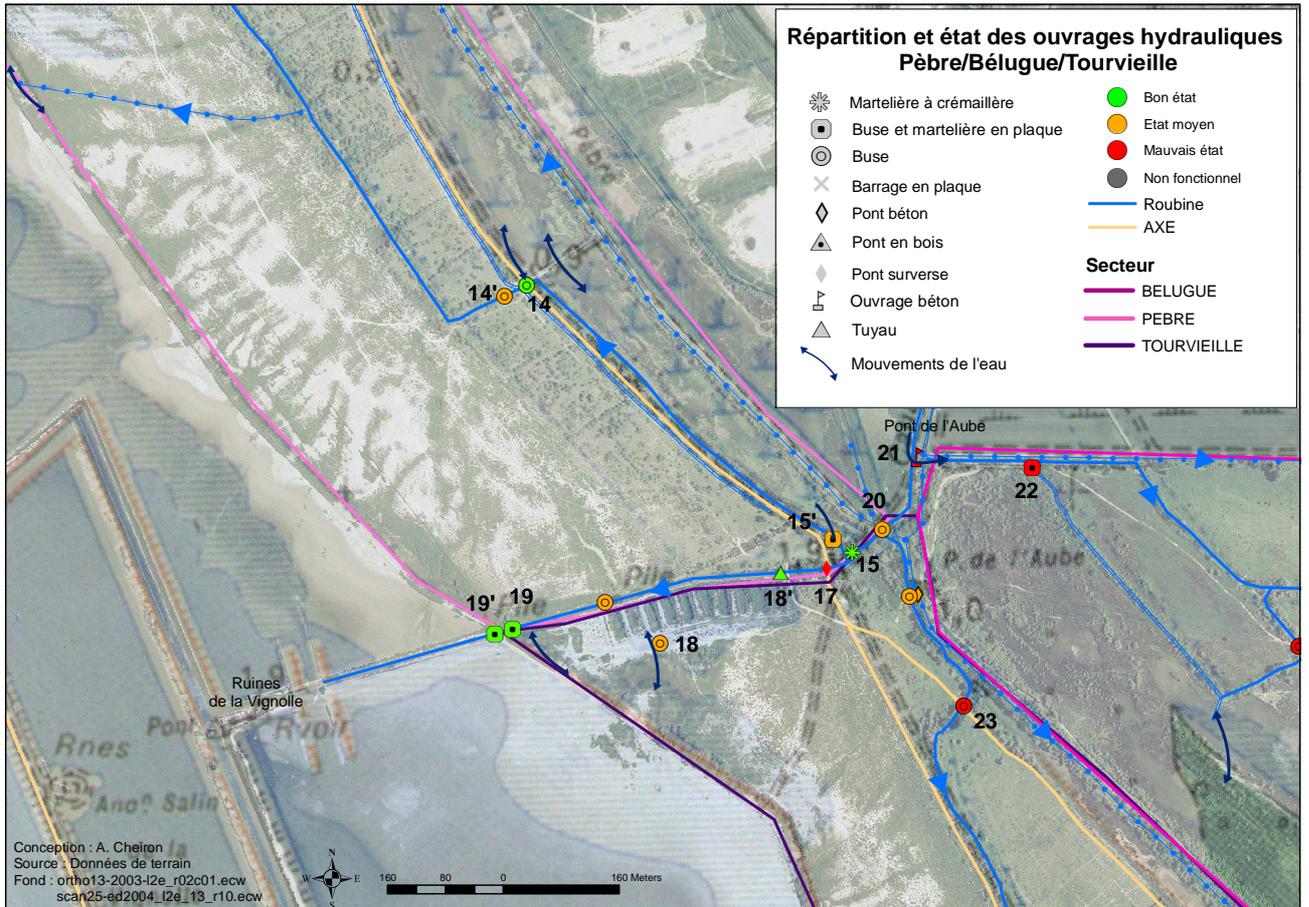


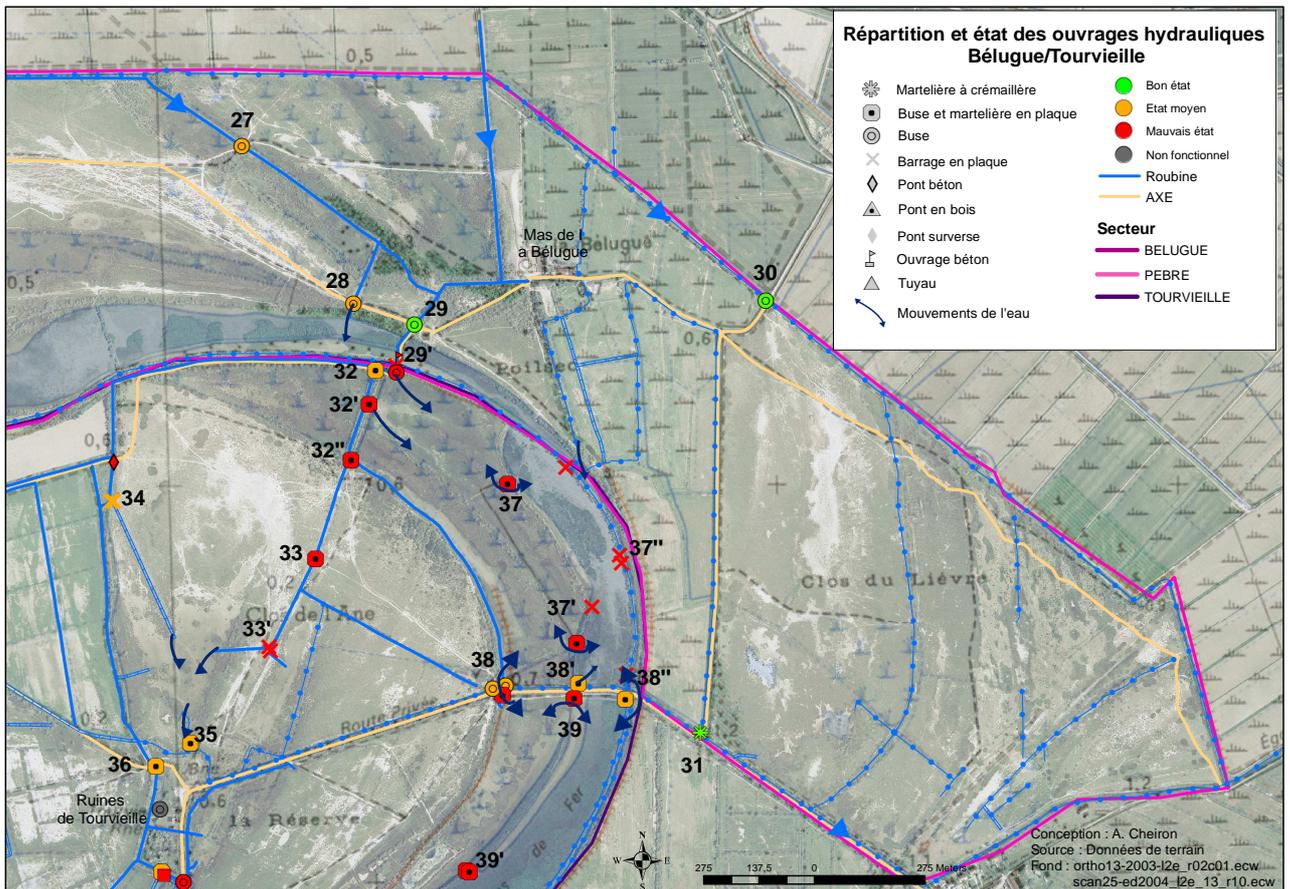
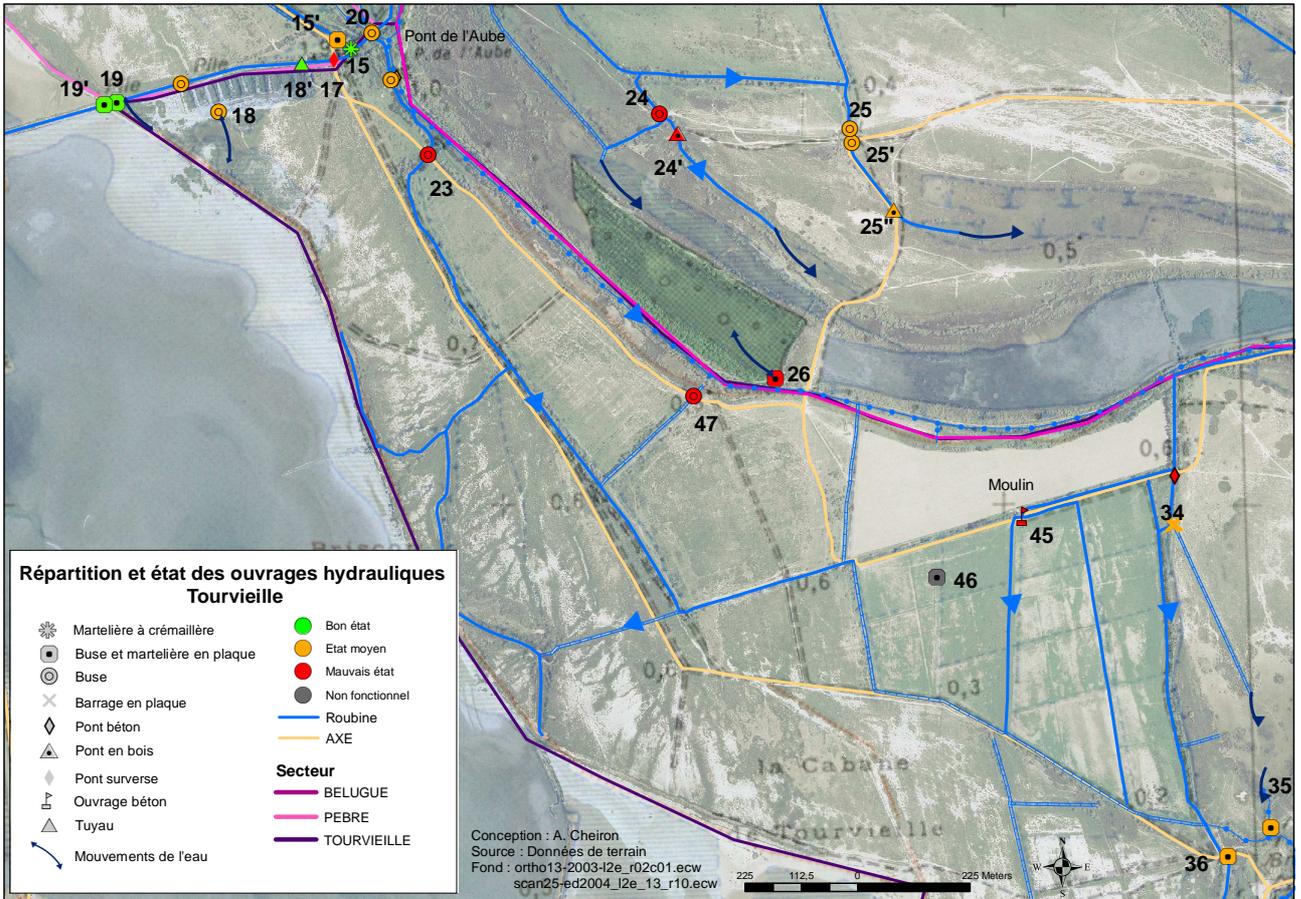
C. Le réseau d'irrigation et drainage



D. Ouvrages Hydrauliques







Annexe 6 : Photographies aériennes de 1944 du Pèbre et de Tourvieille



Annexe 7 : Les différents ouvrages hydrauliques rencontrés

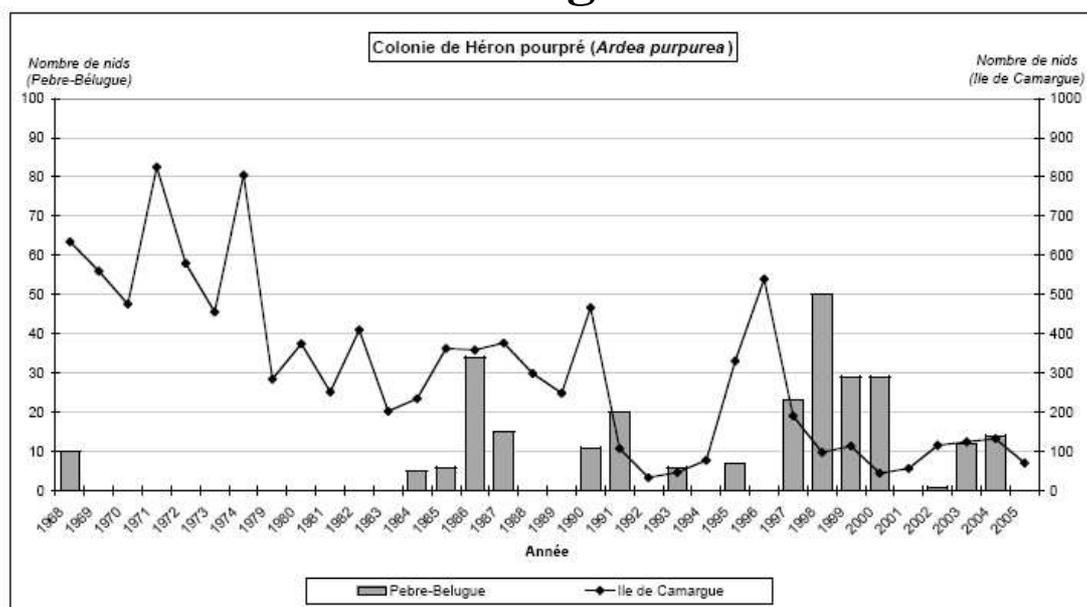
<p>Martelière à crémaillère</p> 	<p>Martelière en plaque</p> 
<p>Buse</p> 	<p>Surverse</p> 
<p>Pont</p> 	<p>Ouvrage béton (siphon)</p> 
<p>Station de pompage</p> 	<p>Barrage</p> 

Annexe 8 : Les différentes zones humides temporaires

Tableau 1. Classification simplifiée des zones humides temporaires (modifiée d'après Boulton & Brock⁴⁷)

Régime d'inondation	Caractère prévisible et durée de l'inondation
<p>Ephemere</p>	<p>Inondée uniquement après une pluie imprévisible et par ruissellement. La surface inondée sèche dans les jours qui suivent la mise en eau et accueille rarement des organismes aquatiques macroscopiques.</p>
<p>Episodique</p>	<p>Sèche 9 années sur 10, avec de rares et très irrégulières mises en eau (ou périodes d'humidité) qui peuvent durer quelques mois.</p>
<p>Intermittente</p>	<p>Alternativement humide et sèche, mais moins fréquemment et régulièrement que les zones humides saisonnières. La mise en eau peut durer des mois ou des années.</p>
<p>Saisonnière</p>	<p>Alternativement humide et sèche chaque année, en relation avec la saison. Se remplit normalement pendant la saison humide de l'année, et sèche de façon prévisible et avec une fréquence annuelle. La mise en eau persiste pendant plusieurs mois, assez longtemps pour que des formes de vie macroscopiques animales et végétales accomplissent les stades aquatiques de leur cycle de vie.</p>
<p>Presque permanente</p>	<p>Mise en eau prévisible bien que les niveaux d'eau puissent varier. L'apport d'eau annuel est supérieur aux pertes (ne sèche pas) 9 années sur 10. La majorité des organismes qui y vivent ne tolèrent pas la dessiccation.</p>

Annexe 9 : Le Héron pourpré sur le site de la Bélugue



Effectifs reproducteurs de Héron pourpré sur le site (Données Tour du Valat)

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique du master EBE et les intervenants professionnels, ainsi que les responsables de la formation, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Je remercie également Monsieur Christian Desplats, et Madame Myriam GRANIER, du Conservatoire du Littoral PACA pour la confiance qu'ils m'ont accordé en m'ayant permis de réaliser ce stage.

Je tiens à remercier tout particulièrement et à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles m'ont fait vivre durant ces six mois au sein du Parc Naturel Régional de Camargue:

Monsieur Gaël HEMERY, chef de projet « Espaces naturels » au PNR de Camargue, mon tuteur, pour m'avoir intégré rapidement au sein de l'équipe et m'avoir accordé toute sa confiance ; pour le temps qu'il m'a consacré tout au long de cette période, sachant répondre à toutes mes interrogations ; sans oublier sa participation au cheminement de ce rapport,

Mademoiselle Anaïs CROISILLE, ainsi que l'ensemble du personnel technique du Parc pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de ces six mois,

Monsieur Philippe ISENMANN pour son aide inconditionnelle à la réalisation de la cartographie.

Monsieur Jean-Baptiste MOURONVAL, pour l'aide et les conseils concernant les missions évoquées dans ce rapport.

Je souhaite associer à ces remerciements l'ensemble de l'équipe de la Réserve Nationale de Camargue, et plus particulièrement son directeur Monsieur Eric COULET et Monsieur Philippe VANDEWALLE pour leurs conseils.

Enfin, merci à Monsieur et Madame YONNET pour leur accueil et leur gentillesse, ainsi que pour leurs conseils avisés relatifs aux comportements des taureaux.

Résumé

Le Conservatoire du Littoral a acquis récemment le site de la *Bélugue* (2117 ha) au sud-est de la Camargue, dont la gestion est confiée au Parc Naturel Régional de Camargue. Ce site présente une diversité d'habitats et de milieux très intéressante, dont des étangs anciennement utilisés dans la production de sel, qui abritent la seule colonie reproductrice de Flamants roses de France, ainsi que des zones humides correspondant à un ancien cours du Rhône, le *Bras-de-fer*. Cette zone a connu, depuis des centaines d'années, un ensemble de gestions de son territoire qui ont modifié le paysage. La mise en place de digues du Rhône et de la mer en 1869 conduit le Delta à devenir un territoire cloisonné, entièrement artificialisé et dépendant de ses réseaux d'irrigation et d'assainissement. La zone d'étude n'échappe pas à cette règle et dépend grandement de ces réseaux qui ont été façonnés au fur et à mesure des besoins. C'est dans ce contexte particulier que ce travail s'inscrit. L'objectif étant de répertorier et comprendre les systèmes hydrauliques afin d'en faire une utilisation rationnelle et concertée dans la gestion des deux grands types de zones humides répertoriées sur le site, les marais permanents et les zones amphibies temporaires. Les préconisations réalisées ici, ne font pas partie du plan de gestion, qui devra être basé sur des études approfondies des espaces et des espèces présentes, mais permet la mise en place de travaux élémentaires de restauration des réseaux et d'une gestion temporaire des milieux. Cette gestion avant tout écologique tentera, dans la mesure du possible, de concilier naturalité avec enjeux cynégétiques et valorisation des pâturages.

Abstract

The *Conservatoire du Littoral* acquired, the last year, an area of 2117 ha, *La Bélugue*, southeast of Camargue, which is managed by the *Parc Naturel Régional de Camargue*. This area offers an interesting diversity of environments, like salt ponds which provides a habitat of Flamingo colony, and old Rhône's wetlands (*Bras-de-Fer*). Since centuries mass of management practices, modified landscape. The setting up of seawalls, in 1869 leads the Delta to become a walled territory which depends on irrigation and drainage systems. It is the same for *Bélugue* site whose hydraulic systems was shaped as one goes along needs. The study aim is to list and to understand hydraulic systems in order to find the best management of permanent and temporary marshes. Suggestions allow the setting up of basic restoration work of hydraulic systems, and a temporary management of environments. This ecological management will have a go, as far as, to reconcile naturality with hunting stake and grazing development.

LEXIQUE des ABREVIATIONS

¹ CLEL : Conservatoire du Littoral et des Espaces Lacustres

² PNRC : Parc Naturel Régional de Camargue

³ RNC : Réserve Naturelle Nationale de Camargue

⁴ RAMSAR : La convention de Ramsar protège les zones humides d'une grande richesse naturelle.

⁵ ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique