

DPFI-PF

**SUIVI DE LA DEVALAISON DES ANGUILLES
SUR LE BAS-RHONE**



Compagnie Nationale du Rhône

2 rue André Bonin
69316 Lyon cedex 04

☎ 04.72.00.69.69

Fax 04.72.10.66.62

Web : <http://www.cnr.tm.fr>

I 00434.002

DI-CEN 11- 736

Date : MAI 2011

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	4
2. OBJECTIFS DE L'ETUDE	4
3. RAPPEL DES ORIENTATIONS RETENUES	5
4. ANALYSE DES DONNEES D'ENTREES ET CONTRAINTES DE SITES	6
4.1 – Modalités d’approvisionnement en anguilles (argentées ou en cours d’argenture)	7
4.1.1. Caractéristiques des anguilles à utiliser	7
4.1.2. Nombre d’anguilles nécessaires	9
4.1.3. Conditions de capture, de transport et de stabulation	9
4.2. Choix de la technologie NEDAP®	13
4.2.1. L’antenne	15
4.2.2. Unité de télédétection	16
4.2.3. Les transpondeurs	17
5- IMPLANTATION DES STATIONS	20
5.1. Stabilité des fonds	21
5.2. Implantations possibles des stations	26
5.2.1. Station 1 : Retenue de Caderousse	27
5.2.2. Station 2 : Vieux Rhône de Caderousse	30
5.2.3. Station 3 : Ecluse de Caderousse	34
5.2.4. Station 4 : Aval usine / Canal de fuite / aval restitution	40
5.2.5. Station 5 : Aval Beaucaire	43
6. DESCRIPTION DES TRAVAUX	46
6.1. Approvisionnement des matériels	46
6.2. Mise en place des câbles	46
6.1.1 Mise en place par voie fluviale	47
6.1.2 Mise en place par voie fluviale et terrestre	48
6.3. Terrassement en berge	50
7 – IMPLANTATION DES TRANSPONDEURS ET LACHERS DES ANGUILLES	52
8 – MODALITES D'EXPLOITATION	53
9 – PLANNING DES TRAVAUX	54
10 – ESTIMATION FINANCIERE	57
11 – ELEMENTS A PRECISER EN PHASE PROJET	58

1. INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, le stock d'anguilles européennes (*Anguilla anguilla*) diminue fortement au point que celui-ci ne se situe plus aujourd'hui dans les limites biologiques raisonnables pour l'espèce.

Afin de restaurer le stock d'anguilles européennes, l'Union Européenne a pris des mesures de protection au travers du règlement CE n° 1100/2007 du 18 septembre 2007. Ce règlement prévoit notamment que chaque Etat membre élabore un Plan de Gestion de l'anguille.

Dans le cadre du Plan de Gestion Français de l'Anguille, des orientations ont été prises et visent notamment à mieux comprendre les modalités de dévalaisons des anguilles dans les fleuves.

Parmi les déclinaisons du plan de gestion de l'anguille sur le bassin Rhône-Méditerranée-Corse, la CNR associée avec d'autres partenaires (ONEMA, MRM) souhaite améliorer les connaissances sur la dévalaison de ce poisson sur le Rhône. Les connaissances ainsi acquises seront partagées avec les travaux menés en parallèle sur d'autres fleuves, notamment le Rhin.

Des rencontres de travail entre les partenaires mentionnés précédemment ont permis de préciser les premières orientations de ce projet et opter pour l'installation du système de télétransmission « NEDAP » pour le suivi de la dévalaison des anguilles argentées sur le Rhône.

Afin de bénéficier de l'expérience hollandaise sur le Rhin, la CNR avait organisé en novembre 2008, une visite du site de Caderousse en présence de M. BREUKELAAR de RWS (Institute for Inland Water Management & Waste Water Treatment RIZA) et M. SLOB (NEDAP).

Une étude de faisabilité a été réalisée par la CNR en 2009 et s'est prolongé en 2010 par la réalisation d'un avant-projet qui, dans sa version finale intégrera les retours d'expérience récents à l'occasion du déploiement de cette technologie sur des aménagements rhénans.

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Cette étude a pour but de caractériser le cheminement suivi par les anguilles dévalantes lorsqu'elles se présentent à l'entrée d'un aménagement CNR sur le Rhône.

Elle est complémentaire à l'étude menée en septembre 2010 sur l'effet sur les anguilles du franchissement d'une usine hydroélectrique par une turbine de l'écluse de Beaucaire à l'aide de la méthodologie NORMANDEAU ©.

Elle permettra de connaître, sur la base d'une quantité connue d'anguilles argentées marquées et relâchées dans une retenue d'un aménagement hydroélectrique sur le Rhône, les modalités de franchissement et leur réparation entre le Vieux Rhône (franchissement du barrage), le canal de dérivation, l'écluse de navigation et l'usine hydroélectrique comme l'illustre la figure ci-dessous.

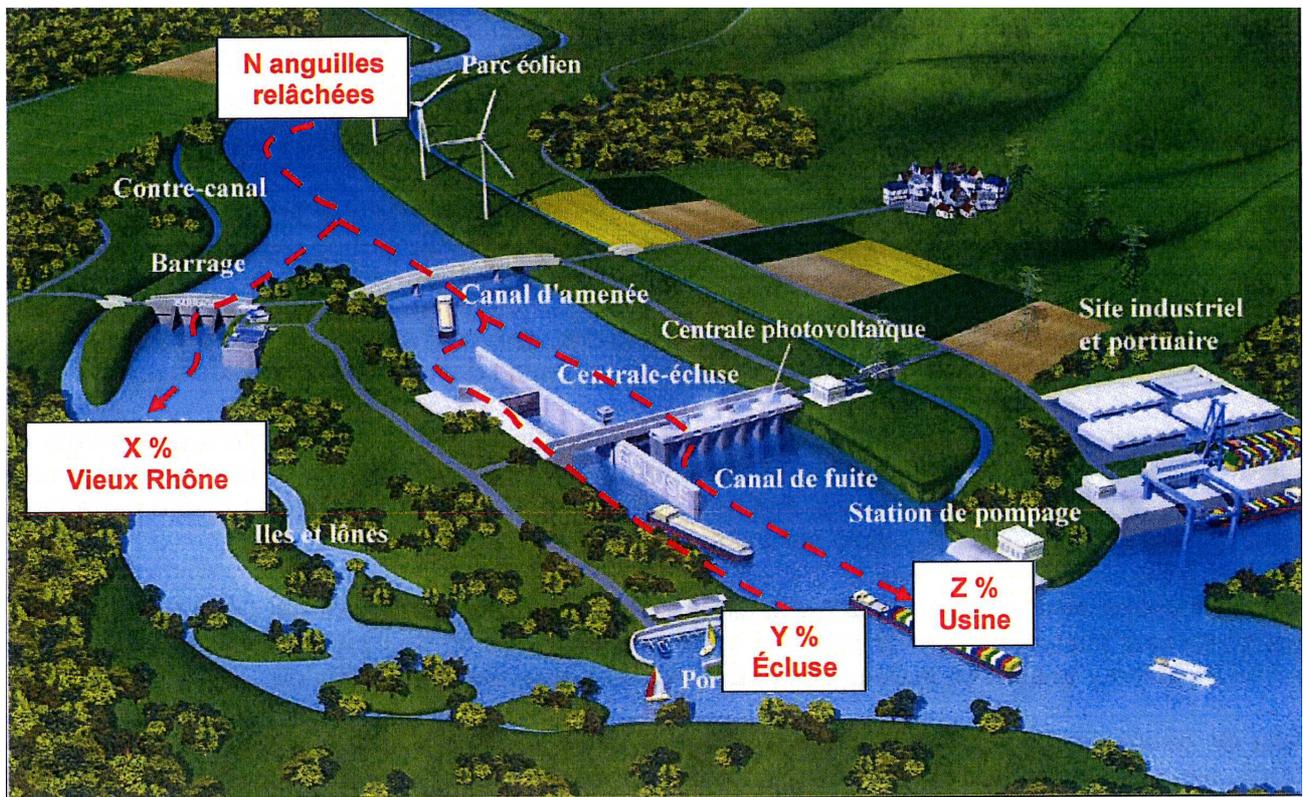


Figure 1 : Schéma de franchissement possible des anguilles dévalantes

L'avant-projet permet de préciser, confirmer ou infirmer certaines hypothèses ou principes d'aménagements/travaux présentés lors de l'étude de faisabilité de 2008/2009.

Il intègre les évolutions technologiques tant en matière de dispositifs de marquage des anguilles, d'enregistrement des signaux que de mise en place des installations.

Il permet de bien cerner les contraintes générales et/ou locales à prendre en compte tant lors de la mise en place des stations que lors de leur exploitation.

Enfin il prend en compte les retours d'expérience d'autres exploitants d'aménagements hydroélectriques ayant mis en place récemment ce type de technologie.

3. RAPPEL DES ORIENTATIONS RETENUES

Le périmètre d'intervention sélectionné couvre l'aménagement de Caderousse et éventuellement l'aval de celui de Beaucaire.

Le principe repose sur la mise en place de transpondeurs passifs sur des anguilles argentées ou en cours d'argenture. Elles sont ensuite relâchées dans la retenue de Caderousse. Des stations d'enregistrement sont positionnées en aval de manière à « capter » le signal de chaque transpondeur lors du passage des poissons au droit d'antennes constituées de câbles immergés transversalement au fond du Rhône et reliées à des stations de mesures en berge.

Le transpondeur fournit, suite à l'activation de l'antenne lors du passage de l'anguille, une information stockée dans une unité de télédétection permanente qui peut transmettre ces informations par GSM sur un site Internet, par exemple. Les unités de télédétection sont installées dans des abris à moins de 150 m de l'antenne et hors crue.

L'unité de télédétection permanente fournit les informations suivantes :

- Le nom de la station
- Le numéro du signal émis
- Le numéro du transpondeur réagissant
- Le jour et l'heure de réponse du transpondeur

Ces éléments sont restitués au format Excel et peuvent être mis directement en ligne sur un site Internet dédié.

L'avantage de cette technique vis-à-vis du radiopistage classique réside dans :

- L'identification du passage sur l'ensemble de la section du Rhône
- La longévité des transpondeurs qui permet d'enregistrer le passage des poissons sur une longue période (2 ans). Ces avantages sécurisent les résultats du projet d'autant plus que les connaissances sur l'anguille sont modestes sur l'axe rhodanien.

L'avant-projet étudie 6 stations potentielles :

- Station 1 : Retenue de Caderousse = entrée du « système »
- Station 2 : Vieux-Rhône de Caderousse
- Station 3 : Ecluse de Caderousse
- Station 4 : Usine de Caderousse
- Station 5 : Canal de fuite / Restitution (aval Vieux Rhône/canal de fuite de Caderousse)
- Station 6 : Aval aménagement de Beaucaire/Vallabrègues

Sur cette base, une évaluation financière de 3 scénarios est proposée :

- Minimaliste : 3 stations (retenue, écluse, vieux-Rhône)
- Moyen : 4 stations (retenue, écluse, vieux-Rhône, canal de fuite / restitution)
- Complet : 5 stations (retenue, écluse, vieux-Rhône, canal de fuite / restitution, aval Beaucaire).

4. ANALYSE DES DONNEES D'ENTREES ET CONTRAINTES DE SITES

Les données d'entrée et les contraintes des différents sites potentiels d'implantation des stations de télédétection ont fait l'objet d'une évaluation. Les investigations ont porté sur :

- Les modalités d'approvisionnement des anguilles (étude MRM en cours) ;
- L'hydrologie et l'hydraulique au droit de chaque station pour évaluer les aléas hydrauliques possibles au droit de chaque station et notamment les fréquences d'inondabilité des terrains et les vitesses d'écoulement pour certains débits caractéristiques ;
- La bathymétrie et l'évolution des fonds lors des crues afin d'affiner et compléter les données existantes et de cerner les risques éventuels d'instabilité auxquels les câbles pourraient être soumis.
- Les contraintes et enjeux des sites notamment pour évaluer les précautions à adopter ou les adaptations du projet. Les modalités d'alimentations électriques ont aussi été abordées dans ce volet.

4.1 – Modalités d’approvisionnement en anguilles (argentées ou en cours d’argenture)

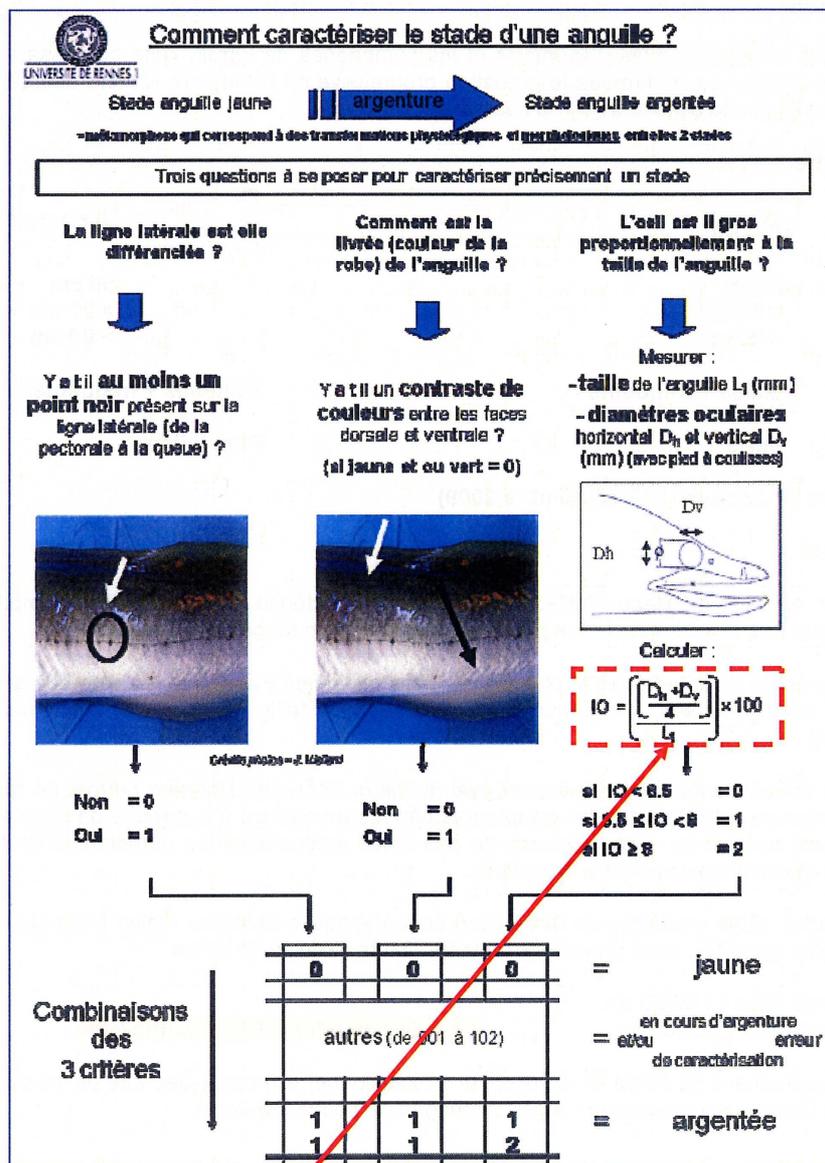
Cette mission est sous la responsabilité de MRM. Dans l’attente des résultats, la bibliographie, les campagnes de pêches de prospection de 2009 et les pêches pour la fourniture des anguilles nécessaires à l’étude du franchissement par une turbine à l’usine de Beaucaire en septembre 2010 ont permis de préciser les modalités de fournitures en première approche.

4.1.1. Caractéristiques des anguilles à utiliser

4.1.1.1. Argenture

Les anguilles devront être en phase de dévalaison. Il conviendra donc impérativement de sélectionner des individus argentés ou en phase d’argenture évidente.

La méthodologie d’identification des individus argentés ou en cours d’argenture est présentée en annexe 1. Elle a été utilisée avec succès sur le Rhône lors de la campagne de pêche CNR en septembre 2009 et a été proposée à MRM. Elle est synthétisée dans le logigramme ci-dessous :



4.1.1.2 Tailles

Les données bibliographiques disponibles et les campagnes de terrain suite aux essais 2009 et 2010 sur le Rhône ont confirmé la gradation progressive de l'aval vers l'amont des classes de tailles, de sexes et de densité selon le secteur géographique.

Pour simplifier :

AVAL **AMONT**

Taille

Moyenne	40 cm	55 cm
Mini	< 15 cm	> 20 cm
Maxi	< 80 cm	> 80 cm

Sexe

Mâles + fréquents

Femelles + fréquentes

Densité :

Forte

Plus faible

(Campagne de capture CNR – Septembre 2009)

Globalement :

Le secteur en aval de Beaucaire/Vallabrègues est caractérisé par des densités importantes, dominées par des individus de tailles plus faibles et une abondance de mâles.

Plus l'on remonte dans le fleuve et plus les densités diminuent. Par contre, les individus de grande taille sont plus nombreux, notamment dans la classe de taille 60/80 et les femelles plus abondantes.

Le secteur de la retenue de Caderousse/aval du vieux-Rhône de Donzère permet un ratio effort de pêche/capture satisfaisant et, en adaptant la période de capture à la période de dévalaison (mi-septembre/mi-novembre) – très dépendante des crues automnales, les rendements de captures d'individus dévalant peuvent être importants.

Les résultats de l'étude MRM de 2010 tendent à montrer que des pêches tardives (novembre) en aval d'Arles permettent de capturer une densité importante d'individus argentés de grande taille (> 70 cm). L'effet d'un transfert aval/amont d'anguilles argentées en approche du milieu marin est en cours d'étude par MRM. Dans l'attente de la restitution finale de cette étude nous pouvons envisager 2 hypothèses de travail pour vérifier si la classe de taille ou la provenance des anguilles influe sur les modalités de dévalaison :

Effet classes de taille :

Afin de vérifier si les modalités de dévalaison sont identiques entre les mâles (plus petits) et les femelles (plus grosses), il pourrait être utile de tester 2 lots distincts de tailles, mais provenant du même secteur géographique. Dans l'attente de la vérification des effets d'un transfert aval/amont, il sera préférable de tester 2 lots provenant d'un secteur homogène (par exemple Caderousse - à définir) :

- 1 lot « grande taille » : 60/90 CM
- 1 lot « petite taille » : 30/50 cm

Effet classes de taille :

Pour vérifier si le transfert vers l'amont d'anguilles argentées capturées à proximité de la zone estuarienne, il pourra être utile de tester 2 lots, de tailles homogène (> 60 ou 70 cm) provenant de 2 secteurs différents :

- 1 lot provenant de l'aval d'Arles
- 1 lot provenant du secteur de Caderousse.

Ces propositions sont formulées en tant qu'hypothèse de travail et la concertation entre la CNR et MRM permettra de définir lors de la phase projet (PRO), les modalités exactes d'organisation.

4.1.2. Nombre d'anguilles nécessaires

Le retour d'expérience en France, Allemagne et Pays-Bas sur ce type d'expérimentation montre qu'une quantité annuelle d'une centaine d'anguilles est nécessaire pour permettre un traitement statistique et une fiabilisation de la méthodologie.

L'état sanitaire de certaines anguilles du Rhône ainsi que les stress et les mortalités enregistrées lors des captures d'anguilles argentées (ou en cours d'argenture) lors des essais de 2009 et 2010 mettent en évidence la nécessité de disposer d'un nombre d'anguilles plus important avant marquage de manière à pouvoir sélectionner uniquement les individus sains.

Il faut donc envisager pour chaque lot de disposer de 150 anguilles (soit 300 anguilles argentées au total) permettant de constituer 2 lots homogènes de 100 individus aptes à l'implantation des transpondeurs.

4.1.3. Conditions de capture, de transport et de stabulation

Les anguilles seront capturées aux moyens d'engins adaptés à cette espèce et aux conditions hydrauliques du fleuve par le pêcheur professionnel disposant des lots de pêche sur le secteur de Caderousse. La campagne sera organisée par CNR en concertation avec MRM et le pêcheur professionnel. Une demande d'autorisation de pêche scientifique sera instruite par CNR auprès du service en charge de la police des eaux et de la pêche.

La manipulation des anguilles devra être très précautionneuse. Le retour d'expérience lors de l'opération « Normandeau » de septembre 2010 sur Beaucaire a mis en évidence une sensibilité des anguilles lors des phases de manutention. MRM sensibilisera le pêcheur professionnel sur ce point.

Les modalités de stabulations ont été étudiées par MRM et les premières conclusions sont les suivantes :

Captures :

La campagne de pêche sera réalisée par un pêcheur professionnel local (M.Fontaine) qui mettra à disposition jusqu'à 80 verveux à ailes et le matériel associé (bateau, ancrs et cordage).

Période optimale de pêche (2 visites / semaine) :

- Fin août à octobre : lots de pêche secteur Saint-Etienne des Sorts (Caderousse)
- ou
- Fin octobre à décembre : lots de pêche secteur Mas Thibert (Aval Arles)

Nombre de jours de pêche (dans des conditions hydrologiques et météorologiques optimales) :

Sur la base du retour d'expérience de pêche menées par M.Fontaine pour MRM en 2010 (126 anguilles en cours d'argenture / argentées capturées en 8 visites (soit 27 jours de pêche) à l'aide 40 verveux) : 40 jours de pêche avec 80 Verveux.

Sur cette base de 40 j de pêche réalisés, 11 visites seront nécessaires soit 5 trajets. Il sera possible de stabuler les individus capturés d'une visite à l'autre.

Transport :

Selon le protocole choisi, le transport peut intervenir :

- **Directement après la capture des individus** par le pêcheur qui les amène directement dans les bacs de stabulation sur le site de marquage (voyage effectué à chaque opération de capture). Le transfert des individus entre le lieu de capture et le site de stabulation est effectué à l'aide d'un fourgon par le pêcheur équipé d'un bac de 1 m³ conçu par le pêcheur professionnel, oxygéné par un pompage de l'eau du bac et fonctionnant en circuit fermé. Dans cette configuration ; 50 anguilles peuvent être transportées simultanément.

→ *Avantages :*

Faible coût ;
Autonomie du pêcheur pour le transport / livraison des anguilles ;
Mise à disposition rapide et fréquente (en fonction des sorties de pêche) des individus pour le marquage.

→ *Limites de la méthode :*

Peu d'individus transportables simultanément ;
Nombreux trajets ;
Nécessite un système de stabulation sur site du marquage ;
Trajets de courte distance si température de l'air élevée ;
Risque sur l'état sanitaire individus lors de leurs différents transferts par le pêcheur.

→ *Coût :* compris dans la prestation pêcheur

- **Après stockage préalable des individus sur le site de capture** : le pêcheur regroupe les individus afin de limiter le nombre de trajets (voyage effectué à la demande). Le transfert des individus jusqu'au site de marquage est assuré dans des bacs de plus grande capacité (à peu près 3 m3) et oxygénés par des bouteilles le tout embarqué sur un camion-plateau. De 300 à 400 anguilles sont transportables en une seule fois.

→ *Avantages* :

Mise à disposition individus en grande quantité permettant des opérations de marquage de grande ampleur ;
Peu de trajets et pouvant être de plus grande distance.

→ *Limites de la méthode* :

Nécessite système de stabulation type filet sur site de capture ;
Risque sur l'état sanitaire des individus stabulés en grand nombre.

→ *Coût* : Prévoir un partenariat avec la Fédération de Pêche des Bouches du Rhône et/ou l'AAPPMA d'Arles avec défraiement des frais de personnel, de trajet et de consommation en oxygène.

Le choix de la méthode retenue sera effectué par MRM lors de la phase Projet, après concertation avec ONEMA et CNR.

Stabulation :

- **Sur site de piégeage** :

→ *Caractéristiques* :

Maintien des anguilles dans le Rhône à l'intérieur de couffes / filets de maille fine 6 mm, fermées haut et bas par une cordelette reliée à un ancrage flottant type bouée

→ *Nombre d'anguilles* : jusqu'à une centaine d'anguilles de toute taille par filet (la limite étant la maille du filet)

→ *Durée* : Au maximum une semaine à 10 jours avec intervention humaine nécessaire pour le contrôle sanitaire des individus

→ *Avantages* :

Faible coût ;
Mise en place simple du matériel ;
Méthode adaptable à n'importe quel site de piégeage ;

→ *Limites de la méthode* :

Augmentation du nombre de filets pour s'adapter au nombre d'anguilles visées ;
Température de l'eau non contrôlable (mortalité) ;
Risques de vol ;
Risques de crues,
Difficulté du contrôle de l'état sanitaire des individus stockés en grand nombre.

→ *Coût* : compris dans la prestation pêcheur professionnel.

- **Hors site de piégeage :**

- *Caractéristiques :*

Protocole et matériel similaire à ce qui a été mis en œuvre par la CNR en septembre 2010 lors des l'étude sur l'effet des turbines sur les anguilles dévalantes, à savoir : mise en place de 3 à 5 bacs de pisciculture (selon nombre d'anguilles à stabuler simultanément) de grand volume (2 m³ d'eau / bac) sur le site de marquage (Usine/barrage de Caderousse ou de Bollène). Oxygénation des bacs par alimentation en eau pompée directement dans le Rhône en amont ou en aval. Arrivée de l'eau par le haut, évacuation par le bas. Le débit de la pompe est de 6 m³/h et est réparti sur l'ensemble des bacs. Il est nécessaire de positionner des tubes PVC dans les bacs pour que les anguilles puissent s'y abriter. Un filet de protection et d'ombrage doit également être rajouté sur chaque bac.

- *Nombre d'anguilles :* répartition des individus dans l'ensemble des bacs. Idéalement ne pas dépasser 80 anguilles par bacs. Toutes tailles possibles.

- *Durée :* La stabulation ne doit pas excéder 15 jours (à cumuler avec stabulation sur le site de capture le cas échéant).

- *Avantages :*

Individus sur place et disponibles pour le marquage ;
Contrôle sanitaire plus aisé (présence de personnel sur site) ;
Contrôle des paramètres plus facile (température, débits) ;
Pas de risque de crue ;
Réduction du risque de vol.

- *Limites de la méthode*

Mise en place délicate du matériel ;
Risque sur l'alimentation en eau en cas de défaut électrique sur les pompes ou d'embacles au niveau de la zone de pompages (implique de prévoir une surveillance des matériels et/ou un système de pompe de secours automatique).

- *Coût :*

Entente MRM-EDF à préciser pour la mise à disposition du matériel EDF utilisé en septembre 2010 ou achat de 5 bacs de stabulation.

Conclusion :

Une campagne de capture permettant de constituer un stock de 300 anguilles argentées ou en cours d'argenture avancée, en 2 lots de 150 anguilles (classes de tailles homogènes (30/50 cm et 60/90 cm) ou provenance Caderousse / Arles) sera organisée entre la fin d'été et la fin de l'automne.

Les poissons seront manipulés avec précaution à chaque étape et stockés temporairement jusqu'à la phase de marquage soit dans des viviers ombragés et alimentés par l'eau du Rhône, soit dans des filets directement dans le Rhône au niveau des sites de capture puis transférer sur le site de marquage.

Une sélection de 2 x 100 poissons sera alors établie pour ne retenir que les individus les plus sains visuellement.

4.2. Choix de la technologie NEDAP©

Sur la base de l'étude de faisabilité de 2009, des échanges avec les équipes travaillant sur ce type de prospections et des retours d'expérience de différents utilisateurs, il ressort que la technologie NEDAP© est la plus adaptée à ce type de suivi. Elle repose sur :

- L'implantation de transpondeurs passifs dans les anguilles
- L'installation d'une antenne – composée de 3 câbles parallèles équidistants de 10 à 20 m – immergée transversalement au fond du fleuve
- La mise en place d'une unité de télédétection (récupération et traitement du signal) et de transmission GSM des données
- L'utilisation d'une interface internet de visualisation des données et de traitements des données

NEDAP est une société néerlandaise fondée en 1929 regroupant plus de 600 personnes et spécialisée dans la création, la fabrication et l'exploitation de systèmes de comptages dans le domaine industriel, agricole et commercial (www.denapindustrialid.com et www.nedap.fr).

Depuis le début des années 1990, NEDAP propose un dispositif commercialisé sous NEDAP-Trail (www.nedaptrail.com) de télédétection de poissons utilisant une antenne au fond du fleuve et des transpondeurs implantés dans les poissons.

Cette technologie est basée sur la radio-identification ou RFID (de l'anglais Radio Frequency Identification) : c'est une méthode pour récupérer et mémoriser des données à distance en utilisant des marqueurs appelés « radio-étiquettes » (« RFID tag » ou « RFID transponder » en anglais). Les radio-étiquettes sont de petits objets qui peuvent être collés ou incorporés dans des objets ou des produits voire même être implantés dans des organismes vivants (animaux, corps humain). Les radio-étiquettes comprennent une antenne associée à une puce électronique qui leur permet de recevoir et de répondre aux requêtes radio émises depuis l'émetteur-récepteur (« antenne »).

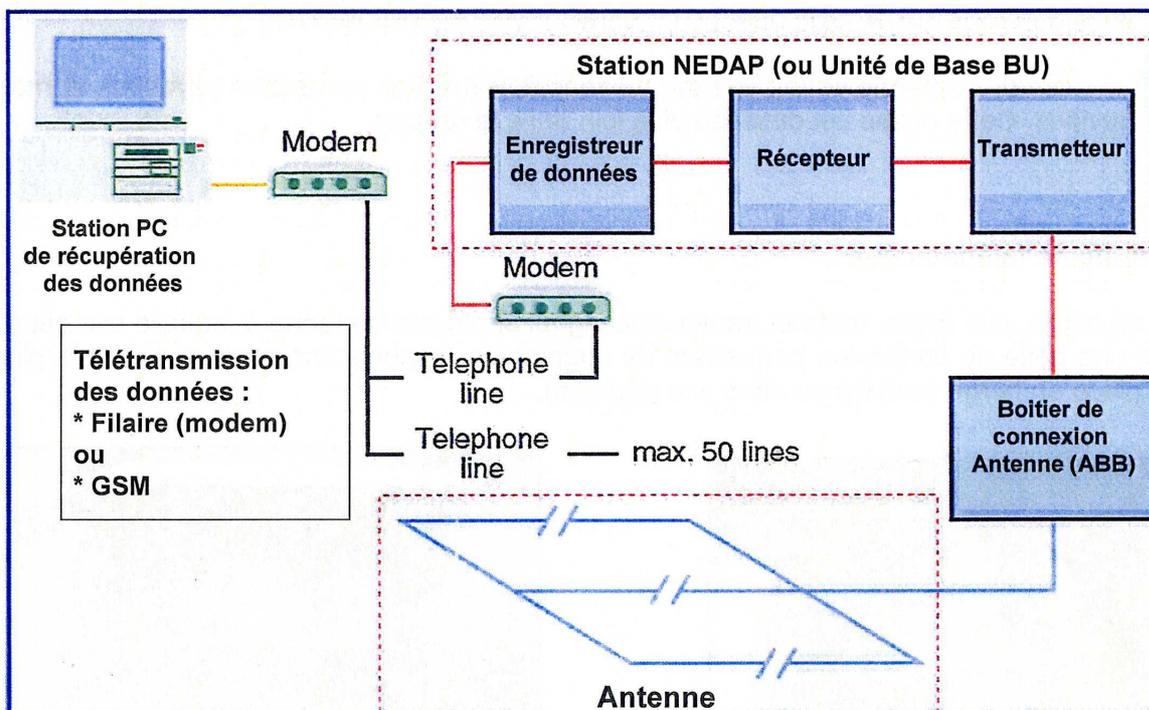
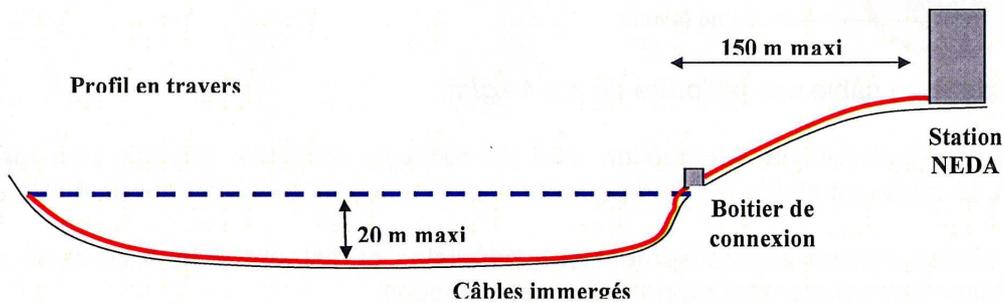
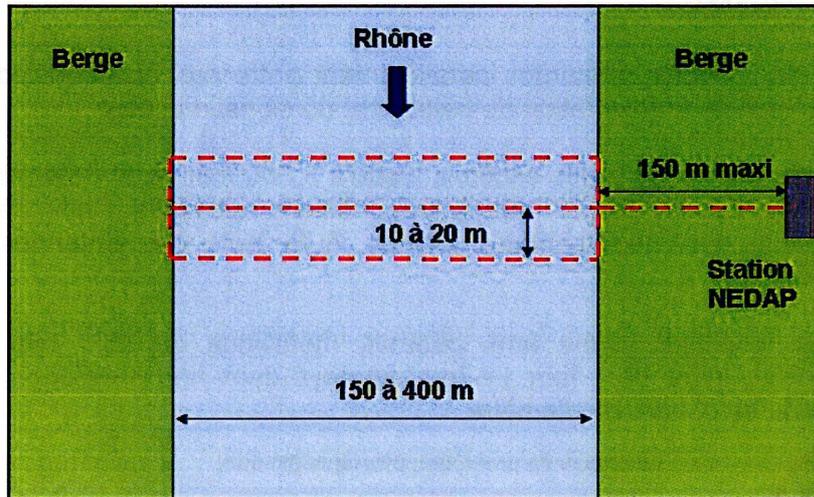
Les retours d'expérience en France, Allemagne et Pays Bas de l'application de cette technologie au suivi des poissons depuis 1992 (1^{ère} station sur le Rhin) montrent les points forts suivants :

- Turbidité et conductivité n'ont quasi aucun impact sur la détection
- Turbulences, bulles d'air : aucun impact
- Trafic fluvial : aucun impact sur la détection
- Taux de détection de l'ordre de 90 %
- Dimensions maximales antennes : 500 m de large et profondeur 20 m
- Temps de vie des marques (pour anguilles) : 2000 détections (2 ans)
- Gestion autonome des stations (envoi des données via GSM)

Certains points nécessitent par contre une vigilance particulière :

- Mise en place nécessite des moyens lourds : génie-civil, intervention bateau, plongeurs
- Pas d'information concernant le sens de passage des poissons
- Difficulté à expliquer les « non détections »
- Obligation d'activation des transpondeurs par Nedap
- Nécessité de disposer d'une station « test » permettant de vérifier le bon fonctionnement des transpondeurs avant implantation
- Pas d'indicateur de mortalité
- Vulnérabilité des câbles qui peuvent être endommagés par l'ancrage des navires
- Risques de vandalisme sur installation (cabines, câbles en berge, etc.)

Principe d'un dispositif de télédétection basé sur la technologie NEDAP©
 Vue en plan :



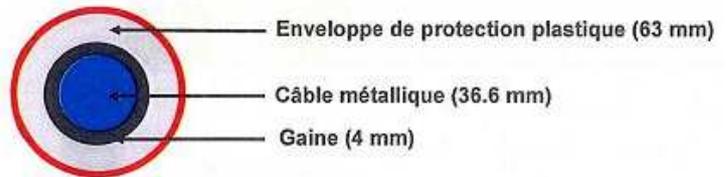
Vue d'ensemble du système NEDAP ©

4.2.1. L'antenne

L'antenne transmet un signal d'interrogation et reçoit en retour un signal des transpondeurs à leur passage au-dessus des câbles.

Elle est constituée de 3 câbles immergés parallèlement entre eux en travers du fond du lit du fleuve. Ils sont reliés ensuite à une station de traitement du signal en berge.

NEDAP estime qu'elle peut couvrir des sections jusqu'à 3.000 mètres et détecter le passage des poissons jusqu'à une profondeur de 30 mètres en conditions optimales. Cependant l'efficacité est soumise aux conditions environnementales locales, à la taille des antennes et au type de transpondeurs utilisés.



Le câble est constitué d'une âme centrale métallique de 36.6 mm de diamètre et recouverte d'une gaine de 4 mm. Le tout est noyé dans une enveloppe de protection en plastique rigide de 63 mm de diamètre.

La masse du câble est de l'ordre de 3 à 4 kg/m.

Un calcul hydraulique effectué pour différentes vitesses d'écoulement montre que le câble avec une masse de 3 kg/m est stable au fond pour des vitesses moyennes de courant de < 2 m/s. Pour des vitesses supérieures, il est alors impératif de prévoir des lests et/ou un dispositif de fixation (broche ou chaîne) au fond.

Les câbles doivent impérativement être parallèles et distant de 10 à 20 m de manière à optimiser l'enregistrement du passage des poissons.

Compte-tenu des variations environnementales et techniques pouvant intervenir, nous considérerons que la profondeur d'immersion à retenir est de 10 à 15 m au maximum.

La pose de l'antenne se fait soit par moyens fluviaux, soit par engins terrestres et moyens fluviaux. Cette phase est détaillée plus loin dans le rapport.

4.2.2. Unité de télédétection

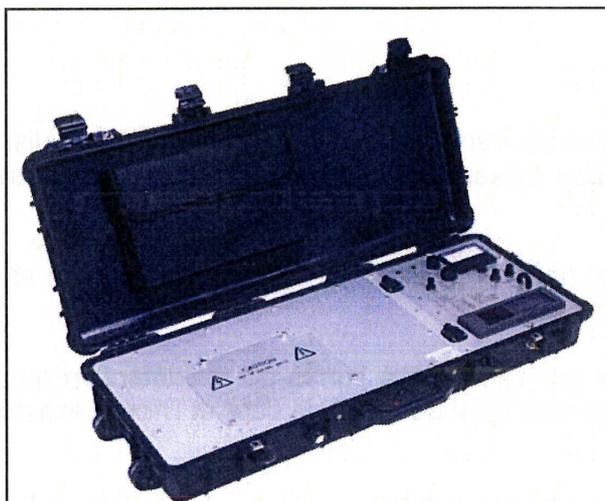
Située en berge, elle reçoit, traite et transmet le signal capté par l'antenne à laquelle elle est reliée grâce à une boîte de connexion permettant de coupler les 3 câbles immergés à un câble plus fin mis en place en berge (enterré ou dans une goulotte).



Boîtier de connexion (photo nedap)



Station NEDAP sur site (photo EDF)



Unité semi-mobile de télédétection

Les caractéristiques techniques (source NEDAP) sont les suivantes :

- Dimensions : 950 x 150 x 45 mm
- Poids : 25 kg
- Fréquence de fonctionnement : 33,25 Kh
- Température de fonctionnement : 0 à +40°C
- Température de stockage : - 30°C à + 65°C
- Alimentation électrique : 230/240 V +/- 10 %-50/60 Hz
- Consommation électrique : 25 VA (mode normal) à 30 VA (mode test)
- Radio régulation : conforme ETSI 300330
- Protection : IP 65

Ces unités sont fixées en façade (dans un coffret étanche) ou intégrées à l'intérieur d'une cabine limnigraphique (alimentation 220 V réseau) soit autonome. L'alimentation électrique se fait dans ce cas soit en tirant une ligne dédiée depuis le réseau 220 V soit par une alimentation autonome (panneau solaire + batterie de secours au méthanol par exemple).

Les échanges avec les équipes CNR en charge de l'installation et de la gestion des stations limnigraphiques ont mis en évidence :

- Les stations de mesure limnigraphiques relèvent de la responsabilité de l'exploitant
- Certaines contribuent au dispositif de sûreté des aménagements et sont donc stratégiques
- La possibilité de s'implanter en façade de ces cabines en utilisant l'alimentation électrique existante

Sur la base de cet Avant Projet, il est impératif de rencontrer l'exploitant pour lui présenter les options envisagées et de définir / valider avec lui les modalités précises d'implantation des stations NEDAP, sur les cabines limnigraphiques ou pour certaines, de manière autonome.

4.2.3 Les transpondeurs

Les transpondeurs (contraction de transmetteur/répondeur) sont des dispositifs passifs implantés dans la cavité abdominale des poissons et qui ne s'activent qu'au passage au droit d'une des branches de l'antenne.

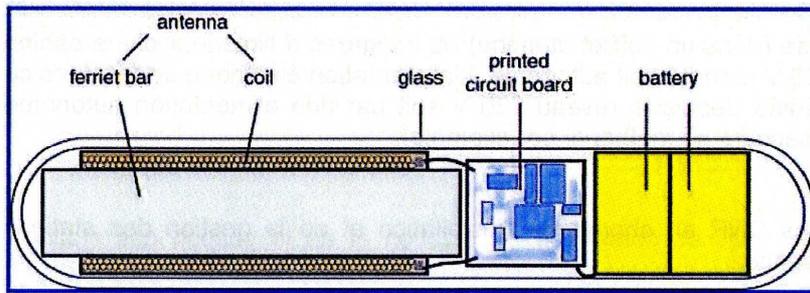
Celle-ci émet alors un signal (interrogation) et le transpondeur renvoie alors une réponse avec le numéro de transpondeur correspondant.

Cette donnée est transférée par l'antenne à l'unité de télédétection qui l'intègre au système de gestion des données. Cela permet ainsi de savoir la date et l'heure exacte de passage du poisson portant le transpondeur.

Nedap propose actuellement 3 types de transpondeurs basés sur la même configuration dont les caractéristiques sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

Specifications of three generation of Nedap Trail transponders.						
Transponder (tag)	Length [mm]	Diameter [mm]	Weight [gr]	Trigger field strength [mA/m]	Magnetic dipole moment [mA·m²]	Expected lifetime [year]
Generation 1	85 - 90	15	38	1.2	25	2
Generation 2	60 - 65	15	26	2.2	15	1
Generation 3	38.5	13	11	4.0	6.5	0.25

La durée de vie du transpondeur est proportionnelle à ses dimensions et à la capacité de la batterie et varie entre 3 mois et 2 ans.

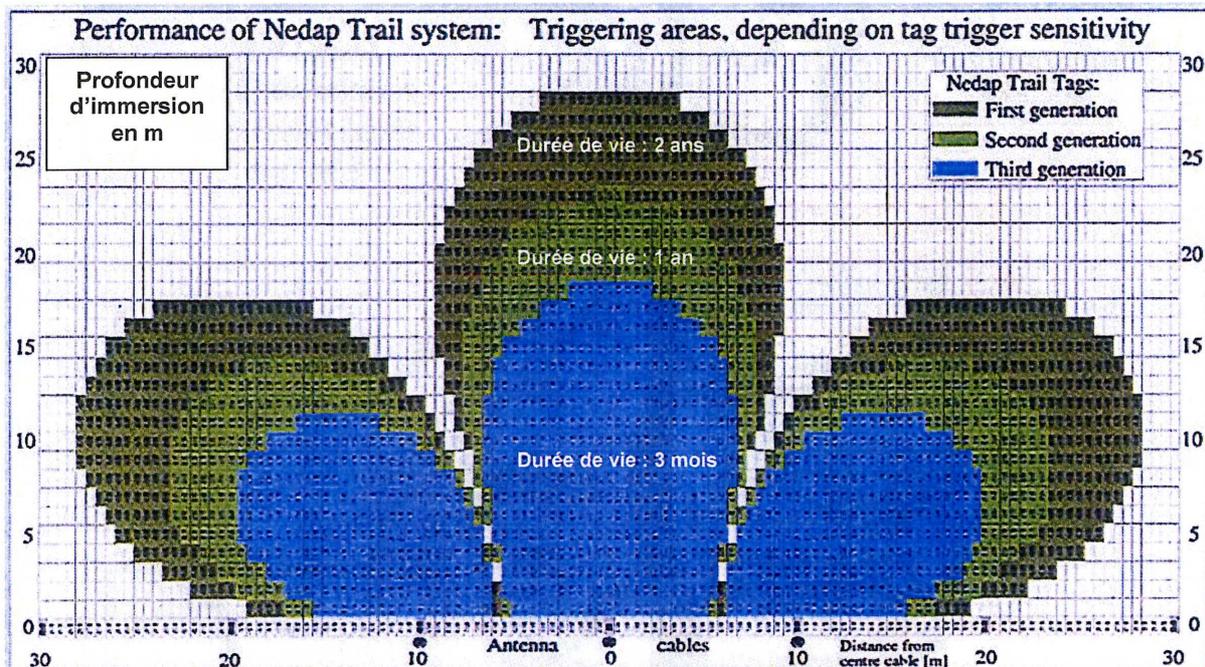


Coupe type d'un transpondeur Nedap-trail

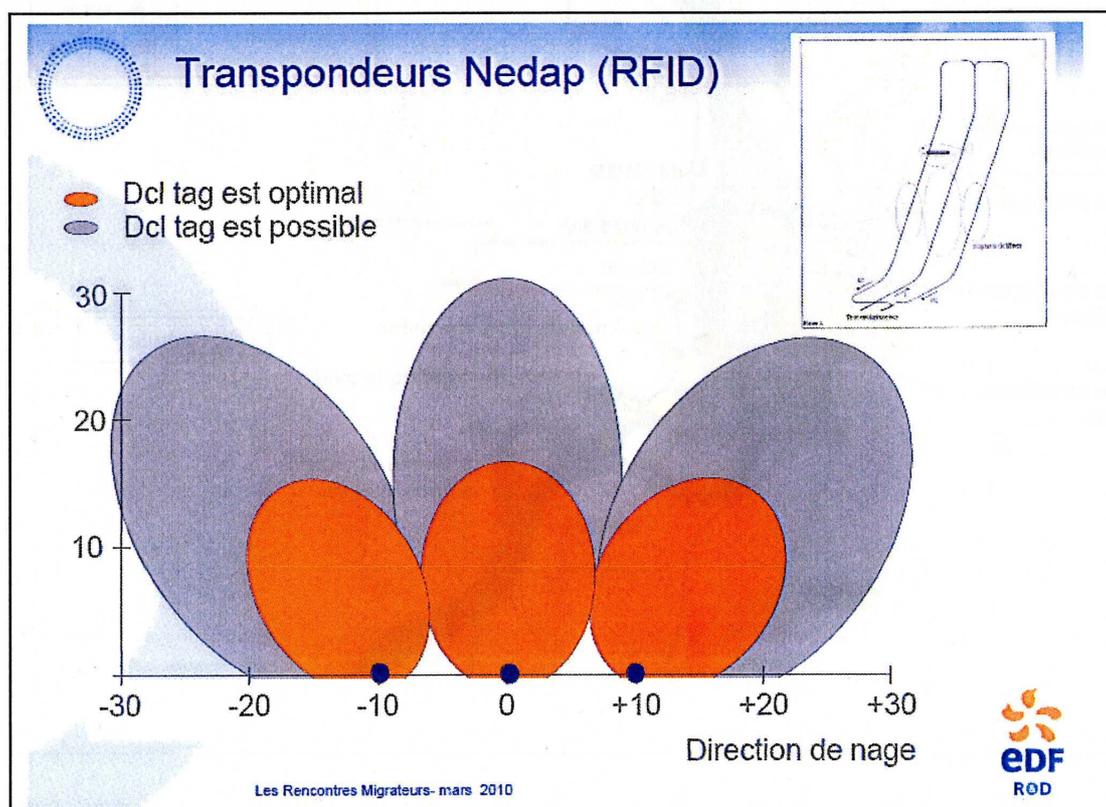
Photo de 3 types de transpondeurs pouvant être implantés dans les poissons



Les performances de chaque type de transpondeurs sont présentées dans le diagramme ci-dessous (source Nedap trail)



EDF (O.De Olivera 2010) propose le schéma de synthèse suivant et fixe l'optimum de la technologie NEDAP à 15/18 m de profondeur pour un espacement de 10 m de câbles.



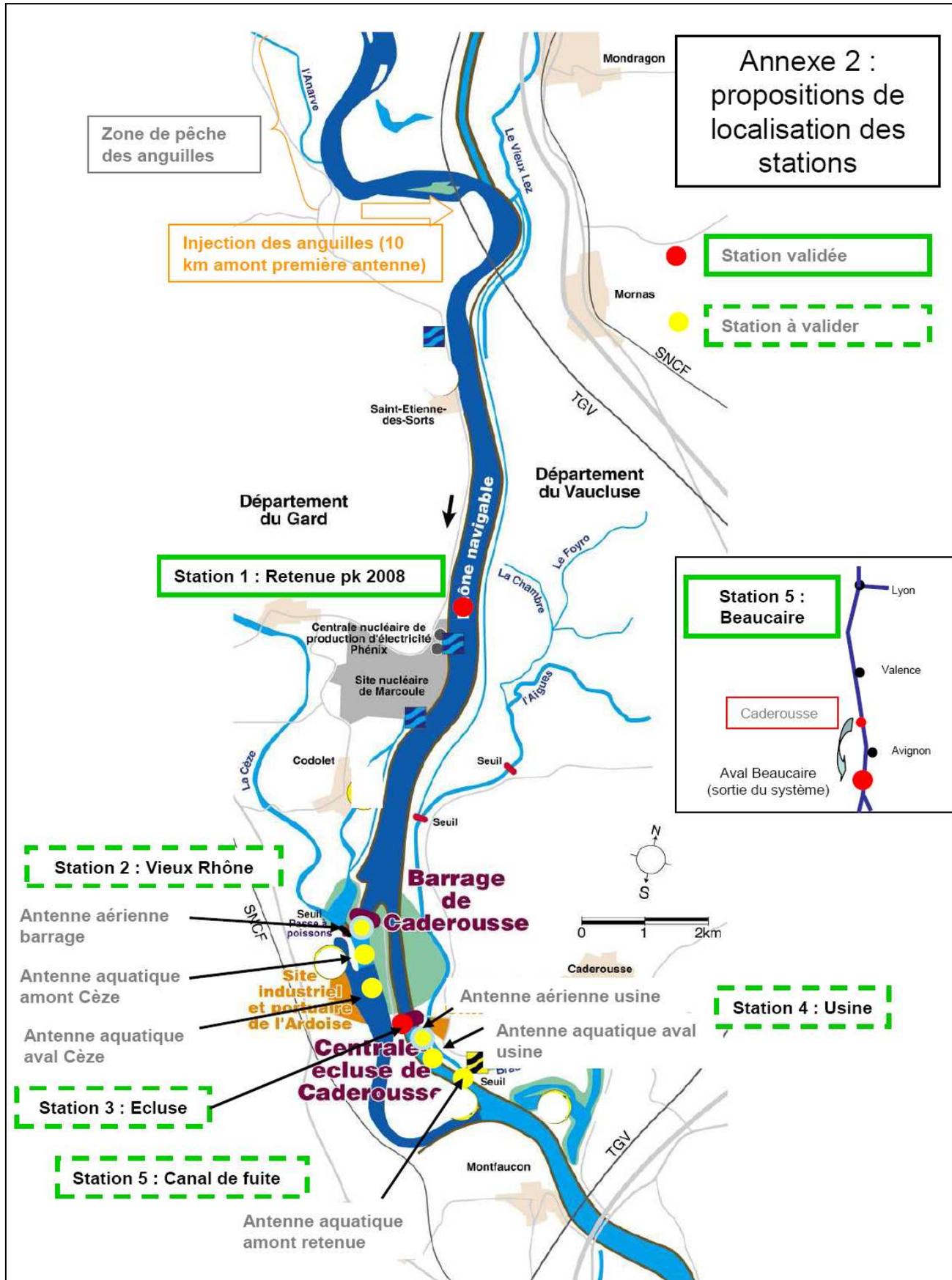
Les transpondeurs offrant les meilleures puissances et la plus grande autonomie (jusqu'à 2 ans) sont ceux de grande dimension (85 mm). Ils imposent alors d'équiper des poissons de grande taille.

Ils sont parfaitement adaptés à des anguilles de tailles supérieures à 60/70 cm. Pour travailler avec des anguilles de tailles plus petites (40/50 cm), il faudra impérativement vérifier la possibilité d'implantation de transpondeurs inférieures (60 / 65 mm) mais offrant au moins une autonomie d'un an.

La taille de transpondeur la plus petite (35 mm) adaptée à des anguilles de cette taille n'offre qu'une autonomie de 3 mois, et ne sont donc pas adaptés à cette étude.

5- IMPLANTATION DES STATIONS

L'étude de faisabilité proposait les implantations suivantes :



Sur les secteurs envisagés, la phase d'avant-projet a permis d'étudier l'ensemble des contraintes techniques, hydrauliques et fluviomorphologiques permettant de proposer plus précisément les sites d'implantation. Une attention particulière a été portée à la configuration des fonds du Rhône et à leurs évolutions au gré des crues de manière à s'assurer d'une part de la stabilité du câble en lui-même et d'autre part de celle des fonds.

5.1. Stabilité des fonds

L'évaluation de la stabilité s'est basée sur une comparaison des levés bathymétriques réalisés entre 2000, 2004 et 2007/2009. Si ceux-ci ont peu évolué depuis 2004, les crues importantes survenues en 2002 et 2003 se sont traduites localement par des apports ou des érosions parfois importants.

La stabilité a été jugée acceptable si les évolutions des fonds les plus importantes depuis 2000 sont restées inférieures à 50 cm. Au contraire, elle est considérée comme incompatible avec la mise en place des câbles si elles ont dépassé 1 m.

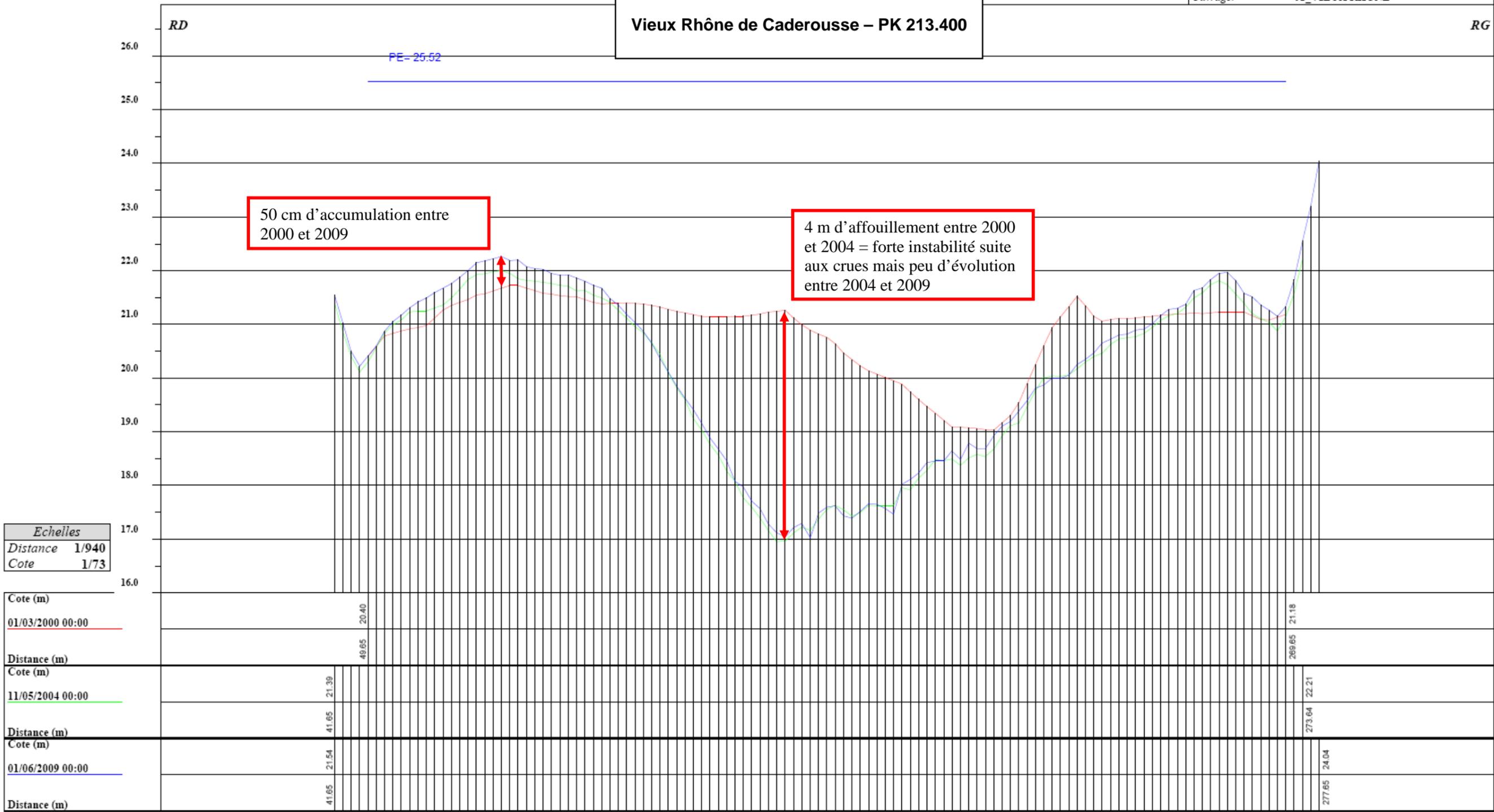
Ce volet restera à compléter lors de la phase projet en intégrant à une modélisation hydraulique des données granulométriques des sites envisagés. En l'absence de données granulométriques sur la zone, il sera nécessaire de travailler, dans un premier temps, sur une approche théorique en comparant les résultats sur un fond « dur » (galet/gravier) et un fond « mou » (sable/limon).

En fonction des résultats théoriques, une campagne de prospection granulométrique sur les stations envisagées pourra-t-elle être nécessaire.

2 exemples de comparaison entre 3 campagnes de levés bathymétriques sont illustrés dans les figures ci-après.

Exemple d'un profil jugé instable
Vieux Rhône de Caderousse – PK 213.400

Zone Géographique: TIERS AVAL
 Chute: 20_CADEROUSSE
 Ouvrage: 01_VIEUX RHONE



Zone Géographique: TIERS AVAL
 Chute: 20_CADEROUSSE
 Ouvrage: 01_VIEUX RHONE

Exemple d'un profil jugé stable
Vieux Rhône de Caderousse – PK 214.100

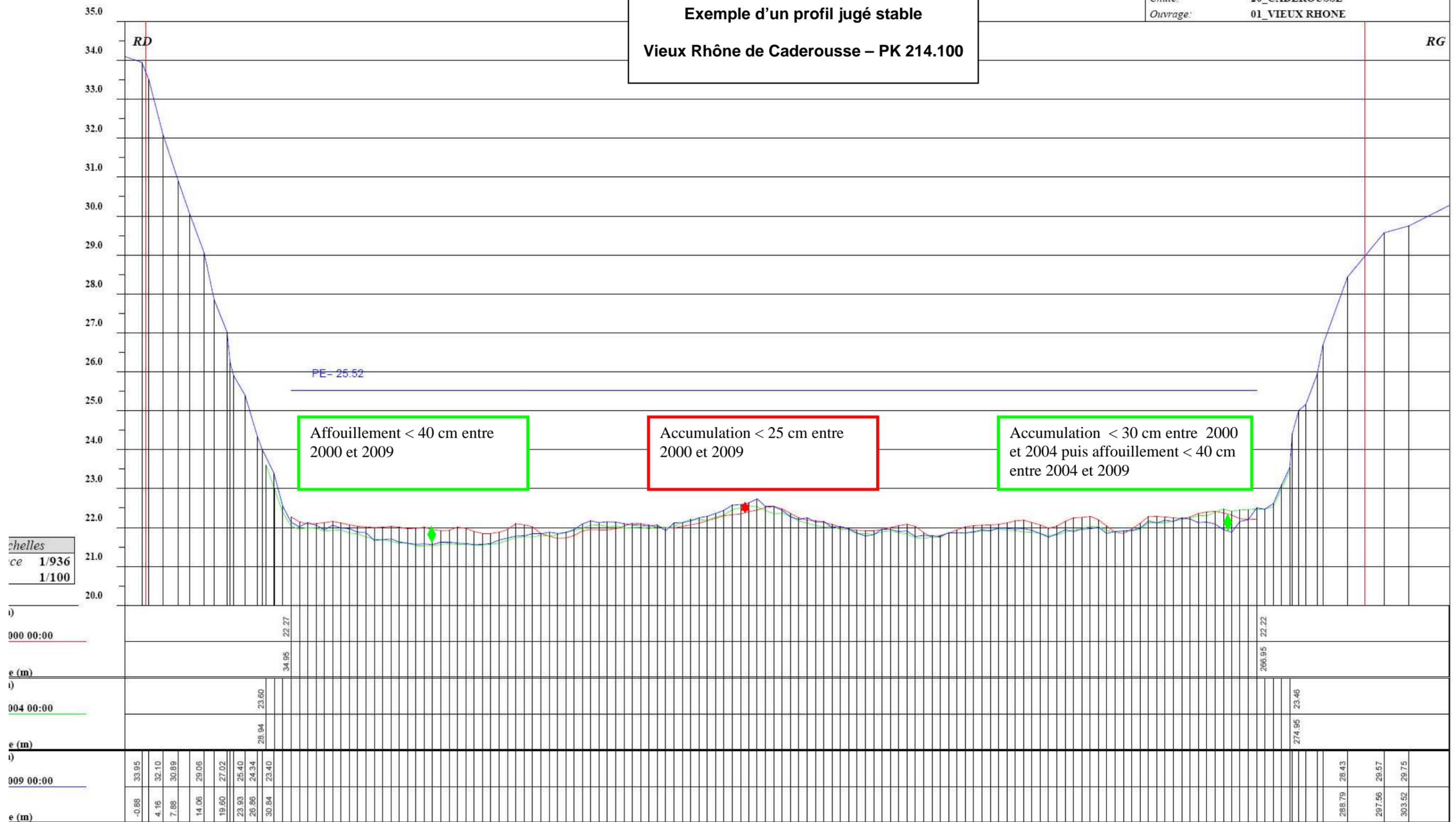


Tableau 1 – Synthèse des contraintes

Tableau des principales contraintes

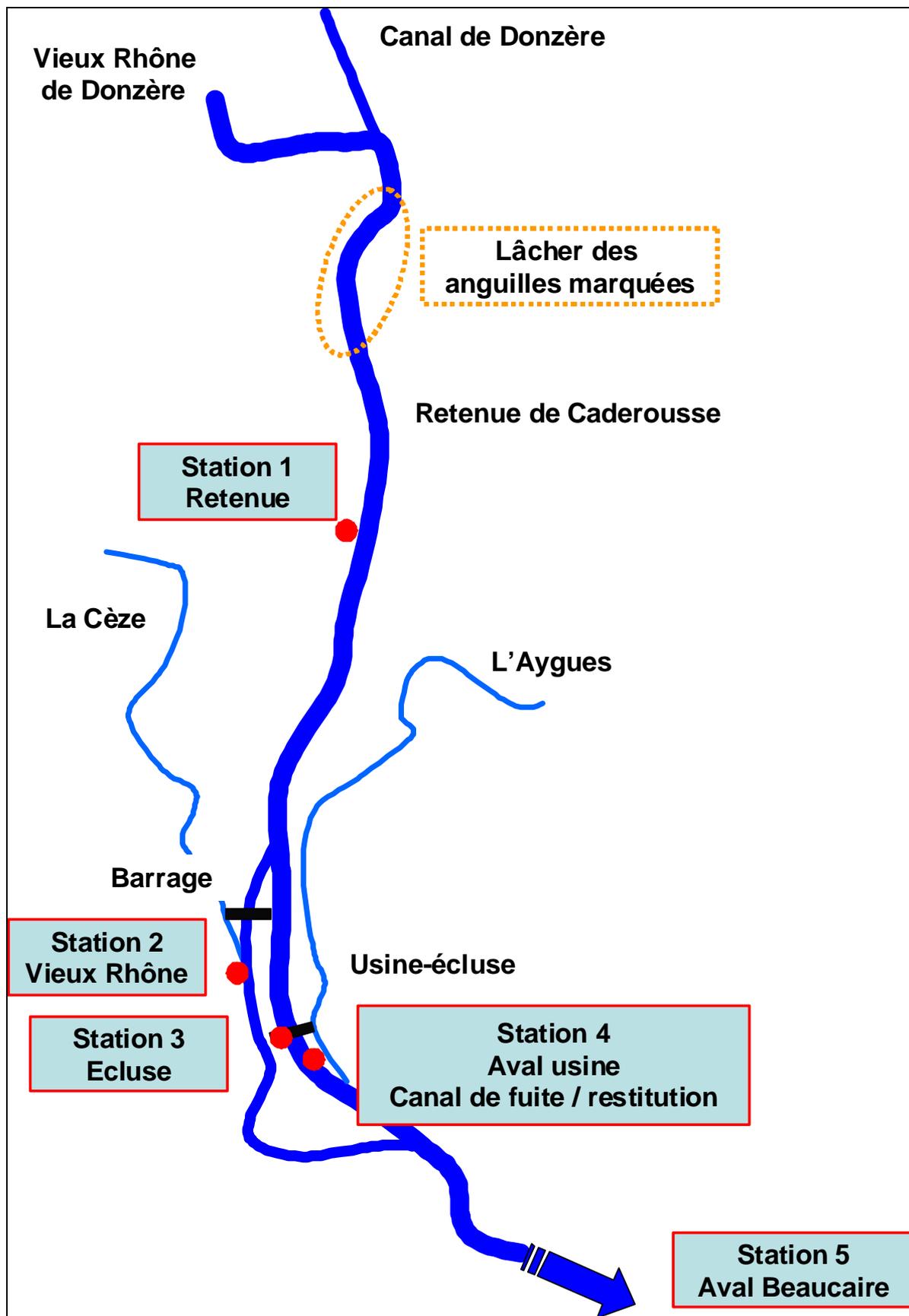
Option	Retenue	Vieux Rhône					Ecluse				Canal de fuite			Aval Beaucaire	
	antenne aquatique	antenne aérienne	antenne aquatique aval barrage immédiat	antenne aquatique amont Cèze	antenne aquatique aval Cèze immédiat	antenne aquatique aval Cèze éloigné	antenne aquatique	antenne aérienne	antenne aquatique	antenne aérienne	antenne aquatique	antenne aquatique	Antenne aquatique	antenne aérienne	antenne aquatique
PK Rive	208 RD	barrage 212.9	213.2 / 213.3 RG	213.5 RG (= limni)	213.6 à 213.7 RG	214.100 RG	aval porte amont	aval porte amont	Intérieur SAS Ecluse	Intérieur SAS ECLUSE	Cfuite (PK 217)	RE AV pk 221	Aval usine mur divisor	Usine	PK 270.500
contraintes hydrauliques	largeur 400 m	RAS	fortes vitesses mais section étroite	fortes vitesses mais section étroite	faibles vitesses mais section large forte élévation niveau en crue	faibles vitesses mais section large forte élévation niveau en crue (mais hors crue en RD)	les anguilles peuvent emprunter les conduites de vidange de l'écluse	les anguilles peuvent emprunter les conduites de vidange de l'écluse	les anguilles peuvent emprunter les conduites de vidange de l'écluse	les anguilles peuvent emprunter les conduites de vidange de l'écluse	vitesses moyennes	faibles	vitesses importantes en cas d'ouverture du déchargeur RD	RAS	vitesses importantes (à vérifier auprès DISFA)
contraintes terrestres	proximité Marcoules	le barrage	long talus de berge	long talus de berge	inondation du site > Q1000 en RD	inondation du site > Q1000 en RD	RAS	tirant d'air 7 m	tirant d'air 7 m	tirant d'air 7 m	long talus de berge	long talus de berge, secteur isolé	Accès complexe au mur divisor pour engin	barrage	Port de TEMBEC sous PK 270.500 et contraintes éventuelles si périmètres seveso
contraintes aériennes	lignes hautes tension	vent fort	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	vent fort	RAS	vent fort	RAS	RAS	RAS	vent fort	nc
Configuration des fonds	Hétérogène	nc	Hétérogène	Homogène	Très hétérogène	Homogène	Plat béton	Plat béton	Plat béton	Plat béton	Homogène	Homogène	Hétérogène (à vérifier)	Homogène	Hétérogène
Stabilité des fonds	Assez stable Variation < 50 cm entre 2000 et 2009	nc	Instable (-1 m entre 2000 et 2004) Fosse dissipation du barrage	Instable (+1.50 m entre 2000 et 2004) Hors fosse dissipation	Instable (+/- 1 m entre 2000 et 2004 selon secteur) Fosse dissipation crue Cèze en RD	Assez stable Variation < 50 cm entre 2000 et 2009	Stable	Stable	Stable	Stable	Assez stable Variation < 50 cm	Instable - 3 m en RG entre 2001 et 2004	A vérifier auprès de l'exploitant	nc	Assez stable
Configuration des écoulements en crue	Peu turbulents	nc	Très turbulents	Turbulents	Très turbulents	Turbulents	nc	nc	nv	nc	Peu turbulent	Peu turbulent	Turbulent	nc	Peu turbulent
Profondeur max	10.50 m	12 m	11.50 m	6 m	7.50 m	4 m	4 m	4 m	13 m	13 m	10 m	10 m	10 m	nc	8 m
Vitesse écoulement 1/2 permanent	0.5 m/s	nc	< 0.5 m/s	< 0.50 m/s	< 0.50 m/s	< 0.50 m/s	nc	nc	nc	nc	< 1 m/s	< 1 m/s	2 m/s	nc	< 1.5 m/s
Vitesse écoulement Q10 à Q100	2 à 3 m/s	nc	< 2.50 m/s	< 2.50 m/s	< 2 m/s	< 2 m/s	nc	nc	nc	nc	< 1 m/s	2.5 à 3.5 m/s	< 2 m/s	nc	2 à 3 m/s
Installation de l'antenne	sous l'eau	aérienne	sous l'eau	sous l'eau	sous l'eau	sous l'eau	sous l'eau	aérienne	sous l'eau	aérienne	sous l'eau	sous l'eau	sous l'eau	aérienne	sous l'eau
Nécessite des lests	OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	OUI
Installation par voie fluviale	OK	NON	COMPLEXE	OK	OK	OK	OK	Non	Non	Non	OK	OK	OK	Non	OK
Installation par voie terrestre	OK	Complexe	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK mais lors d'un arrêt de nav	OK	OK	OK	OK mais complexe	OK	OK
conditions mises en place des câbles	en eau RAS raccordement berge RAS	câbles fins, en aérien implaquant travaux acrobatique et portants sur génie civil barrage - problème de largeur d'emprise disponible	en eau RAS raccordement berge grande longueur	en eau RAS raccordement berge grande longueur	en eau RAS raccordement berge grande longueur	en eau RAS raccordement berge grande longueur	sous l'eau RAS se mettre en aval proche porte amont de l'écluse	câbles fins, en aérien installation 3 portiques à valider avec Nedap et DR	Fixés au fond du sas et dans les murs derrière échancrure des échelles Nécessité de raccords en angles droit (Vérifier auprès de NEDAP)	câbles fins, en aérien installation 3 portiques à valider avec Nedap et DR En limite de la gamme tirant d'eau/ tirant d'air de 20 m	en eau RAS raccordement berge grande longueur	en eau RAS raccordement berge grande longueur	en eau avec ancrage au fond + fixation sur génie civil RD ou boîtier raccorderment en T laissé immergé A vérifier NEDAP à valider avec Nedap et DR	câbles fins, en aérien mais nécessite des travaux acrobatique et peu d'emprise disponible pour 2 x 10 m de large à valider avec Nedap et DR	raccorder les 3 câbles en berges puis raccorderment au local technique DE-DNER éoliennes Accès complexe pour engins lourds en rive gauche
longueur antenne	3 x 450 m	3 x 200 m	3 x 200 m	3 x 200 m	3 x 280 m	3 x 280 m	3 x 45 m	3 x 15 m	3 x 15 m	3 x 15 m	3 x 180 m	4 x 340 m	3 x 180 m	3 x 120 m	3 x 240 m
unité télémétrique	abri limni sur place	au barrage alimentation à 25 m	abri limni sur place	abri limni à 200 m	Abri à construire en RD alimentation à 200 m	Abri à construire en RD alimentation à 300 m	local écluse	se raccorder sur écluse 25 m câble fin	se raccorder sur écluse 25 m câble fin	se raccorder sur écluse 25 m câble fin	abri à construire en RD Alimentation borne à 200 m	abri à construire en RD Alimentation réseau EDF à 200 m (mais franchissement contre canal)	A positionner en RG hors crue	dans usine	local technique éoliennes DE-DNER
conditions télé-transmission	GSM limni	GSM limni ou barrage	GSM limni ou autonome	GSM autonome	GSM autonome	GSM autonome	GSM écluse	GSM écluse	GSM écluse	GSM écluse	GSM autonome	GSM autonome	GSM autonome	GSM usine	GSM autonome
secteur 220 V	220 V limi	220 V barrage	220 V limi	220 V limi	220 V ligne EDF RD avec 100 à 200 m de raccorderment électrique	220 V ligne EDF RD avec 300 m de raccorderment électrique	220V écluse	220V écluse	220V écluse	220V écluse	à raccorder borne alimentation appontement ou batteries	Vérifier raccorderment possible réseau EDF à proximité	Raccorderment à l'usine (130 m)	220 V usine	220 V local éolienne CNR
CONCLUSION	OK (à valider par exploitant)	NON	NON	NON	NON	OK (à valider par exploitant)	OK (à valider par exploitant)	Sous réserve de validation Exploitant + NEDAP	OK (à valider par exploitant)	Non sauf si confirmation NEDAP OK pour Tirant d'air + eau = 20 m	Ok sous réserve validation exploitant	Non sauf si impossible au PK 217	OK sous réserve de confirmation de la stabilité des fonds et de la possibilité d'ancrage au fond	Non sauf si exploitant confirme possibilité d'emprise 2 x 10 m	OK sous réserve possibilité accès engins en RG + raccorderment locale éoliennes

Contraintes faible à nulle moyenne forte très forte à valider avec la DR

5.2. Implantations possibles des stations

L'ensemble des contraintes analysées est présenté dans le tableau 1.

Les stations envisagées sont les suivantes :

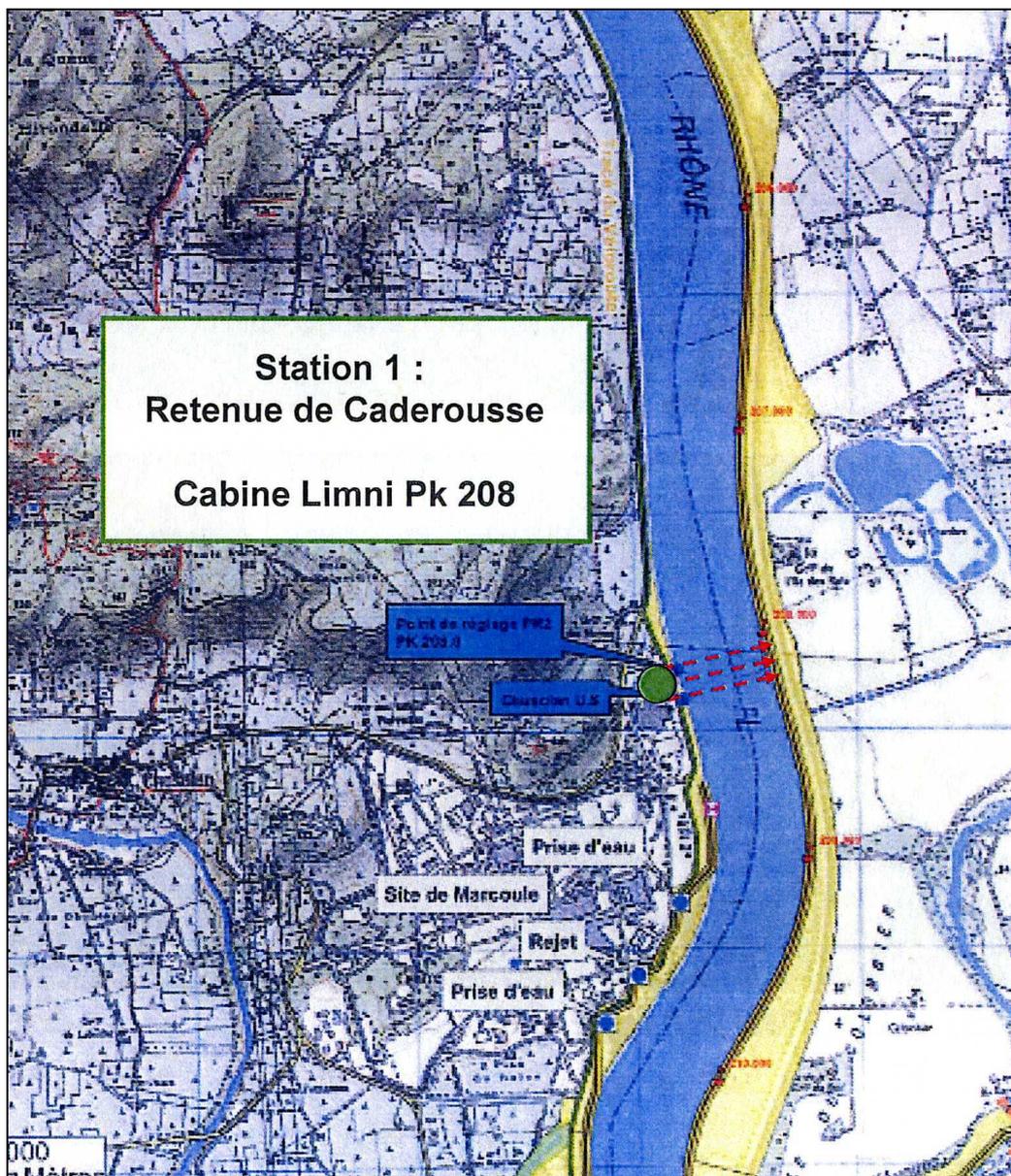


5.2.1. Station 1 : Retenue de Caderousse

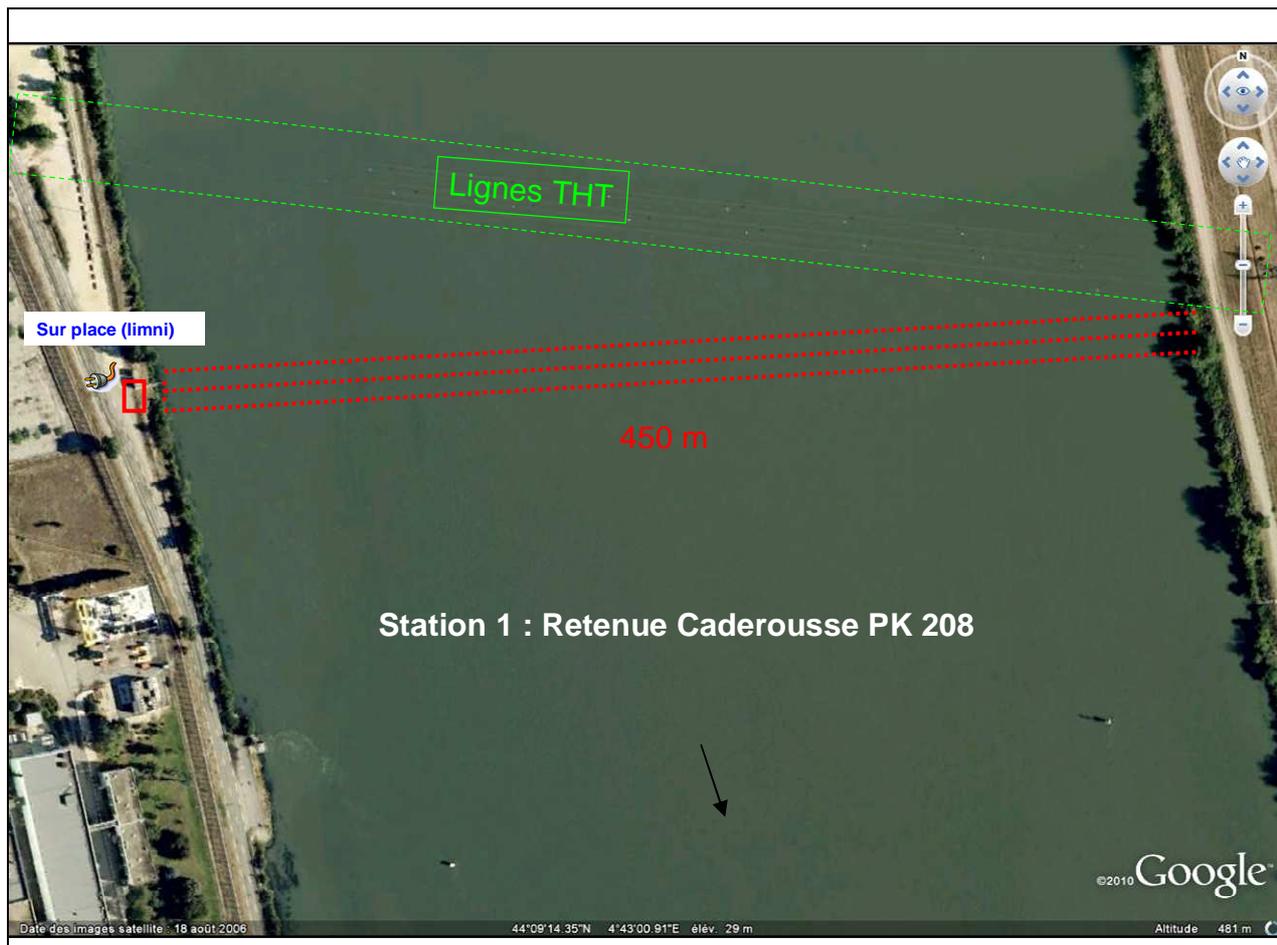
Cette station de référence amont peut avantageusement être implantée sur (ou dans) la cabine limnigraphique située en **rive droite au niveau du PK 208** et qui dispose d'une alimentation 220V.

Les modalités d'implantation devront être définies avec l'exploitant.

Plan de localisation général :



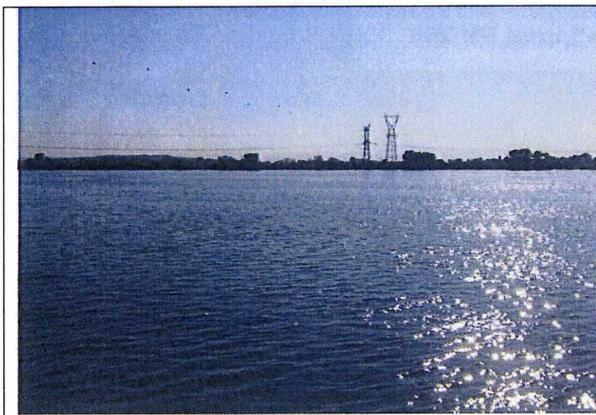
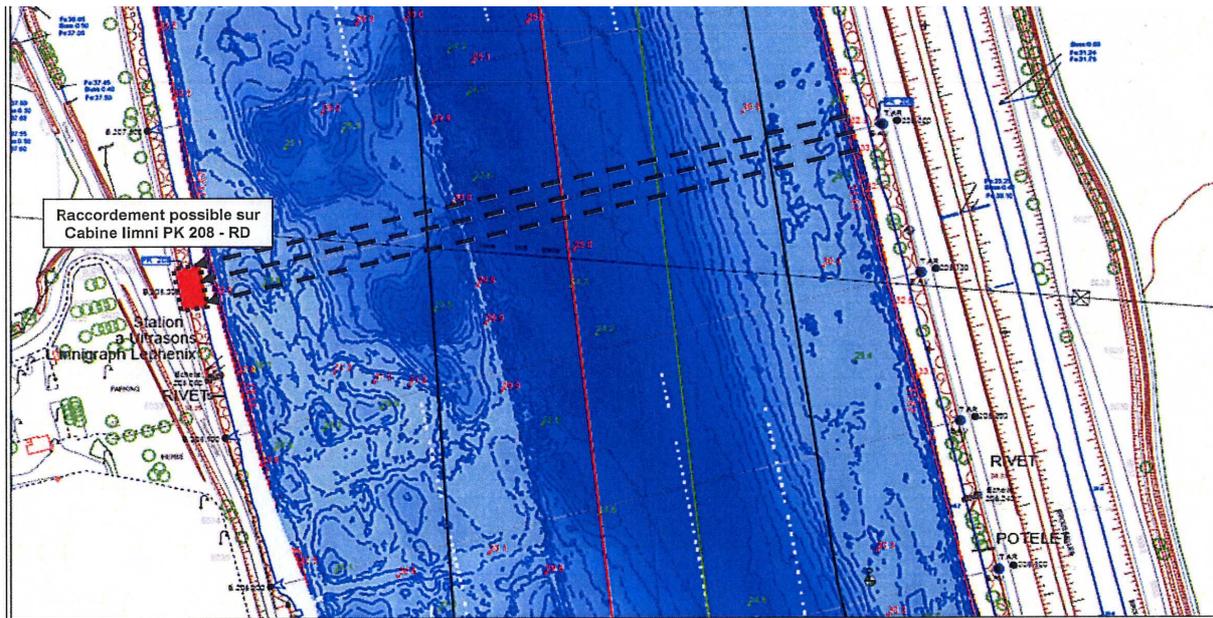
Vue photo-aérienne :



Les principales contraintes et caractéristiques :

- Station NEDAP à implanter en rive droite
- Largeur : 450 m
- Faibles vitesses d'écoulement
- Fonds stables
- Berges accessibles en enrochements
- Secteur navigué
- Travaux par voie fluviale ou terrestre
- Peu de débroussaillages et de bucheronnage
- Vérifier possibilité d'accès engins lourds en RG (stabilité piste et digue en RG)
- Présence d'une ligne THT aérienne à proximité
- Proximité du site nucléaire de Marcoule : vérifier si besoin de formalités spécifiques
- Nécessité de mettre en place des panneaux d'interdiction d'ancrer

Levés bathymétriques au droit de la zone d'implantation



Retenue au PK 208



Cabine limni PK 208

Illustration photographique de la zone d'implantation

5.2.2. Station 2 : Vieux Rhône de Caderousse

Plusieurs implantations ont été envisagées (cf. : Tableau 1).

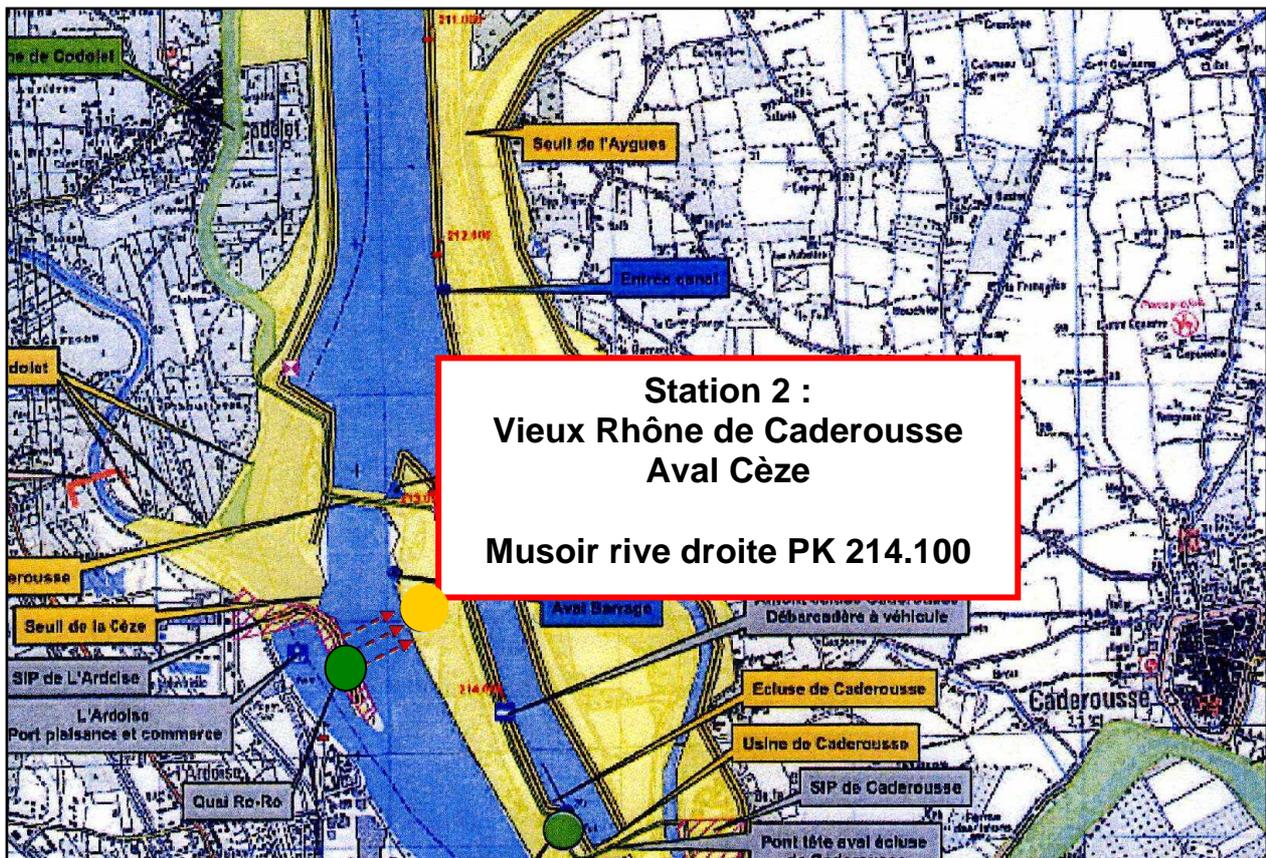
L'option d'antenne terrestre sur le barrage est complexe à envisager en raison de l'étroitesse des emprises disponibles sur le barrage ne permettant pas de disposer de la vingtaine de mètres minimale nécessaire entre les 3 câbles. En outre, la hauteur d'eau au pied du barrage et le tirant d'air nécessaire se situe en limite de fonctionnement optimal du système NEDAP.

Les autres stations potentielles présentent des fonds pouvant bouger de 1 m à 1,50 m (voir 4 m en aval proche du barrage) et ne sont donc pas compatibles avec la stabilité de câbles au fond du lit en cas de très fortes crues.

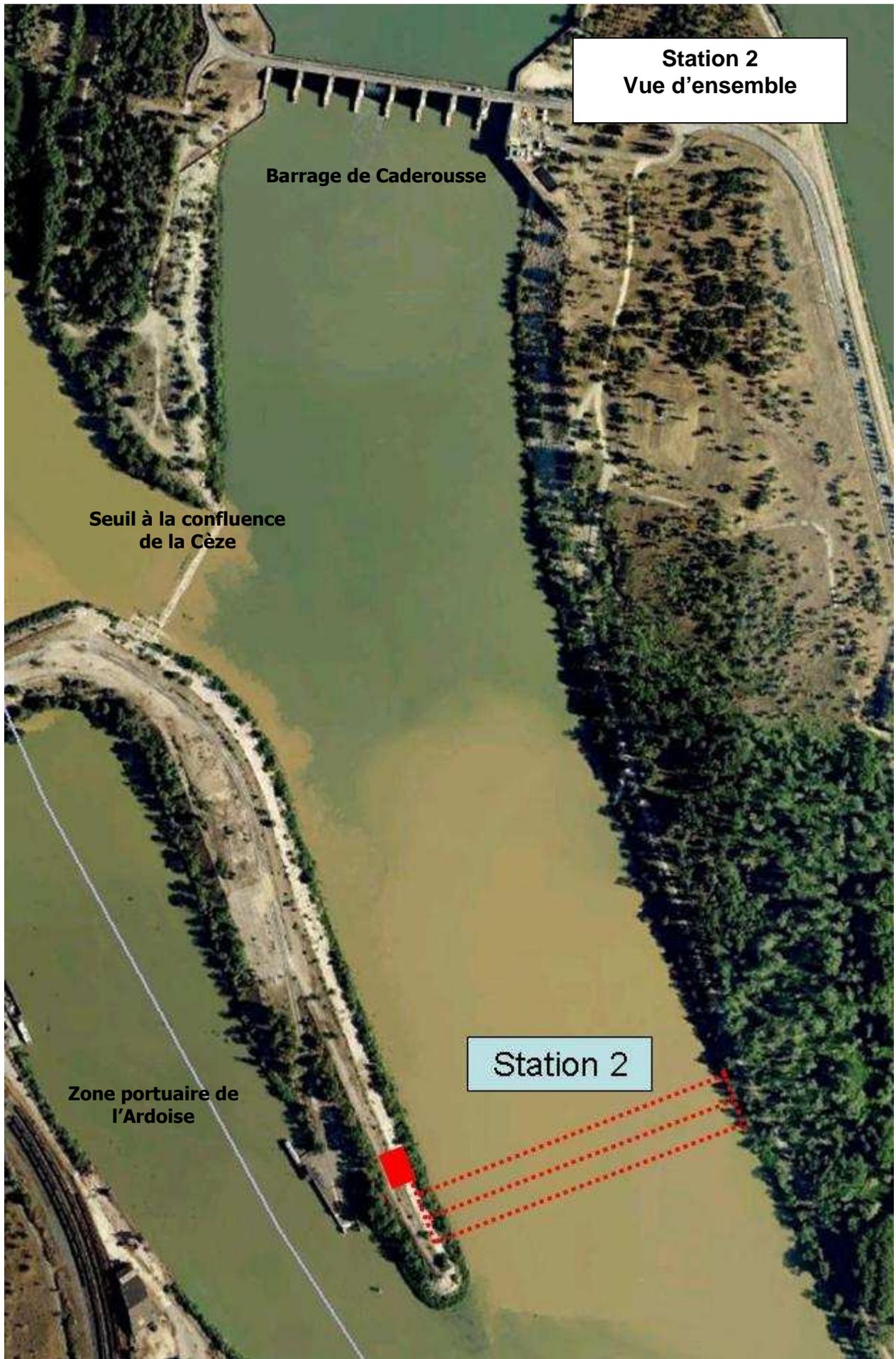
L'analyse des différentes contraintes milite donc pour l'implantation suivante :

- **En rive droite sur le musoir de séparation entre le vieux Rhône et le port de l'Ardoise (PK 214.100).** Cette station est plus éloignée du barrage (1100 m) et en aval de la confluence de la Cèze. Le raccordement peut s'envisager sur la ligne EDF aérienne située à 250 m (sous réserve de remise en état de certains éléments).

Localisation extrait 1/25.000^{ème}



Vue aérienne d'ensemble :



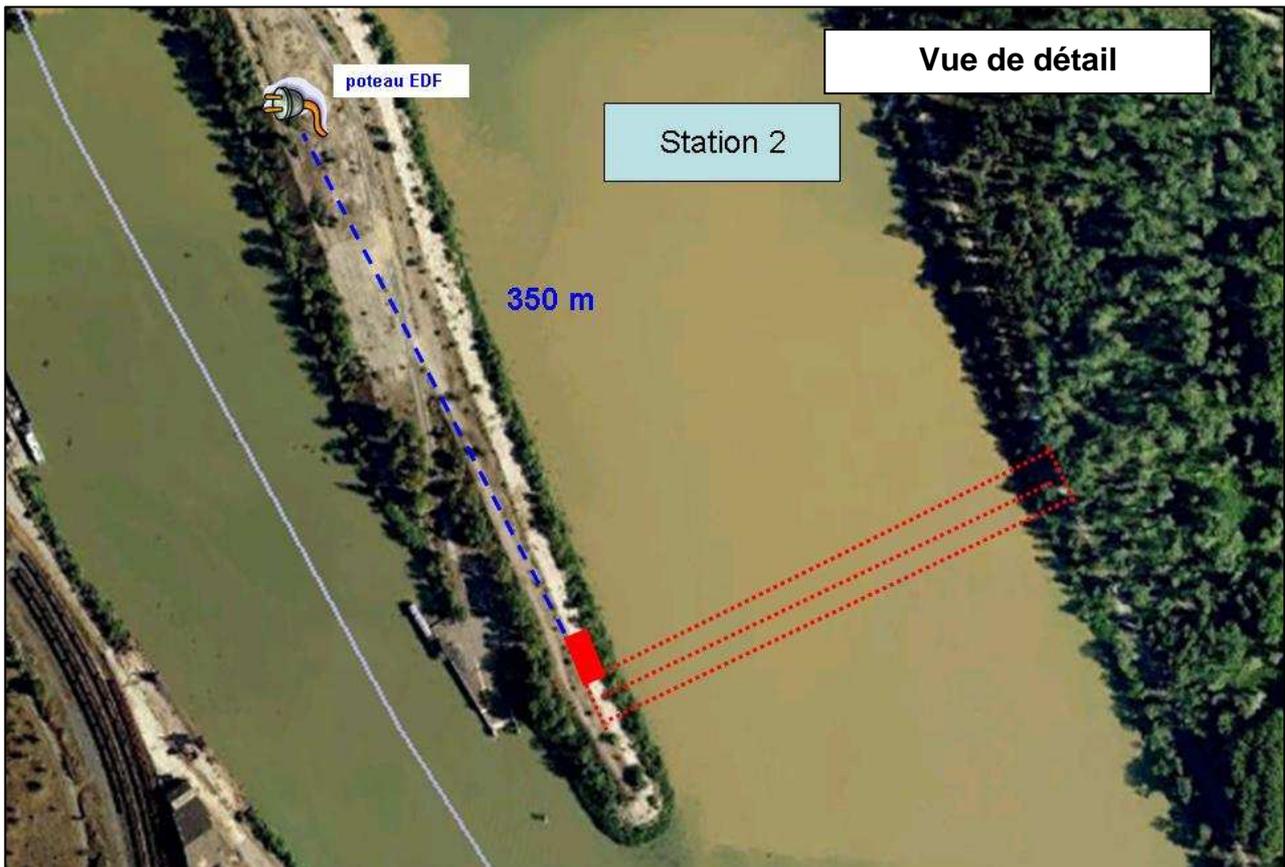
Station 2
Vue d'ensemble

Barrage de Caderousse

Seuil à la confluence
de la Cèze

Station 2

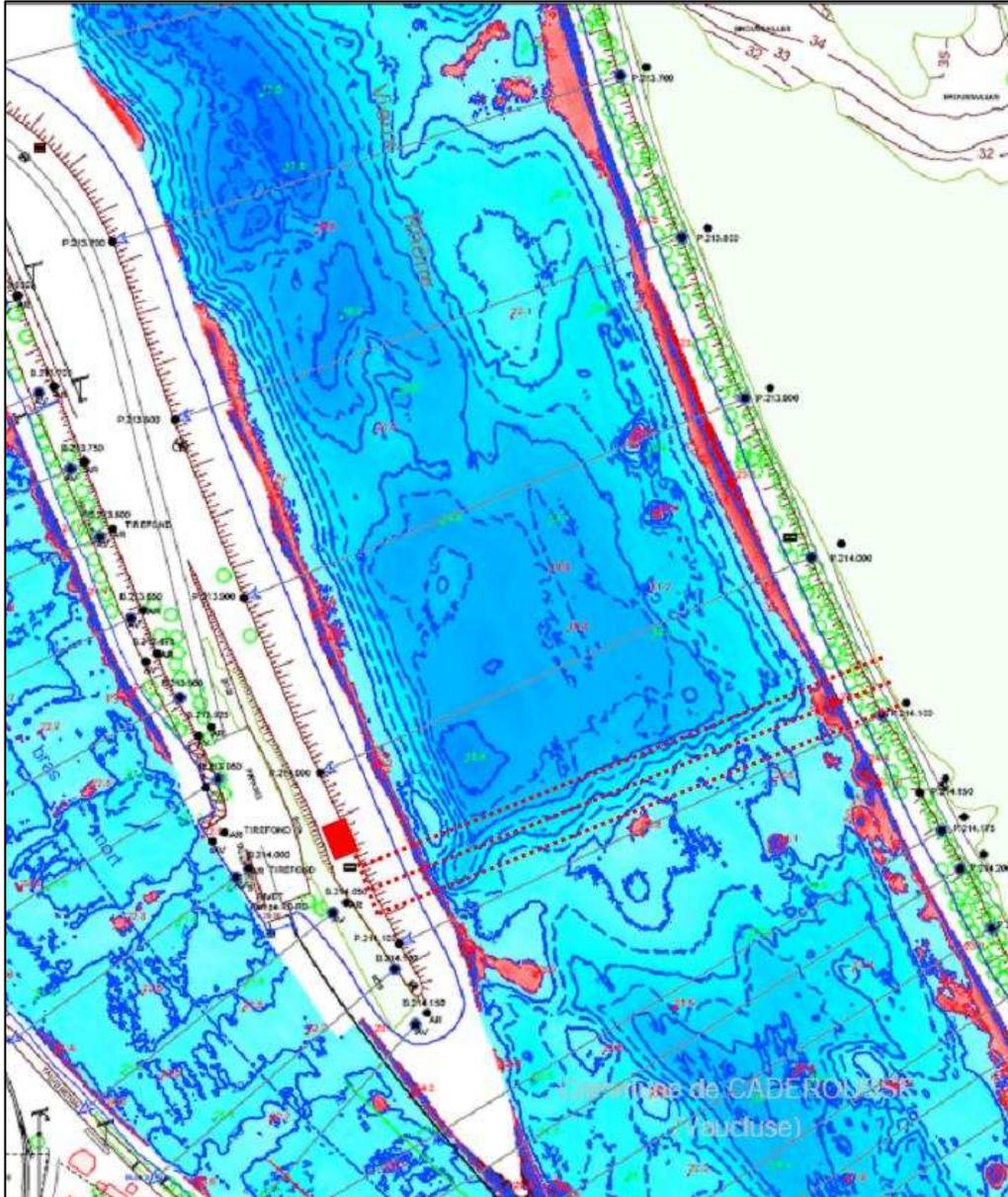
Zone portuaire de
l'Ardoise



Les principales contraintes et caractéristiques :

- Station NEDAP à implanter en rive droite
- Largeur : 300 m
- Faibles vitesses d'écoulement en période normale mais très forte en crues
- Fonds stables localement
- Berges accessibles en enrochements
- Secteur non navigué
- Travaux par voies terrestres possibles
- Vérifier possibilité d'accès engins lourds sur le musoir RD
- Travaux par voie fluviale possible mais
- Peu de débroussaillages et de bucheronnage en RD. Plus important en RG.
- Proximité du site portuaire de l'Ardoise : vérifier si besoin de formalités spécifiques
- Raccordement électrique sur ligne EDF à 250 m à vérifier pour l'implantation en RD à confirmer par l'exploitant.

Bathymétrie Vieux Rhône - Station 2b aval Cèze (PK 214.100)



5.2.3. Station 3 : Ecluse de Caderousse

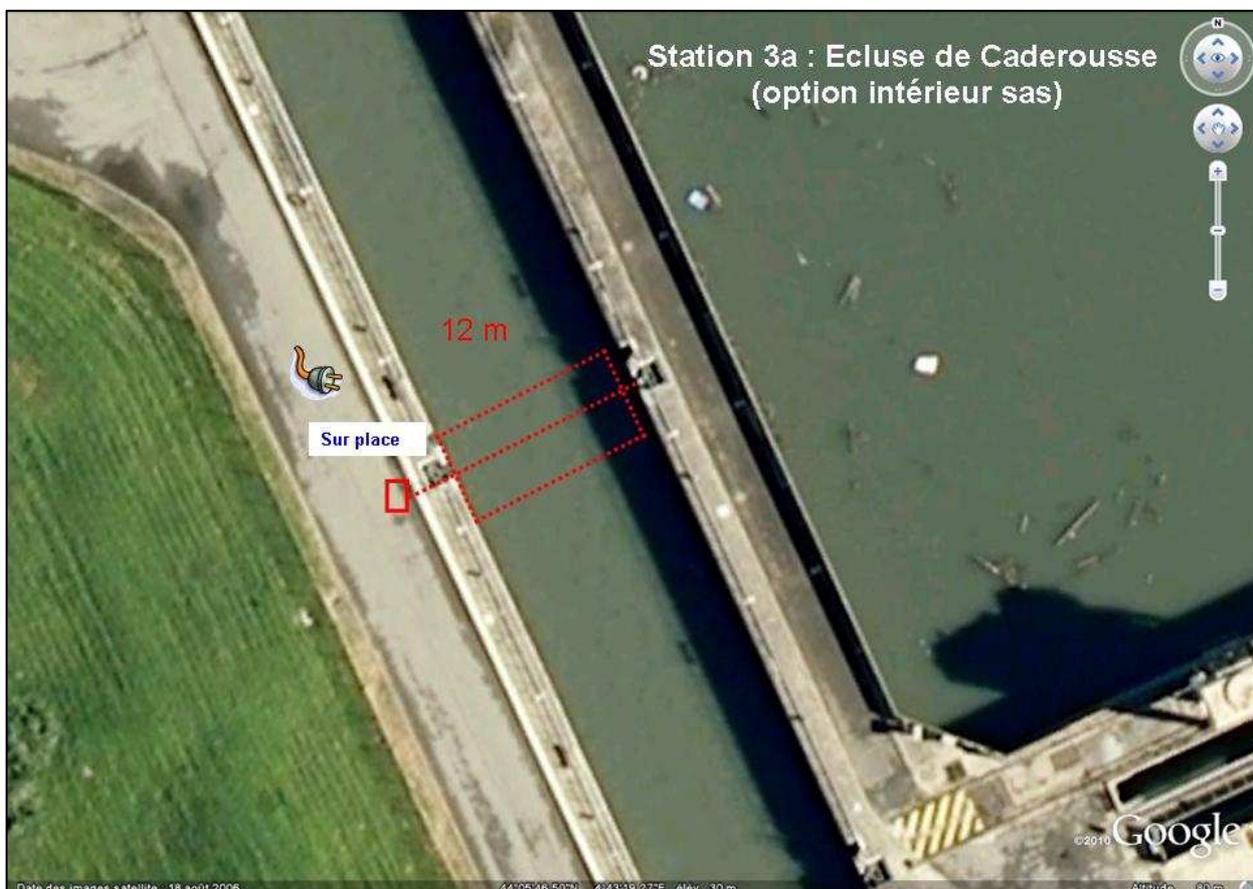
La solution d'une **antenne aquatique, avec des câbles fixés sur le fond et les parois de l'écluse** paraît être la solution la plus fonctionnelle. Pour éviter tout risque d'arrachage des câbles verticaux le long des parois de l'écluse, ceux-ci pourront passer dans les échancrures des échelles. L'ensemble des câbles devront être « spités » dans le béton. Afin de ne pas perturber la navigation, ces travaux devront être réalisés lors d'un arrêt de navigation. L'alimentation pourra se faire depuis le réseau 200 V de l'écluse (point à vérifier avec l'exploitant en phase projet).

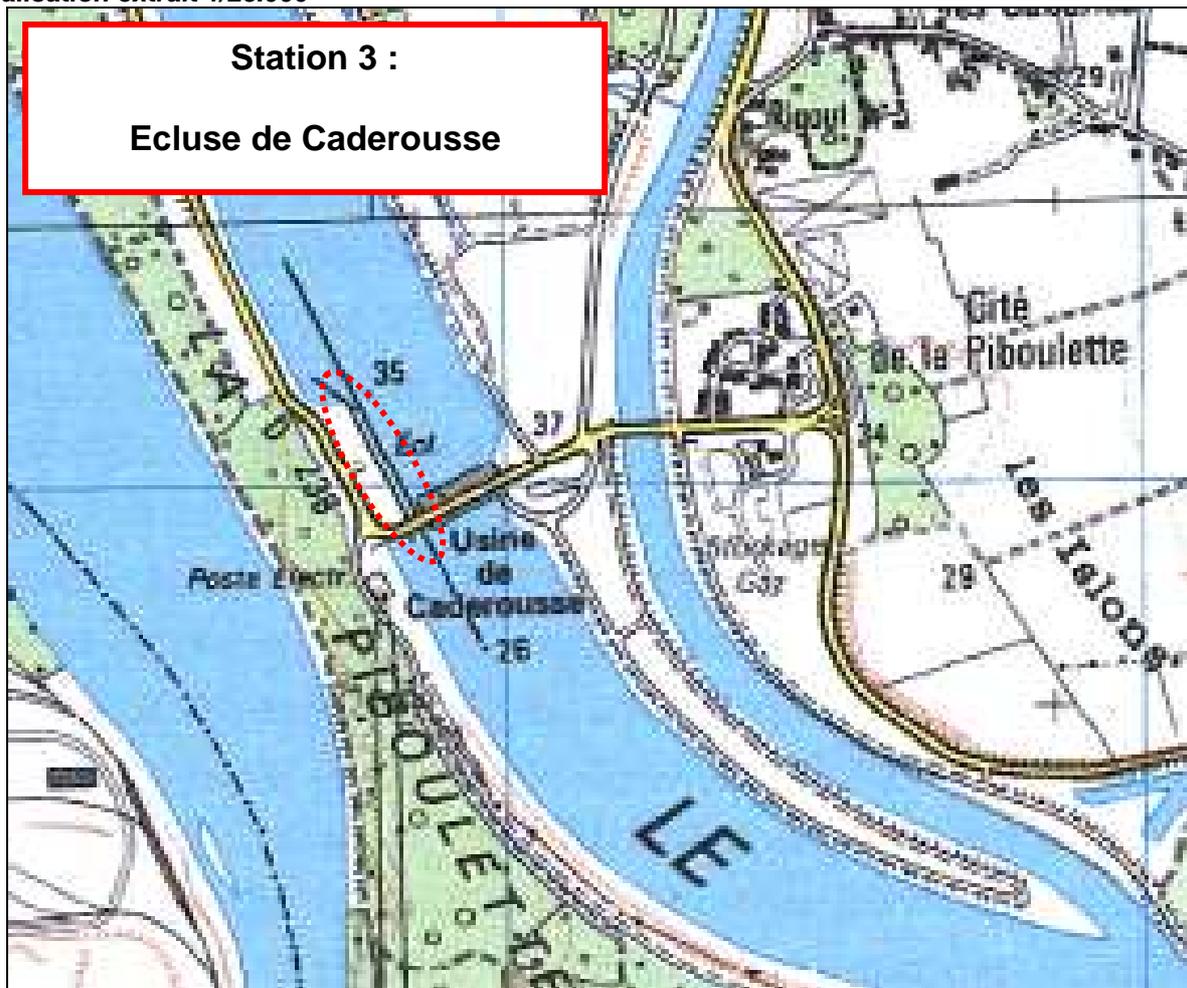
La solution initiale d'une antenne aérienne dans le sas de l'écluse semble plus complexe car elle nécessite un tirant d'air important (7 m) qui, additionné au tirant d'eau (10 m) lorsque l'écluse est pleine, positionne le système de réception dans une configuration non optimale. Néanmoins cette solution sera évaluée en concertation avec l'exploitant et NEDAP car plus simple à installer et d'un coût plus faible. Elle permet aussi de s'affranchir de la période d'arrêt de navigation pour les travaux d'installation.

Une solution alternative consisterait à mettre en place l'antenne, soit aérienne soit aquatique en amont de la porte amont de l'écluse. Cette solution présente l'avantage de s'affranchir, pour la configuration aérienne, des travaux en période d'arrêt de navigation et le tirant d'air + eau reste largement compatible (11 m) avec les impératifs du système NEDAP. Cette solution présente par contre le désavantage de pouvoir comptabiliser sur cette antenne des anguilles qui finalement n'emprunteraient pas l'écluse et feraient demi-tour pour passer par l'usine.

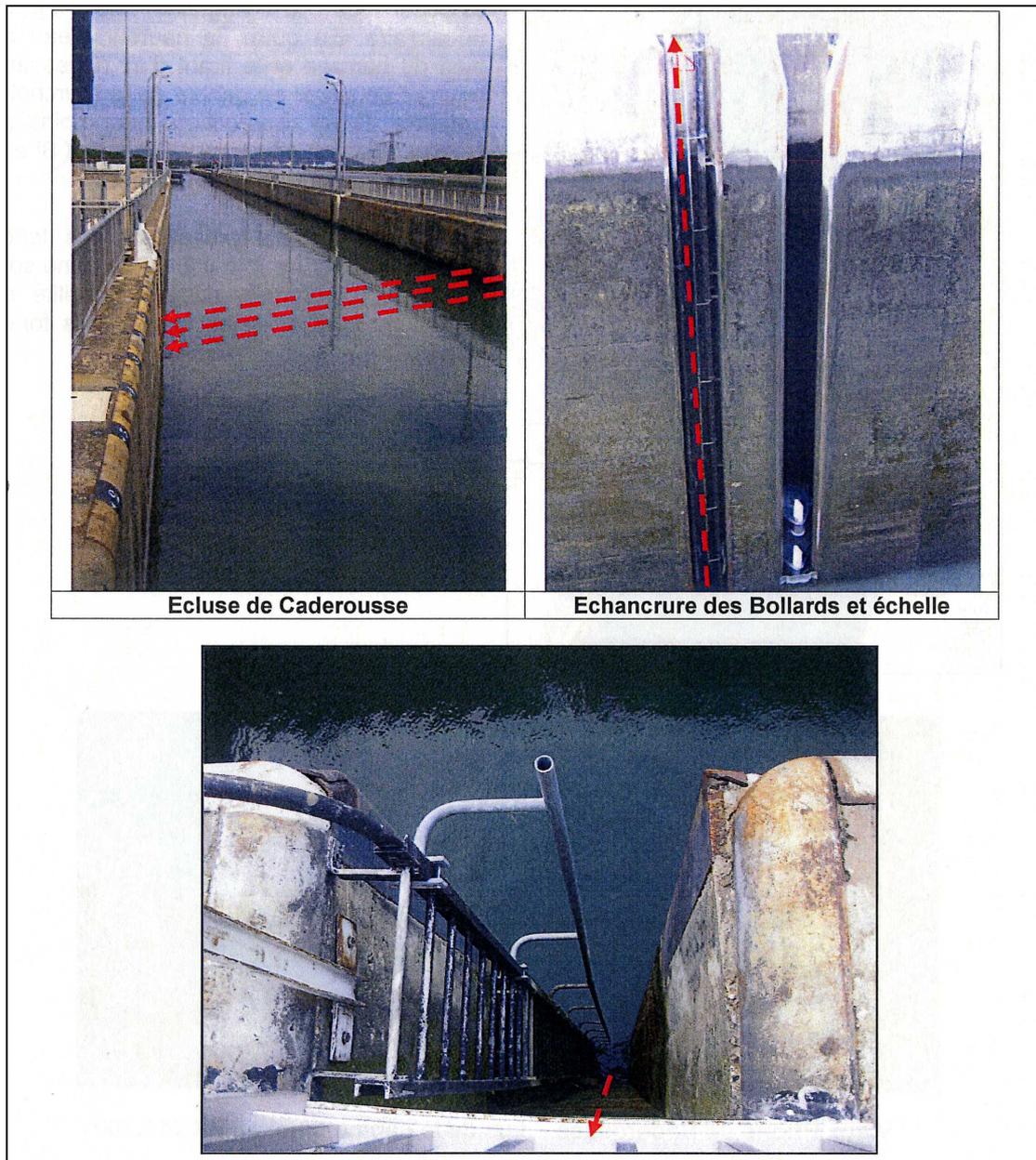
La mise en place de l'antenne en aval du sas se heurte à des difficultés techniques et de disponibilités d'emprises rendant très complexes cette approche, notamment en raison des organes de manœuvre de la porte aval.

Station 3a : SAS de l'écluse





Option antenne aquatique.



Mise en place de l'antenne au fond du sas de l'écluse et remontée le long de l'échelle.

Les principales contraintes et caractéristiques :

- Station NEDAP à implanter en bordure de l'écluse ;
- Largeur : 15 m ;
- Pas de vitesses d'écoulement mais fortes turbulences lors du remplissage et vidange de l'écluse ;
- Fixation dans la maçonnerie (fond et parois en béton) ;
- Remontée impérative des câbles dans les échancrures des échelles pour éviter tout écrasement par les bateaux ;
- Travaux impérativement lors d'un arrêt de navigation (mars) ;
- Alimentation par réseau électrique de l'écluse ;
- Possibilité de travailler avec un câble antenne plus fin ;

- Prendre en compte le rayon de courbure maxi du câble pour remonter le long des échelles – ou envisager raccords en T étanches au fond (à vérifier auprès de NEDAP au démarrage phase PRO).

Option antenne aérienne.



Mise en place de l'antenne aérienne au dessus du sas de l'écluse

Les principales contraintes et caractéristiques :

- Station NEDAP à implanter en bordure de l'écluse ;
- Largeur : 20 m ;
- Prise au vent importante à prendre en compte dans le dimensionnement des poteaux de soutènements (fixation impossible sur poteaux existants) ;
- Tirant d'air de 7 m + tirant d'eau de 13 m = limite d'efficacité du système NEDAP. Point à vérifier impérativement au démarrage de la phase PRO ;
- Travaux pouvant se faire hors période d'arrêt de navigation ;
- Alimentation par réseau électrique de l'écluse ;
- Possibilité de travailler avec un câble antenne plus fin.

Station 3b : Amont porte amont Ecluse



Option antenne aquatique.

Les principales contraintes et caractéristiques :

- Station NEDAP à implanter en bordure de l'écluse ;
- Largeur : 15 à 20 m ;
- Pas de vitesses d'écoulement mais turbulences lors de l'entrée et la sortie des bateaux;
- Fixation dans la maçonnerie (fond et parois en béton) ;
- Remontée impérative dans des échancrures à créer pour éviter tout écrasement par les bateaux ;
- Travaux impérativement lors d'un arrêt de navigation (mars) ;
- Mise en place par des plongeurs
- Alimentation par réseau électrique de l'écluse ;
- Possibilité de travailler avec un câble antenne plus fin ;
- Prendre en compte le rayon de courbure maxi du câbles pour remontée le long des échelles – ou envisager raccords en T étanches au fond (à vérifier auprès de NEDAP au démarrage phase PRO) ;

Option antenne aérienne.



Vue de la partie amont de l'écluse de Caderousse

Les principales contraintes et caractéristiques :

- Station NEDAP à implanter en bordure de l'écluse ;
- Largeur : 20 m ;
- Prise au vent importante à prendre en compte dans le dimensionnement des poteaux de soutènements (fixation impossible sur poteaux existants) ;
- Tirant d'air de 7 m + tirant d'eau de 5 m = compatible avec les limites du système NEDAP (20 m).
- Travaux pouvant se faire hors période d'arrêt de navigation ;
- Alimentation par réseau électrique de l'écluse ;
- Possibilité de travailler avec un câble antenne plus fin.

La solution avec mise en place d'une antenne aérienne en amont de la porte amont de l'écluse présente les meilleurs atouts techniques.

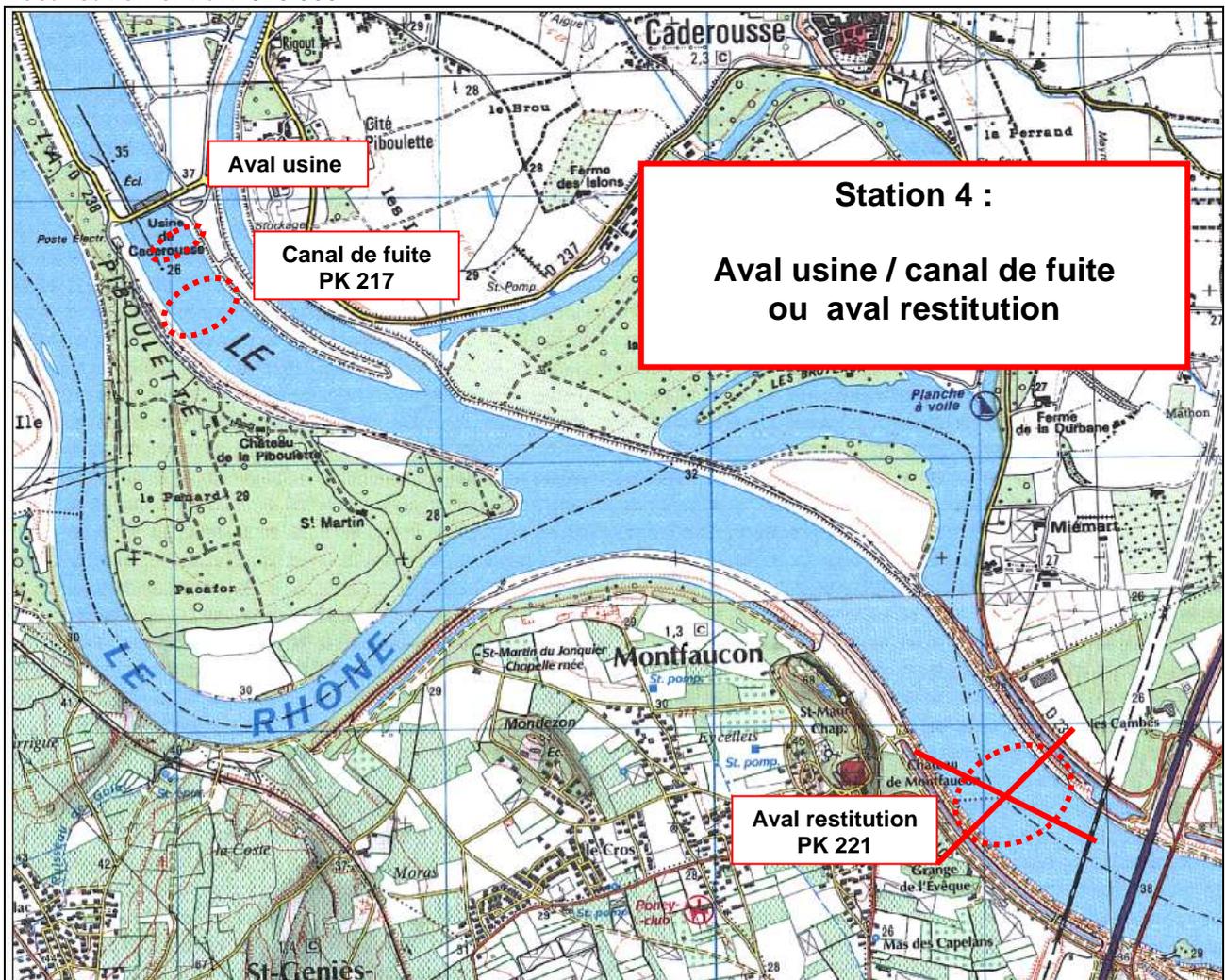
5.2.4. Station 4 : Aval usine / Canal de fuite / aval restitution

L'analyse des contraintes a portée sur les profils entre le PK 217 et 222. L'évolution des fonds et les configurations des berges conduisent à proposer une implantation à proximité du PK 217 en droite gauche du canal de fuite. Elle nécessitera une alimentation à raccorder sur le réseau desservant l'appontement aval écluse à 200 m en amont.

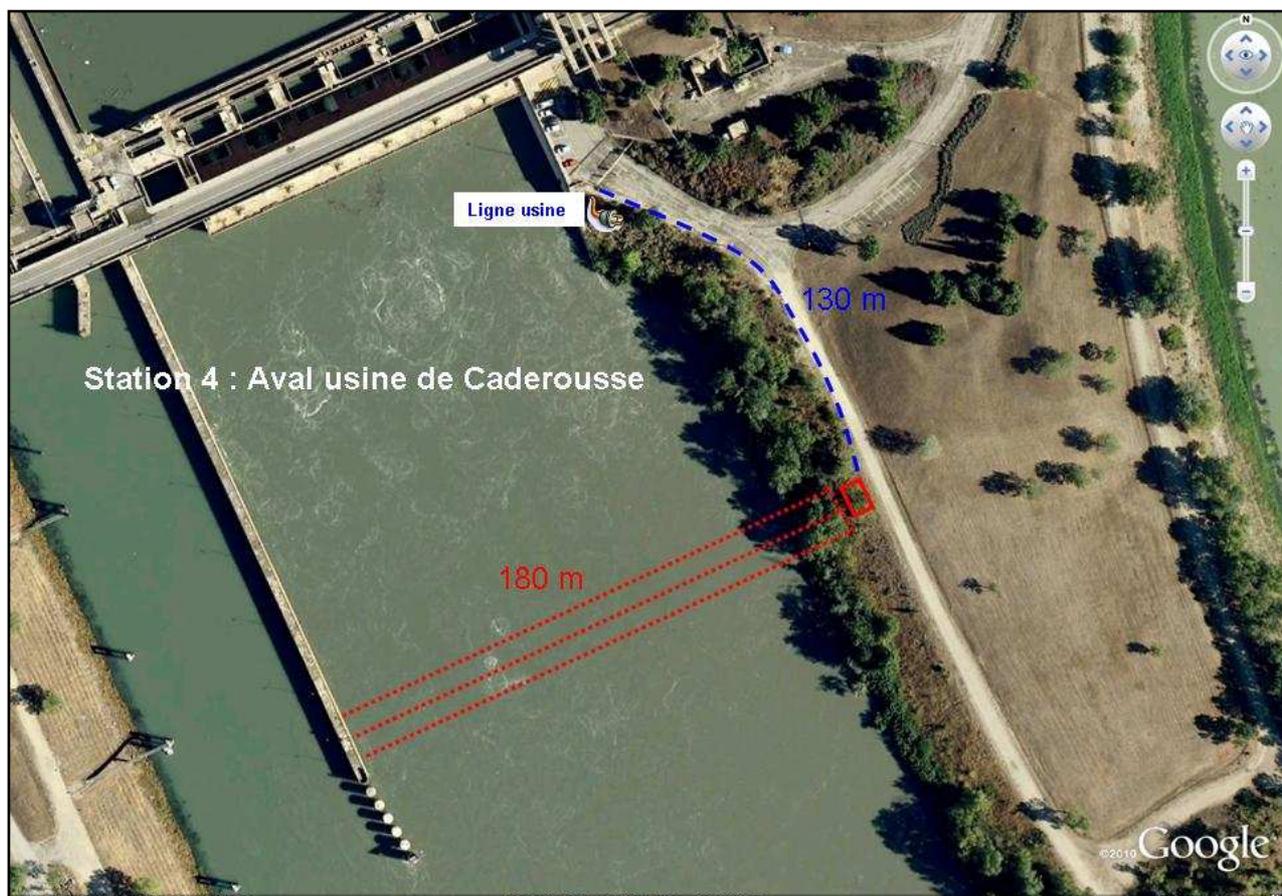
Les fonds aux alentours du PK 221 sont assez instables et la présence en rive gauche d'un seuil déversant latéralement sur la digue en aval immédiat du PK 221,500 peut induire des singularités dans les écoulements en crues. Il paraît donc préférable de proposer une implantation plus en amont.

Enfin, la possibilité d'équiper une station en aval immédiat de l'usine, dans l'axe de la partie inférieure du mur divisoire reste une solution envisagée mais qui nécessitera une expertise de la stabilité des fonds plus poussée en phase projet, et éventuellement une expertise hydraulique pour assurer la stabilité des câbles, notamment en raison des fortes vitesses d'écoulement à l'ouverture du déchargeur.

Localisation extrait 1/25.000^{ème}



Station 4a : Aval immédiat usine



Les principales contraintes et caractéristiques :

- Station NEDAP à implanter en rive gauche ;
- Largeur : 180 m ;
- Fixation en rive droite dans la maçonnerie au pied du mur divisor avec raccord en T étanche immergé ;
- Fixation au fond dans les enrochements ou à défaut, immersion de lests adaptés ;
- Travaux subaquatiques avec plongeurs ;
- Alimentation par réseau électrique de l'usine à 130 m ;
- Forte sollicitation hydraulique lors de l'ouverture du déchargeur en rive droite : avis de l'exploitant + complément d'étude de stabilité des fonds si nécessaire lors de la phase PRO.

Station 4b : Canal de fuite PK 217



Les principales contraintes et caractéristiques :

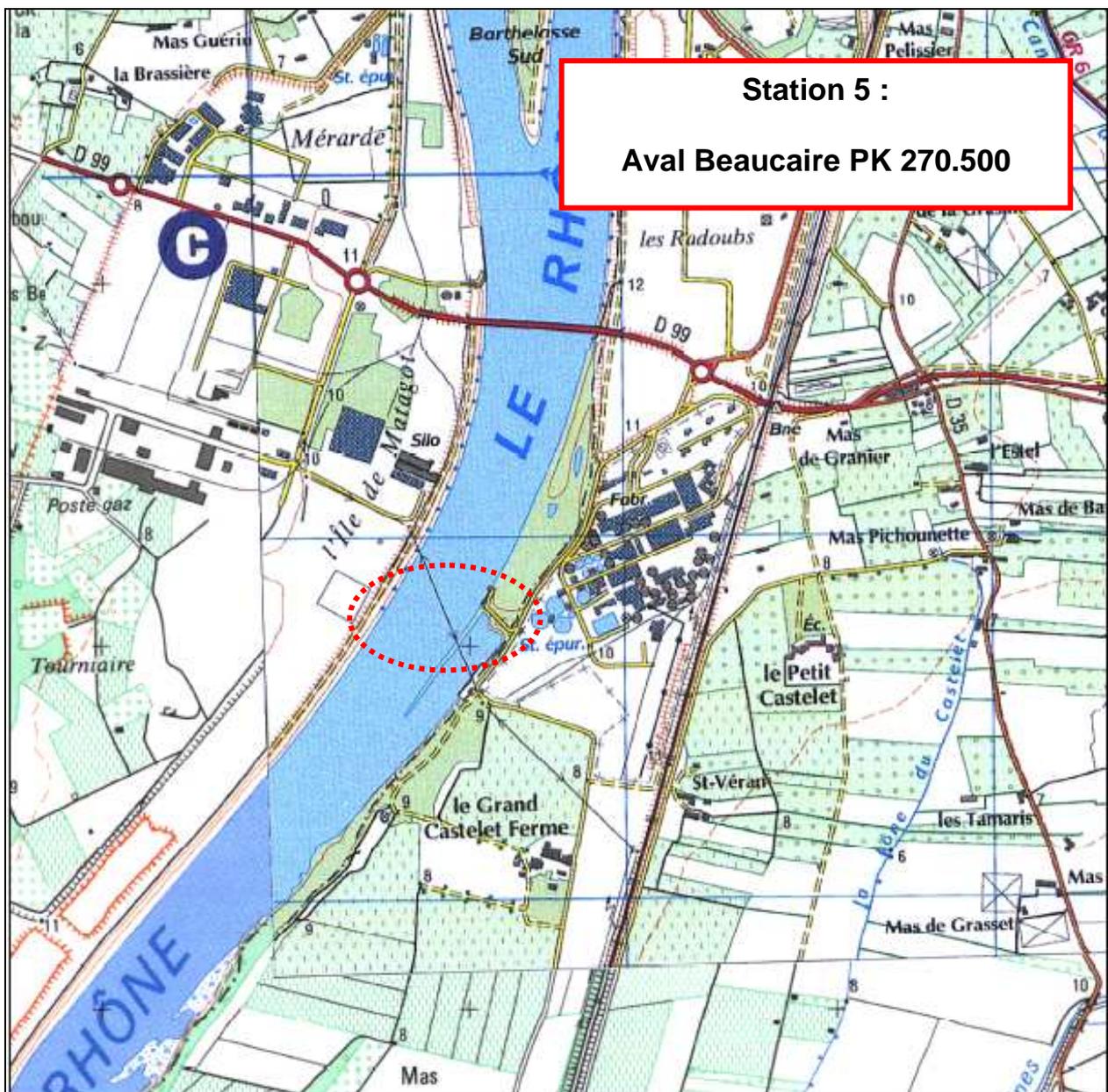
- Station NEDAP à implanter en rive droite ;
- Largeur : 255 m ;
- Parement du talus très raide complexifiant la mise en place par voie terrestre ;
- Raccordement électrique à la borne de l'appontement 320 m en amont ;
- Secteur navigué ;
- Mise en place de panneau d'interdiction d'ancrer en RG et RD.;

5.2.5. Station 5 : Aval Beaucaire

Les berges le long du Rhône en aval de l'usine de Beaucaire sont assez hautes en raison des variations très importantes des niveaux d'eau entre l'étiage et les crues. Elles sont, en outre, soit peu accessibles soit déjà fortement urbanisées.

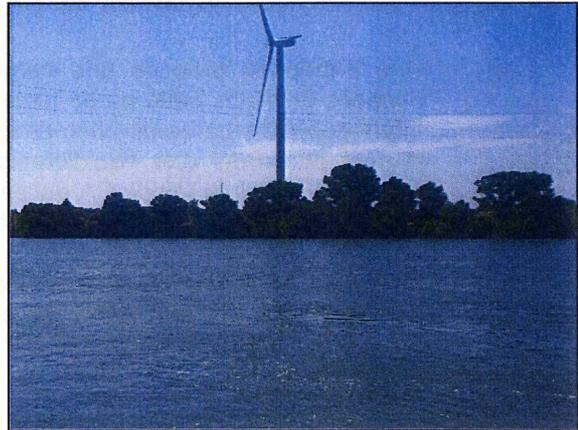
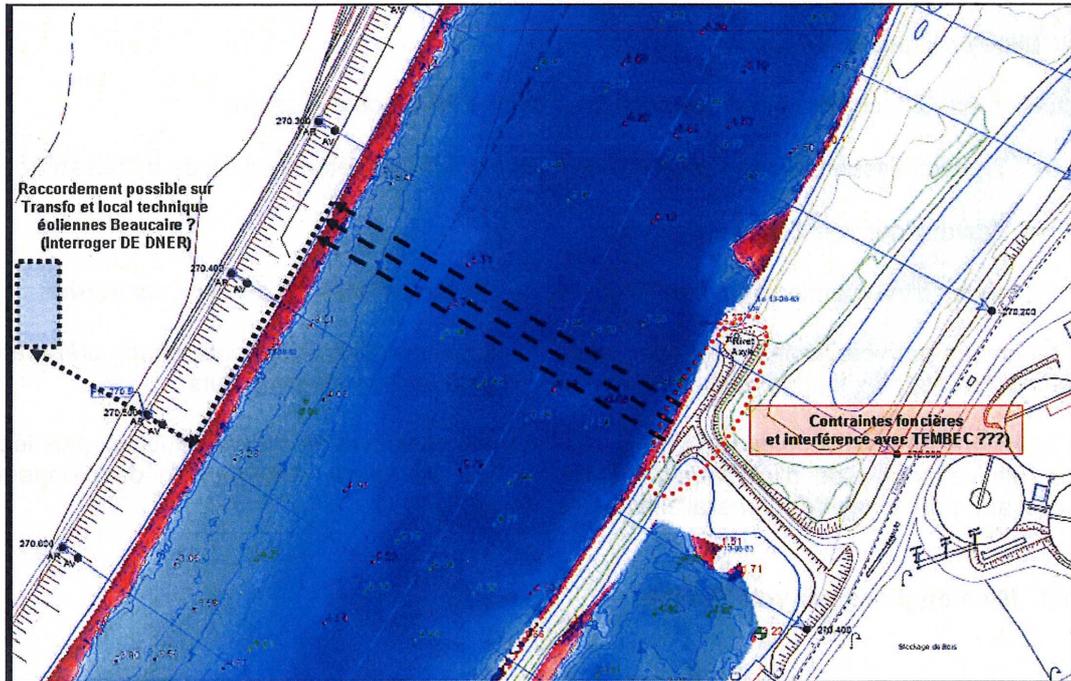
L'analyse des différentes contraintes conduit à proposer une implantation au PK 270. Le raccordement électrique peut s'effectuer au niveau du local technique des éoliennes en rive droite.

La rive gauche est occupée par les usines TEMBEC classée ICPE SEVESO. Une analyse des interférences possibles avec le périmètre de sécurité durant les travaux comme en phase d'exploitation devra être menée auprès de l'industriel. Selon les modalités de travaux retenus, une autorisation d'intervention temporaire sur la parcelle TEMBEC (hors domaine CNR) sera à obtenir. En outre l'accès pour les engins lourds reste à vérifier lors de la phase PRO si cette station est retenue.



Localisation extrait 1/25.000^{ème}

Levé bathymétrique et zone d'implantation de la station 5



Rhône au PK 270 depuis la rive gauche



Les principales contraintes et caractéristiques :

- Station NEDAP à implanter en rive droite ;
- Largeur : 260 m ;
- Parement du talus très raide complexifiant la mise en place par voie terrestre ;
- Raccordement électrique au local des éoliennes à 160 m;
- Secteur navigué ;
- Mise en place de panneau d'interdiction d'ancrer en RG et RD.;
- Accès en rive gauche peu évident pour engins lourds ;
- Conditions d'accès à vérifier avec TEMBEC (ICPE à seuil SEVESO) ;
- Ligne THT traverse le Rhône et impliquera une vigilance particulière lors des travaux en rive droite.

6. DESCRIPTION DES TRAVAUX

Les stations de comptages et les câbles-antennes sont fournis par la société NEDAP.

Les travaux de pose des câbles, d'implantation des stations de mesures et le raccordement au réseau électrique + GSM est assuré par des entreprises spécialisées. NEDAP se charge en suite de la mise en service du matériel.

En ce qui concerne les travaux de pose des câbles et d'implantation des stations, on peut retenir le phase suivant :

- 1) Approvisionnement des matériels NEDAP sur les sites depuis les Pays Bas ;
- 2) Mise en place des câbles au fond du Rhône ;
- 3) Terrassement en berge pour raccordement des câbles ;
- 4) Installation sur/dans une cabine limnigraphique existante ou construction d'une station spécifique ;
- 6) Raccordement alimentation électrique (réseau ou autonome) et informatique (filaire ou GSM).

6.1. Approvisionnement des matériels

L'entreprise en charge des travaux prendra en charge l'acheminement de l'ensemble des matériels fournis par la société NEDAP. Cela concerne :

- Les stations d'enregistrement
- Les rouleaux de câbles (en général longueur de 2000 m par rouleau)
- Les différents petits matériels (dont raccord T) nécessaire aux raccordements électriques et éventuellement téléphonique filaire.

6.2. Mise en place des câbles

La recherche des différentes méthodes disponibles a permis de dégager 2 techniques principales pour la mise en place des câbles :

- Travaux essentiellement par moyens fluviaux ;
- Travaux par voie fluviale et terrestre.

Ces 2 modes d'intervention sont fiables et sont ou ont été utilisées notamment sur le Rhin.

La technique par voie fluviale seule nécessite une logistique plus importante et une préparation du matériel fluvial plus longue mais peut permettre de s'affranchir de plongeurs.

La technique alternative, plus récente, permet la mise en œuvre de moyens fluviaux plus légers et une relative souplesse d'intervention. Dans ce cas de figure, l'intervention de plongeurs est fortement recommandée pour s'assurer du parallélisme des câbles et de leur fixation/stabilité au fond.

6.1.1 Mise en place par voie fluviale

Lors de l'étude de faisabilité, des entreprises ont été consultées pour réfléchir aux modes d'installation des antennes aquatiques, les solutions techniques proposées sont les suivantes :

- a) Mise en place des 3 câbles par immersion simultanée depuis une barge équipée de 3 tourets supportant les câbles et espacés de 10 m. Cette barge traverse le fleuve, déroule et dépose au fond du fleuve les 3 câbles simultanément. Il faut donc une barge de 25 m de long pouvant se déplacer latéralement. Cette solution permet de garder une équidistance assez précise entre chaque câble. Cette solution est aussi utilisable sur le Vieux Rhône de Caderousse car il est navigable. Cette solution implique d'installer les câbles avec un débit inférieur à 1000 m³/s. Le câble amont de l'antenne doit être lesté.
- b) La seconde méthode propose de dérouler chaque câble individuellement depuis un ponton flottant. Chaque câble est couplé à une chaîne inox à raison d'une liaison tous les 1,5 m, la chaîne est fichée par des plongeurs au fond du fleuve par des broches espacées de 3 m. En fonction de la vitesse de courant au fond, des lests peuvent être ajoutés.



Illustration de la pose des câbles par voie fluviale (source NEDAP)

6.1.2 Mise en place par voie fluviale et terrestre

Les techniques utilisées sont similaires et repose sur l'utilisation d'un câble fin de traction qui est traversé d'une rive à l'autre du fleuve et relié à un treuil de traction. Sur la berge opposée, le câble antenne disposé dans un touret est relié au câble de traction. Le treuil enroule le câble de traction et le câble-antenne est ainsi tracté d'une berge à l'autre. La encore 2 approches sont utilisées :

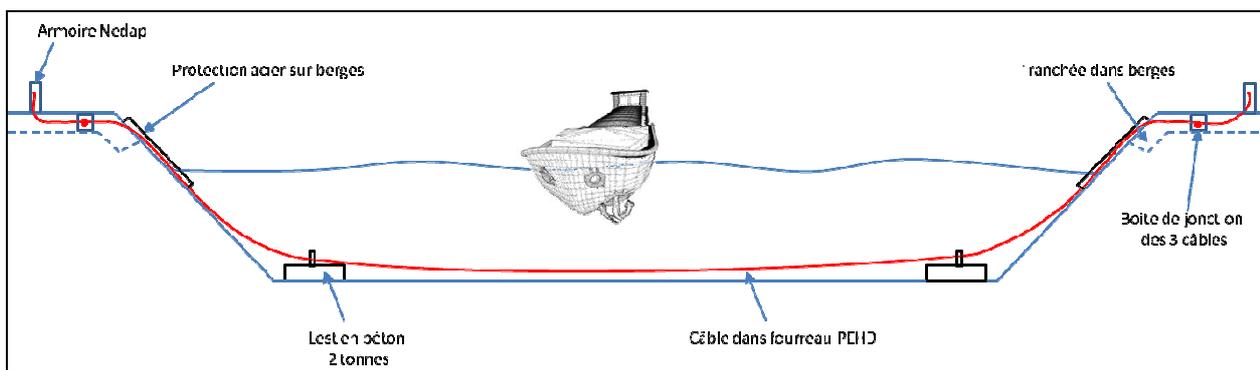
- a) La première solution implique des moyens légers, une mini-pelle avec un treuil adapté sur la prise de force est disposée sur une berge. Sur l'autre berge est disposé un touret avec les longueurs de câbles-antennes suffisantes. Un câble fin de traction est relié au câble antenne. Une embarcation légère fait traverser l'extrémité du câble-traction puis il est relié au treuil qui peut alors l'enrouler. Chaque câble-antenne est alors relié d'une berge à l'autre. Cette technique impose soit d'intervenir sur des créneaux avec peu ou pas de navigation, soit de bloquer momentanément la navigation le temps de tracter le câble fin d'une berge à l'autre puis d'immerger le câble-antenne.

Cette étape est renouvelée pour chacun des 3 câbles antennes. Cependant, cette technique ne garantie pas le parallélisme des câbles une fois posés au fond du fleuve.

- b) Une seconde solution (mise en œuvre en 2010 pour EDF sur 6 stations sur le Rhin - cf. photos ci-dessous) est basée sur une approche similaire mais adaptée à des fleuves de grandes ampleurs comme le Rhin ou le Rhône et permet d'assurer l'intégrité des câbles (câbles-antennes placés dans un fourreau PEHD) lors de la phase de traction ainsi que leur parallélisme.

Des guides-câbles béton sont immergés au droit de l'axe du passage des câbles et permettent un positionnement optimal par des plongeurs. Les guides câbles peuvent ensuite être remontés ou au contraire, laissés en place pour servir de lest. Les plongeurs sont aussi en mesure d'ancrer les câbles au fond si les conditions de vitesses l'imposent.

Cette technique semble la plus abouti et permet d'assurer une mise en place optimale de l'ensemble de matériel





Touret / dérouleuse pour câble-antenne



Treuil pour enrouler le tire-câble



Préparation d'un guide câble



Grue pour levage et immersion des guides câbles

Source : STARTER TP

6.3 Terrassement en berge

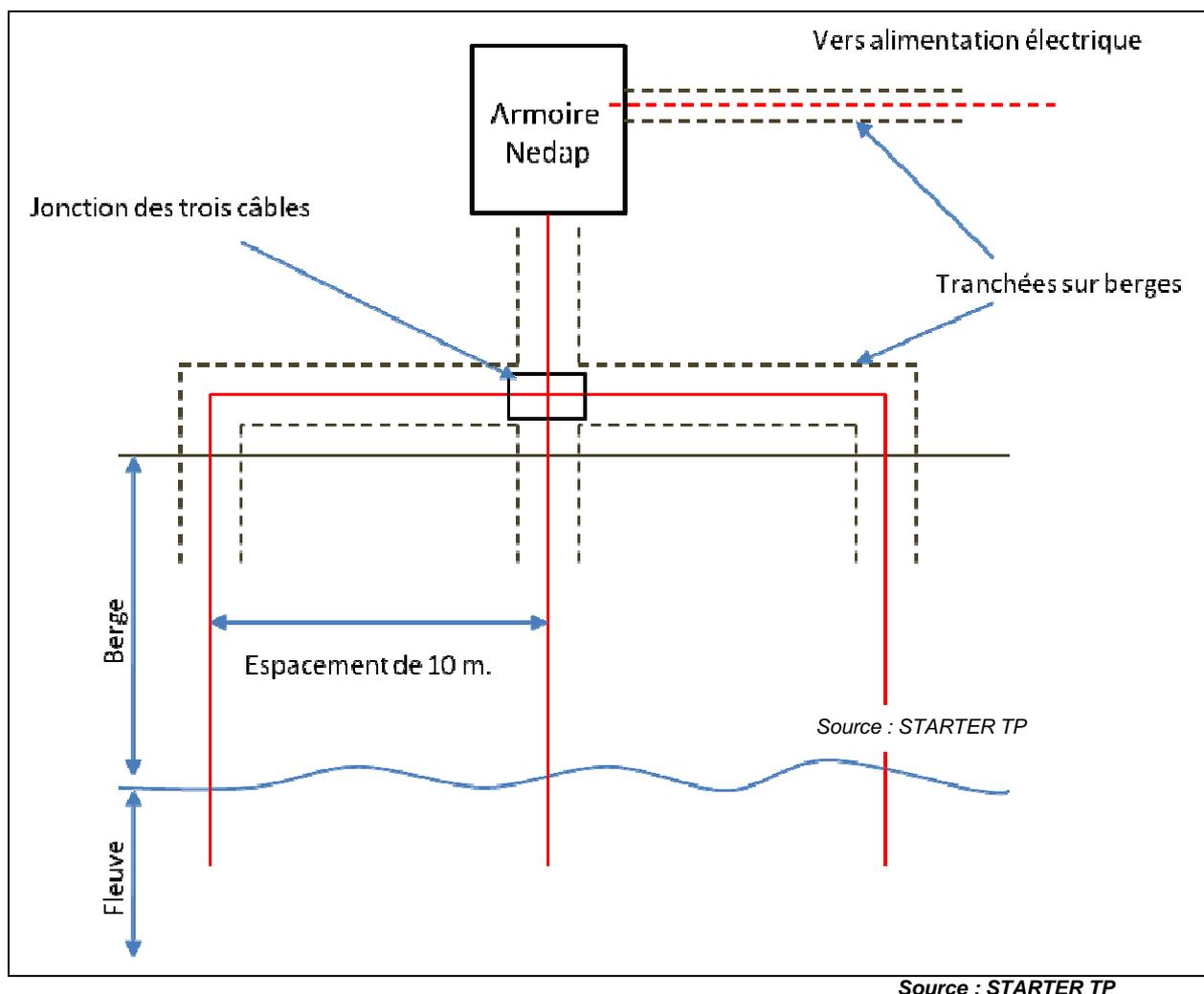
Afin de permettre la connexion des câbles immergés avec l'unité de télédétection en berge, des terrassements sont indispensables au niveau de la berge.

Ce raccordement se fait soit au travers de tranchées creusées dans le talus soit par une goulotte de surface. En cas de berge en enrobé, il est possible d'ancrer les câbles en berges et de disposer des capots de couverture. Ces derniers restent très sensible au vandalisme et selon les conditions d'écoulement, à l'arrachement par les embâcles lors des crues.

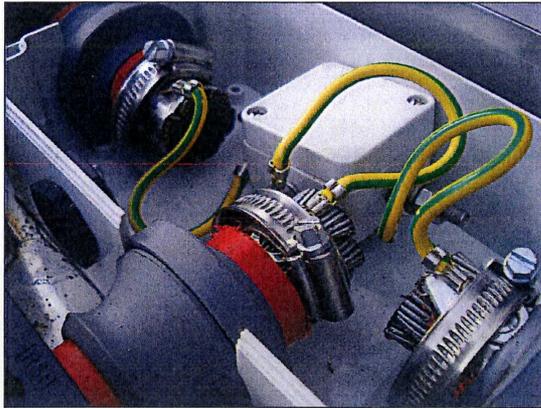
Dans la mesure du possible, la mise en place des câbles en berges via une tranchée ou d'une goulotte béton avec couvercle scellé sera privilégiée.

Selon la configuration de la berge, l'intervention d'une mini-pelle ou d'une pelle à bras long avec un godet étroit (tranchée de 20 à 30 cm de large) est nécessaire.

Les câbles sont alors posés en fond de tranchées (ou dans la goulotte béton).



Le raccordement des 3 câbles-antennes se fait par l'intermédiaire d'une boîte de connexion en T comme l'illustre les photos ci-après.



Source : EDF



Illustration du système de raccord en T permettant de relier les 3 câbles-antennes à la station NEDAP



Illustration Vue d'une armoire contenant une station d'enregistrement NEDAP

7 – IMPLANTATION DES TRANSPONDEURS ET LACHERS DES ANGUILLES

Les transpondeurs NEDAP s'implantent dans la cavité abdominale des anguilles par chirurgie.

Cette phase nécessite :

- Un local pouvant être adapté provisoirement en salle blanche et permettant de garantir un niveau d'asepsie adapté ;
- Une alimentation en eau (idéalement l'une depuis le réseau et une autre du Rhône) ;
- Une alimentation électrique ;
- Une table équipée d'un bac servant de champ opératoire ;
- Au moins 2 opérateurs formés à ce type d'intervention.

Les modalités d'implantation sont les suivantes :

- Les anguilles sont anesthésiées individuellement ;
- Une incision est effectuée dans la cavité abdominale ;
- Un transpondeur est mis en place ;
- L'incision est refermée soit par couture chirurgicale soit par collage ;
- L'anguille est ensuite placée dans un bac de réveil, alimenté par de l'eau (du Rhône) ;
- Après vérification du bon état sanitaire suite à l'opération et au réveil, les anguilles sont placées pendant 48h dans un bac de stabulation réservé aux individus marqués pour cicatrisation et nouveau contrôle de l'état sanitaire avant des les libérer dans le fleuve en amont de la première station de contrôle.

Une fois le local d'opération installé, l'intervention dure entre 10 et 20 minutes par anguille.

Il est donc envisageable de traiter entre 25 et 30 anguille par jour avec 2 intervenants. Les anguilles sont ensuite libérer ensemble.

Pour ne pas être trop éloigné de la zone de libération des poissons, il est envisagé de disposer d'un local d'intervention à l'usine de Bollène ou au barrage de Caderousse, situé à environ 11 km du site où les anguilles seront libérées (restitution Caderousse).



Pose des transpondeurs

Les modalités d'approvisionnement seront précisées par MRM. Les premières pistes visent à ne pas stabuler les anguilles durant de longues périodes et en quantité limitée de manière à garantir leur état sanitaire et à minimiser les cas de mortalité après relâcher. Ce constat implique de travailler par lot en quantité limité.

Le principe serait de procéder à plusieurs phases de captures et de marquages durant toute la période de dévalaison, de septembre à fin novembre. Sur une base de 2 lots de 100 anguilles, cette approche pourrait permettre de disposer tous les 15 jours de 2 lots de 25 anguilles à équiper et à libérer et permet ainsi entre mi-septembre et fin novembre de procéder à 4 campagnes de

marquage et de relâcher. Chaque série de 50 anguilles peut être traitée en 1 journée avec 4 opérateurs ou en 2 journées avec 2 opérateurs.

Il est important de noter que l'activation des transpondeurs est effectuée par NEDAP et qu'elle met en fonctionnement la batterie interne du transpondeur. Une activation trop précoce réduit d'autant la durée de vie en phase d'expérimentation. Il faut donc faire en sorte de se faire livrer les transpondeurs par lot si possible, en fonction des dates de mises en places.

En outre pour éviter des déconvenues, il pourrait être utile de réaliser systématiquement un préalable de chaque transpondeur avant implantation. C'est la seule opération qui permet de s'assurer de la conformité du transpondeur. Cela impose de disposer d'une unité mobile supplémentaire et d'une mini antenne. La solution alternative et très fastidieuse (avec bateau + 1 pilote + 1 opérateur embarqué + 1 opérateur à la station d'enregistrement) consiste à faire passer chaque transpondeur au-dessus d'une antenne immergée.

Nota : Seules des personnels formés et habilités à la pratique du marquage sont susceptibles de réaliser cette opération. Le GHAAPPE (Toulouse) ou le bureau d'étude ECOGEA (Toulouse) a les capacités de former plusieurs personnes :

- 1 formateur peut former jusqu'à 4 / 5 personnes de l'équipe de marquage
- La formation a lieu en temps réel ; idéalement lors de la première séance officielle de marquage des anguilles ; 1 à 2 séances sont nécessaires.

La demande officielle de formation devra se faire dès que la validation de principe de la poursuite de cette étude sera validée par les différents partenaires et financeurs.

8 – MODALITES D'EXPLOITATION

Les données (numéro de transpondeur et date) sont automatiquement transférées par GSM (ou à défaut par réseau filaire) sur un serveur géré par NEDAP et mise à disposition du client par une plateforme web (Nedap Web Access) protégées par un mot de passe.

La consultation des résultats en temps réel se fait par internet.

Suivi des résultats sur Nedap Web



Les stations NEDAP télétransmettent aussi toutes les informations sur les défaillances du système et permet ainsi au gestionnaire (à définir) de déclencher les éventuelles opérations de vérification, remise en route ou maintenance nécessaires.

Il sera important dans la phase de concertation de préciser qui sera en charge de la gestion des résultats, de leur exploitation et de leur diffusion mais aussi responsable du déclenchement des interventions de maintenance, vérification et réparation des matériels.

Il est opportun de mettre en place un contrat de maintenance avec un prestataire spécialisé dans ce type de matériel.

9 – PLANNING DES TRAVAUX

Au stade AVP, un programme prévisionnel des travaux est proposé (tableau xxx) et intègre un certain nombre de tâches préalables :

- Validation technique de l'AVP par les exploitants
- Validation techniques et financière par les partenaires
- Choix des solutions à étudier en phase projet (PRO)
- Réalisation de la phase PRO
- Validation technique et financière de la phase PRO
- Rédaction des dossiers de consultations des entreprises (DCE)
- Consultation des entreprises
- Attribution du (des) marché(s) de travaux et de maintenance

L'ensemble de ces tâches peut-être mis en œuvre entre avril 2011 et septembre 2012.

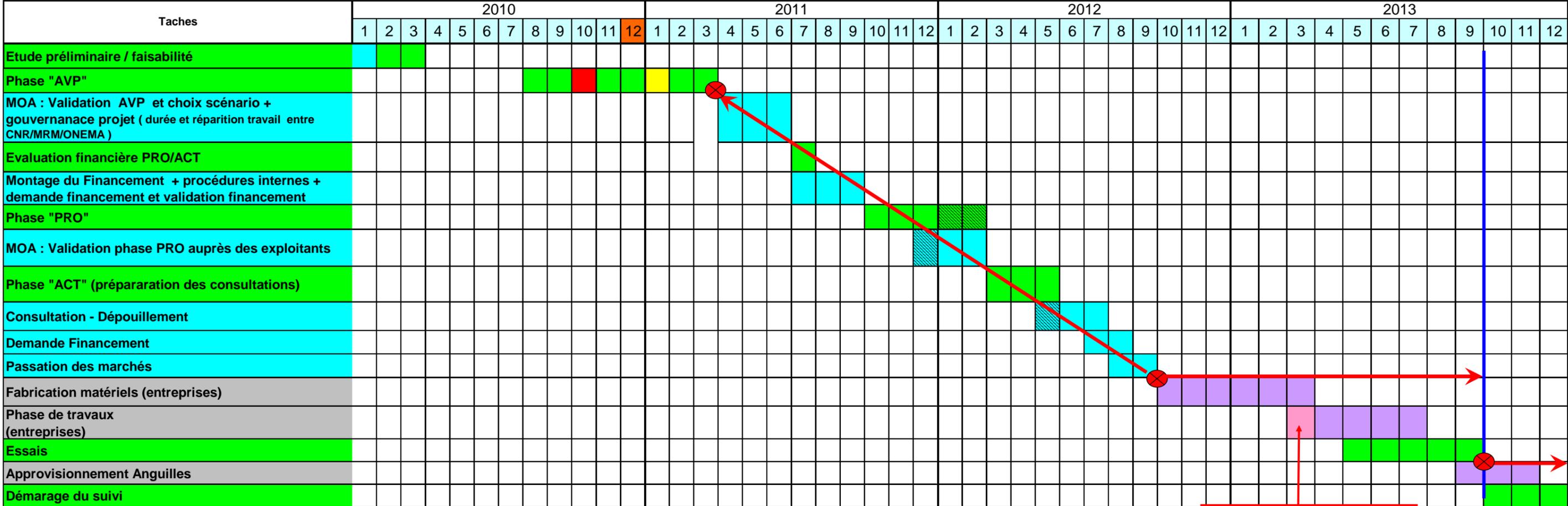
Les délais de fabrication et de préparation des matériels par NEDAP sont estimés à 6 mois (octobre 2012 – mars 2013).

Leur mise en œuvre par les entreprises de travaux peut ensuite être réalisée sous 4 à 5 mois (mars/avril à juillet 2013).

Les essais préalables peuvent alors être menés entre juillet et mi-septembre 2013 pour ensuite engager la phase de marquage et de relâcher pendant la phase de dévalaison entre mi-septembre à fin novembre 2013.

Le calendrier prévisionnel global est présenté ci-après.

Tableau 1. Calendrier prévisionnel



Mise en place cable dans l'écluse lors de l'arrêt de navigation 2013 (en général 10 j en mars)

10 – ESTIMATION FINANCIERE

Les estimations financières sont basées sur les retours des entreprises interrogées, sur les retours d'expérience récents d'autres gestionnaires d'aménagements électriques et sur des travaux récents et de même nature (degré de difficultés, type d'intervention, volume, etc.).

En fonction du type de méthode d'intervention, les montants sont assez variables.

De manière à simplifier la présentation, et à couvrir une gamme suffisante de scénarii, les hypothèses suivantes ont été retenues :

Hypothèse INTERVENTION 100 % VOIE FLUVIALE	3 stations	4 stations	5 stations	6 stations
Pose + démantèlement voie fluviale (investissement)	370 135 €	464 180 €	562 100 €	656 720 €
MOE	55 520 €	69 627 €	84 315 €	98 508 €
Durée de l'étude (années)	3	3	3	3
Nombre de stations	3	4	5	6
Coût fonctionnement sur durée du suivi	210 510 €	213 810 €	217 110 €	220 410 €
Dépenses totales sur durée du suivi	636 165 €	747 617 €	863 525 €	975 638 €
COÛT DE REVIENT ANNUEL PAR STATION	70 685 €	62 301 €	57 568 €	54 202 €

Hypothèse VOIE TERRESTRE + VOIE FLUVIALE	3 stations	4 stations	5 stations	6 stations
Pose + démantèlement Voie terrestre + voie fluviale (investissement)	523 885 €	674 680 €	851 600 €	1 024 120 €
MOE Travaux	78 583 €	101 202 €	127 740 €	153 618 €
Durée de l'étude (années)	3	3	3	3
Nombre de stations	3	4	5	6
Coût fonctionnement sur durée du suivi	210 510 €	213 810 €	217 110 €	220 410 €
Dépenses totales sur durée du suivi	812 978 €	989 692 €	1 196 450 €	1 398 148 €
COÛT DE REVIENT ANNUEL PAR STATION	90 331 €	82 474 €	79 763 €	77 675 €

Le détail des estimations est fourni en annexe.

Cette estimation est donnée, à ce stade d'étude (AVP), avec une fourchette de 10 % (aléas).

En préalable à ces travaux, il est nécessaire de valider certains points avec l'exploitant CNR mais aussi avec les partenaires puis d'engager la phase projet (PRO) au titre d'un contrat de maîtrise d'œuvre. Ces éléments à engager en 2011 sont chiffrés ci-dessous.

AMOA pour Validation technique AVP par exploitant et DRA + partenaires (5 j ing + 2 j CP)	6 050 €
MOE Phase PRO	23 575 €
Analyse granulo + D50 stabilité des fonds (externe)	30 000 €

11 – ELEMENTS A PRECISER EN PHASE PROJET

A l'issu de cette phase d'Avant-Projet (AVP), un certain nombre de solutions techniques ont été identifiées et évaluées. De même, parmi l'ensemble des stations envisagées, l'AVP a permis d'écarter les stations présentant des risques et de ne sélectionner que celles paraissant les plus fiables.

Avant d'engager la phase projet (PRO) qui permettra de dégager les solutions et stations finales destinées à être proposées à la consultation pour l'élaboration du marché de travaux, une phase de validation / choix préalables est à engager, d'une part auprès du maître d'ouvrage et de ses partenaires, mais aussi après de l'exploitant CNR.

Son avis technique sera recherché sur les solutions proposées. Les points importants de validation sont les suivants :

- Sites d'implantation des stations ;
- Stabilité des fonds ;
- Possibilité du raccordement électrique ;
- Risques d'interférence des travaux avec la navigation et plus largement avec l'exploitation des aménagements ;
- Moyens matériels et techniques envisagées pour la pose des câbles ;
- Compatibilité des matériels NEDAP avec le système d'enregistrement et de télétransmission CNR en cas d'implantation d'un boîtier NEDAP sur un limnigraphe CNR.

Sur cette base, la décision de continuer la conception de ce projet pourra être formalisée. Et dans ce cas, les hypothèses à prendre en compte dans l'étude de Projet (PRO) pourront- alors être précisées par le MOA et ses partenaires (notamment nombre de station).

ANNEXE 1 : DETAIL CHIFFRAGE AVP

CHIFFRAGE AVP : TRAVAUX 100 % voie fluviale	3 stations	4 stations	5 stations	6 stations
Investissement				
Fourniture cables	30 750 €	41 000 €	55 000 €	65 000 €
Pose cables 100% fluviale	75 000 €	95 000 €	105 000 €	116 000 €
Unité centrale de télédétection (station de mesure)	93 000 €	124 000 €	155 000 €	186 000 €
Unité centrale de télédétection mobile (station de contrôle)	25 000 €	25 000 €	25 000 €	25 000 €
Trail internet application access	6 600 €	8 800 €	11 000 €	13 200 €
Coffret /cabine branchement / terrassements en berges	15 000 €	20 000 €	25 000 €	30 000 €
Fourniture et pose de panneaux "interdiction d'ancrer"	40 000 €	40 000 €	60 000 €	80 000 €
10 % aléas	28 535 €	35 380 €	43 600 €	51 520 €
Prix pose voie fluviale + 10 % aléas	313 885 €	389 180 €	479 600 €	566 720 €

Démentèlement par voie fluviale	56 250 €	75 000 €	82 500 €	90 000 €
--	----------	----------	----------	----------

Total travaux	370 135 €	464 180 €	562 100 €	656 720 €
----------------------	-----------	-----------	-----------	-----------

MOE 15 % (AVP/PRO/ACT/VISA/DET/AOR)	55 520 €	69 627 €	84 315 €	98 508 €
--	----------	----------	----------	----------

Investissement + MOE PRO + aléas + démentèlement	425 655 €	533 807 €	646 415 €	755 228 €
---	------------------	------------------	------------------	------------------

Fonctionnement et suivi annuel 200 anguilles				
Fournitures 300 Anguilles argentées (cf étude MRM 2010 -2011)	15 000 €	15 000 €	15 000 €	15 000 €
Fourniture de 220 Transpondeurs (130 €/unité)	28 600 €	28 600 €	28 600 €	28 600 €
Formation par GHAAPE ou ECOGEA pose transpondeur	2 000 €	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Salle implantation transpondeurs + petits matériels	1 500 €	1 500 €	1 500 €	1 500 €
Pose de 200 transpondeurs	5 000 €	5 000 €	5 000 €	5 000 €
Accès plateforme informatique NEDAP WEB	5 000 €	5 000 €	5 000 €	5 000 €
Interprétation annuelle	2 100 €	2 100 €	2 100 €	2 100 €
MOE Elaboration du contrat de maintenance	2 100 €	2 100 €	2 100 €	2 100 €
Maintenance matériel annuelle (entreprise)	3 000 €	4 000 €	5 000 €	6 000 €
AMOA + aléas fonctionnement	5 870 €	5 970 €	6 070 €	6 170 €
Total fonctionnement annuel	70 170 €	71 270 €	72 370 €	73 470 €

	3 stations	4 stations	5 stations	6 stations
Retenue				
Vieux Rhône				
Ecluse				
Canal de fuite				
Restitution				
Beaucaire				

Hypothèse INTERVENTION 100 % VOIE FLUVIALE	3 stations	4 stations	5 stations	6 stations
Pose + démentèlement voie fluviale (investissement)	370 135 €	464 180 €	562 100 €	656 720 €
MOE	55 520 €	69 627 €	84 315 €	98 508 €
Durée de l'étude (années)	3	3	3	3
Nombre de stations	3	4	5	6
Cout fonctionnement sur durée du suivi	210 510 €	213 810 €	217 110 €	220 410 €
Dépenses totales sur durée du suivi	636 165 €	747 617 €	863 525 €	975 638 €
COUT DE REVIENT ANNUEL PAR STATION	70 685 €	62 301 €	57 568 €	54 202 €

CHIFFRAGE AVP : TRAVAUX Voie terrestre + fluviale	3 stations	4 stations	5 stations	6 stations
Investissement				
Fourniture cables	30 750 €	41 000 €	55 000 €	65 000 €
Pose cables voie terrestre + plongeurs	240 000 €	320 000 €	400 000 €	480 000 €
Unité centrale de télédétection (station de mesure)	93 000 €	124 000 €	155 000 €	186 000 €
Unité centrale de télédétection mobile (station de contrôle)	25 000 €	25 000 €	25 000 €	25 000 €
Trail internet application access	6 600 €	8 800 €	11 000 €	13 200 €
Coffret /cabine branchement / terrassements en berges	inclus	inclus	inclus	inclus
Fourniture et pose de panneaux "interdiction d'ancrer"	40 000 €	40 000 €	60 000 €	80 000 €
10 % aléas	43 535 €	55 880 €	70 600 €	84 920 €
Prix pose voie fluviale + 10 % aléas	478 885 €	614 680 €	776 600 €	934 120 €

Démentèlement par voie terrestre	45 000 €	60 000 €	75 000 €	90 000 €
---	----------	----------	----------	----------

Total travaux	523 885 €	674 680 €	851 600 €	1 024 120 €
----------------------	------------------	------------------	------------------	--------------------

MOE 15 % (AVP/PRO/ACT/VISA/DET/AOR)	78 583 €	101 202 €	127 740 €	153 618 €
--	-----------------	------------------	------------------	------------------

Investissement + MOE PRO + aléas + démentèlement	602 468 €	775 882 €	979 340 €	1 177 738 €
---	------------------	------------------	------------------	--------------------

Fonctionnement et suivi annuel 200 anguilles				
Fournitures 300 Anguilles argentées (cf étude MRM 2010 - 2011)	15 000 €	15 000 €	15 000 €	15 000 €
Fourniture de 220 Transpondeurs (130 €/unité)	28 600 €	28 600 €	28 600 €	28 600 €
Formation par GHAAPPE ou ECOGEA pose transpondeur	2 000 €	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Pose de 200 transpondeurs	5 000 €	5 000 €	5 000 €	5 000 €
Salle implantation transpondeurs + petits matériels	1 500 €	1 500 €	1 500 €	1 500 €
Accès plateforme informatique NEDAP WEB	5 000 €	5 000 €	5 000 €	5 000 €
Interprétation annuelle	2 100 €	2 100 €	2 100 €	2 100 €
MOE contrat de maintenance	2 100 €	2 100 €	2 100 €	2 100 €
Maintenance matériel annuelle (entreprise)	3 000 €	4 000 €	5 000 €	6 000 €
AMOA + aléas fonctionnement	5 870 €	5 970 €	6 070 €	6 170 €
Total fonctionnement annuel	70 170 €	71 270 €	72 370 €	73 470 €

	3 stations	4 stations	5 stations	6 stations
Retenue				
Vieux Rhône				
Ecluse				
Canal de fuite				
Restitution				
Beaucaire				

Hypothèse VOIE TERRESTRE + VOIE FLUVIALE	3 stations	4 stations	5 stations	6 stations
Pose + démentèlement Voie terrestre + voie fluviale (investissement)	523 885 €	674 680 €	851 600 €	1 024 120 €
MOE	78 583 €	101 202 €	127 740 €	153 618 €
Durée de l'étude (années)	3	3	3	3
Nombre de stations	3	4	5	6
Cout fonctionnement sur durée du suivi	210 510 €	213 810 €	217 110 €	220 410 €
Dépenses totales sur durée du suivi	812 978 €	989 692 €	1 196 450 €	1 398 148 €
COUT DE REVIENT ANNUEL PAR STATION	90 331 €	82 474 €	79 763 €	77 675 €