

Département Océanographie et Dynamique des Écosystèmes

Laboratoire Environnement Ressources Provence Azur Corse

Auteurs : Christiane Dufresne • Annie Fiandrino • Nathalie Malet

Date : Novembre 2019 – ODE/UL/LER-PAC/19-01

# FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE DE LA LAGUNE DE BIGUGLIA



**Partie 3 : Indicateurs et test de scénarios hydro-climatiques**

## Fiche documentaire

<b>Titre du rapport :</b> Fonctionnement hydrodynamique de la lagune de Biguglia. Partie 3: Indicateurs et test de scenarios hydro-climatiques	
<b>Référence interne :</b> ODE/UL/LER/PAC/19-01	<b>Date de publication :</b> 18/11/2019
<b>Diffusion :</b> <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet)  <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d’embargo : AAA/MM/JJ  <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	<b>Version :</b> 1.0.0  <b>Référence de l’illustration de couverture</b> Sud de la lagune de Biguglia - capechade (Nathalie Malet)  <b>Langue(s) :</b> Français
<b>Résumé/ Abstract :</b> <p>Le projet <i>Interreg Retralags</i> vise une gestion durable du patrimoine des lagunes, des lacs et des étangs et est développée afin de protéger et de valoriser le patrimoine écosystémique. Cette gestion intégrée s’appuie notamment sur des modèles de gestion des zones humides, qui permettent d’une part d’améliorer notre compréhension de leur fonctionnement et d’autre part, de tester des hypothèses par la simulation de scénarii.</p> <p><b>Action 1</b> - La mise en place du modèle hydrodynamique de la lagune de Biguglia, le développement d’indicateurs hydrologiques opérationnels et test de scenarios hydro-climatiques <b>Action 2</b> - La mise en place du modèle écosystémique sur la lagune de Biguglia, le développement d’indicateurs écologiques opérationnels et test de scenarios écologiques.</p> <p>Dans le cadre de <b>l’Action 1</b>, ce <u>troisième rapport</u> présente les scénarios réalisés à l’aide du modèle hydrodynamique. Les précédents rapports ont montré que le grau nord et le canal du Fossone jouaient un rôle déterminant dans la forte variabilité spatio-temporelle de l’hydrologie et de l’hydrodynamique de l’étang. De simples aménagements afin de maintenir les échanges mer-lagune apparaissent essentiels pour la santé écologique de l’étang. Il a donc été suggéré qu’une gestion facilitée de la lagune pourrait être obtenue par la surveillance des paramètres hydrologiques, tels que la température et la salinité. Ces indicateurs simples traduisent efficacement l’état écologique de l’étang. Les conditions d’ouverture et de fermeture du grau nord et de l’embouchure du fleuve Golo (qui permet l’écoulement d’eau douce en mer plutôt que dans la lagune) et les apports d’eau douce (par saison sèche ou pluvieuse) régissent donc les scénarios proposés dans ce troisième rapport.</p> <p>Après une brève description du site d’étude (section 2), les différents scénarios qui s’appuient sur les conditions climatiques et l’état d’ouverture ou de fermeture des graus sont présentés (section 3). Une <b>fiche synthèse</b> pour chacun des scénarios illustre les résultats par des indicateurs de <b>salinité</b>, de <b>temps de renouvellement</b> et de <b>volume de mélange</b>. Les <b>conséquences</b> probables sont énumérées et des <b>actions</b> de gestion sont proposées afin de maintenir le fonctionnement hydrologique souhaité.</p>	
<b>Mots-clés/ Key words :</b> Modèle hydrodynamique, MARS3D, lagune, Biguglia, indicateurs hydrodynamiques	
Comment citer ce document : Dufresne C, Fiandrino A, Malet N (2018) Fonctionnement hydrodynamique de la lagune de Biguglia. Partie 3: Indicateurs et test de scenarios hydro-climatiques. 23p. ODE/UL/LER-PAC/19.01.	
Disponibilité des données de la recherche :	
DOI :	

<b>Commanditaire du rapport</b> : Europe dans le cadre du projet Européen Interreg transfrontalier France-Italie Maritimo RETRALAGS	
<b>Nom / référence du contrat</b> :	
<input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX) <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif (réf. interne <b>du rapport intermédiaire</b> : R.DEP/UNIT/LABO AN-NUM/ID ARCHIMER)	
<b>Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit</b> : Projet Européen Interreg transfrontalier France-Italie Maritimo RETRALAGS	
<b>Auteur(s) / adresse mail</b>	<b>Affiliation / Direction / Service, laboratoire</b>
Christiane Dufresne	ISMER-UQAR (Rimouski, Canada)
Nathalie Malet	ODE/UL/LER/PAC
Annie Fiandrino	ODE/UL/LER/LR
Encadrement(s) :	
Destinataires : Ifremer, Chef de file et partenaires Retralags, Gestionnaires de la réserve de la lagune de Biguglia, UDCPP, OEC, Collectivité de Corse, Conservatoire du Littoral ...	
Validé par : Annie Fiandrino	

# Sommaire

<b>1. Introduction et motivations.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Site d'étude .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Description des scénarios et des fiches synthèse .....</b>	<b>10</b>
<b>4. Sommaire des fiches synthèse .....</b>	<b>13</b>
4.1. Saison sèche A .....	14
4.2. Saison sèche B.....	15
4.3. Saison pluvieuse A .....	16
4.4. Saison pluvieuse B .....	17
4.5. Saison pluvieuse avec interventions A.....	18
4.6. Saison pluvieuse avec interventions B.....	19
4.7. Faible pluviométrie .....	20
4.8. Forte pluviométrie .....	21
<b>5. Conclusions.....</b>	<b>22</b>
<b>6. Références.....</b>	<b>23</b>



# 1. Introduction et motivations

Le projet *Interreg Retralags* qui vise une gestion durable du patrimoine des lagunes, des lacs et des étangs est développé afin de protéger et de valoriser le patrimoine écosystémique. Cette gestion intégrée s'appuie notamment sur des modèles de gestion des zones humides, qui permettent d'une part d'améliorer notre compréhension de leur fonctionnement et d'autre part, de tester des hypothèses par la simulation de scénarios.

Les deux actions pilotes IFREMER sont :

**Action 1** - La mise en place du modèle hydrodynamique de la lagune de Biguglia, le développement d'indicateurs hydrologiques opérationnels et test de scénarios hydro-climatiques

**Action 2** - La mise en place du modèle écosystémique sur la lagune de Biguglia, le développement d'indicateurs écologiques opérationnels et test de scénarios écologiques.

Dans le cadre de **l'Action 1**, ce troisième rapport présente les scénarios réalisés à l'aide du **modèle hydrodynamique**<sup>1</sup>. Les précédents rapports ont montré que le grau nord et le canal du Fossone jouaient un rôle déterminant dans la forte variabilité spatio-temporelle de l'hydrologie et de l'hydrodynamique de l'étang. De simples aménagements afin de maintenir les échanges mer-lagune apparaissent essentiels pour la santé écologique de l'étang. Il a donc été suggéré qu'une gestion facilitée de la lagune pourrait être obtenue par la surveillance des paramètres hydrologiques, tels que la température et la salinité. Ces indicateurs simples traduisent efficacement l'état écologique de l'étang. Les conditions d'ouverture et de fermeture du grau nord et de l'embouchure du fleuve Golo (qui permet l'écoulement d'eau douce en mer plutôt que dans la lagune) et les apports d'eau douce (par saison sèche ou pluvieuse) régissent donc les scénarios proposés dans ce troisième rapport.

Après une brève description du site d'étude (section 2), les différents scénarios qui s'appuient sur les conditions climatiques et l'état d'ouverture ou de fermeture des graus sont présentés (section 3). Une **fiche synthèse** pour chacun des scénarios illustre les résultats par des indicateurs de **salinité**, de **temps de renouvellement** et de **volume de mélange**. Les **conséquences** probables sont énumérées et des **actions** de gestion sont proposées afin de maintenir le fonctionnement hydrologique souhaité.

---

<sup>1</sup> Pour une présentation détaillée du modèle hydrodynamique utilisé, le lecteur est invité à consulter les rapports 1 et 2 de l'Action 1 : *Mise en place de la modélisation numérique 3D* (Dufresne et al. 2017) et *Fonctionnement hydrologique et hydrodynamique* (Dufresne et al. 2018).

**Action 1 - La mise en place du modèle hydrodynamique de la lagune de Biguglia, le développement d'indicateurs hydrologiques opérationnels et test de scénarios hydrolo-climatiques**

- Rapport 1/3 : Mise en place de la modélisation numérique 3D
- Rapport 2/3 : Fonctionnement hydrologique de la lagune de Biguglia
- Rapport 3/3 : Indicateurs et test de scénarios hydro-climatiques

**Action 2 - La mise en place du modèle écosystémique sur la lagune de Biguglia, le développement d'indicateurs écologiques opérationnels et test de scénarios écologiques – *Plan provisoire***

- Rapport 1/3 : Mise en place du modèle écosystémique
- Rapport 2/3 : Fonctionnement écologique de la lagune de Biguglia, Indicateurs et test de scénarios écologiques

## 2. Site d'étude

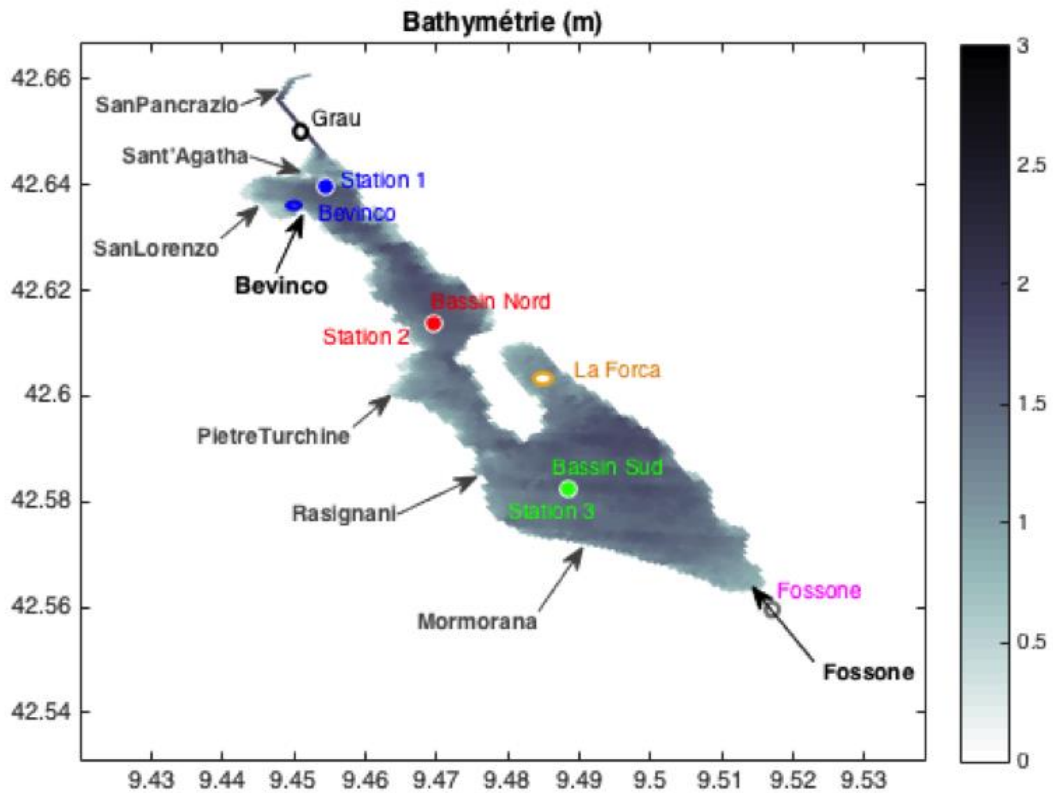
Très peu profond, l'étang de Biguglia fait partie d'une réserve naturelle protégée (faune et flore) depuis 1994, qui est néanmoins soumise à d'importantes pressions anthropiques. Les activités économiques de ses rives et de son bassin versant (d'une superficie de 180 km<sup>2</sup>) comprennent l'exploitation de pêche, l'agriculture, l'élevage bovin ainsi que des zones industrielles, commerciales et touristiques.

Avec une superficie de 14,5 km<sup>2</sup>, l'étang de Biguglia est le plus vaste des étangs de Corse et représente près de la moitié de ses zones humides. L'établissement d'une carte bathymétrique récente (Orsoni et Tomasino 2015) a permis la mise en place d'une configuration du modèle de l'étang qui suggère un volume estimé de 18 Mm<sup>3</sup> (Dufresne, *et al.* 2017). Dans le passé, le volume de l'étang avait été estimé entre 10,2 Mm<sup>3</sup> (Frisoni et Dutrieux 1992) et 38 Mm<sup>3</sup> (Orsoni, *et al.* 2001).

D'origine lagunaire, l'étang s'étend parallèlement à la mer avec laquelle il communique par un grau de 1,7 km au nord de l'étang. Au sud, le canal du Fossone peut aussi favoriser l'intrusion d'eau de mer dans l'étang lorsque les conditions sont favorables (*i.e.* vent du sud-est, niveau d'eau en mer plus élevé, faible débit du Golo, ...). Le Fossone permet aussi des échanges d'eau douce avec le fleuve Golo, légèrement en amont de son estuaire, générant un apport annuel d'environ 4 Mm<sup>3</sup> (Frisoni et Dutrieux 1992). Les apports d'eau douce à l'étang sont engendrés par le ruissellement (lessivage du bassin versant) et par les fleuves et les cours d'eau temporaires (localisés sur la **Figure 1**), largement influencés par les précipitations. Dans le bassin nord, le fleuve Bevinco y coule de façon permanente et contribue à un apport d'eau douce de 19 à 20 Mm<sup>3</sup> par an (BCEOM 2006, Frisoni et Dutrieux 1992). Ce fleuve d'une longueur de 28,1 km compte une quinzaine d'affluents et draine un bassin versant d'environ 70 km<sup>2</sup>. De petits cours d'eau temporaires alimentent aussi dans l'étang en eau douce en période de crues (San Pancrazio, Sant'Agatha, San Lorenzo, Petre Turchine, Rassignani, Mormorana). Les débits de ces fleuves à leur exutoire ne sont pas référencés à notre connaissance, mais l'apport total du bassin versant (incluant les apports du Bevinco) est compris entre 27,6 à 58 Mm<sup>3</sup>·an<sup>-1</sup> selon Frisoni et Dutrieux (1992) et estimé à 43 Mm<sup>3</sup> par Mouillot, *et al.* (2000). Les précipitations (800 et 900 mm·an<sup>-1</sup>) représenteraient un apport compris entre 12 Mm<sup>3</sup>·an<sup>-1</sup> (BCEOM 2006) et 14,3 Mm<sup>3</sup>·an<sup>-1</sup> (Frisoni et Dutrieux 1992, Mouillot, *et al.* 2000).

Le vent joue un rôle primordial sur la dynamique de l'étang en exerçant un frottement à la surface de l'eau et en agissant comme moteur de la circulation, ce qui peut engendrer assez d'énergie pour remobiliser le fond sédimentaire (Mouillot, *et al.* 2000). Les échanges hydrogéologiques, jugés comme faibles (BCEOM 2006), seront négligés pour cette étude.





**Figure 1 :** Bathymétrie (m) de la lagune de Biguglia (teintes grises) interpolée sur la grille du modèle. Les points colorés représentent les points de mesures hydrologiques réalisées par l'Ifremer et la RNEB. Les flèches représentent les apports des fleuves Bevinco et Golo via le Fossone (en noir) et des cours d'eau temporaires (en gris foncé).

### 3. Description des scénarios et des fiches synthèse

#### *Description des scénarios*

Les scénarios sont proposés en fonction des conditions d'ouverture et de fermeture du grau nord et de l'embouchure du fleuve Golo, qui permet l'écoulement d'eau douce en mer plutôt que dans la lagune. Les apports d'eau douce, fortement liés à la pluviométrie, jouent également un rôle déterminant pour la salinité et la santé écologique de la lagune. Les scénarios (Table 1) dépendent donc de **l'ouverture du grau nord** (ouvert / fermé), de l'ouverture de **l'embouchure du Golo** (échanges avec la mer via le Fossone) et de la **pluviométrie** (saison sèche ou pluvieuse).

Certains scénarios dits « avec intervention » (4.5, 4.6) présentent une **ouverture du grau nord variable**, représentant une alternance d'ouverture et de fermeture qui s'appuie sur les interventions dirigées par la *Réserve Naturelle de l'Étang de Biguglia* (RNEB) (ouverture à la pelle mécanique).

Les **apports d'eau douce au Fossone** correspondent à un pourcentage des débits du Golo mesurés à la station Volpajola<sup>2</sup>. Lors de la mise en place du modèle hydrodynamique (Dufresne, *et al.* 2018), des comparaisons de simulations réalisées avec plusieurs débits ont montré qu'un apport représentant 5% celui du Golo correspondait aux volumes échangés. Un des scénarios (4.8 Forte pluviométrie) utilise toutefois un débit au Fossone équivalent à 20% de celui du Golo afin de quantifier l'impact d'un apport plus important. Pour tous les scénarios, les apports du Bevinco et des cours d'eau temporaire dépendent des données disponibles sur le site de la BanqueHydro<sup>3</sup>, géré par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie. Pour le Bevinco, la seule station est située à Olmeta-di-Tuda, à plus de 8 km de l'exutoire. Bien que ce point de mesure soit bien en amont de la lagune, ces débits sont utilisés comme données de forçage du modèle à défaut d'autres mesures. Pour les apports des cours d'eau temporaires (à sec en période d'étiage), aucune donnée n'est disponible concernant leurs débits à notre connaissance. Afin de les estimer, nous multiplions les débits du Bevinco par un coefficient représentant la proportion de la surface du bassin versant du cours d'eau par rapport à celle du Bevinco (voir la section Méthodologie du rapport 2, Dufresne, *et al.* 2018).

---

<sup>2</sup> Données Banque Hydro produites par DEAL Corse, station #Y7212010

<sup>3</sup> <http://www.hydro.eaufrance.fr/>

Table 1 : Liste des scénarios

Scénarios	Grau Nord	Embouchure du Golo	Pluviométrie	Débit d'eau douce au Fossone
Saison sèche A	ouvert	ouvert	Saison sèche	5% Golo
Saison sèche B	ouvert	fermée	Saison sèche	5% Golo
Saison pluvieuse A	ouvert	ouvert	Saison pluvieuse	5% Golo
Saison pluvieuse B	ouvert	fermée	Saison pluvieuse	5% Golo
Saison pluvieuse avec interventions A	variable	ouvert	Saison pluvieuse	5% Golo
Saison pluvieuse avec interventions B	variable	fermée	Saison pluvieuse	5% Golo
Faible pluviométrie	ouvert	ouvert	Faible pluviométrie	5% Golo
Forte pluviométrie	ouvert	fermée	Très forte pluviométrie	20% Golo

### Description des fiches synthèse

Pour chacun des scénarios, une fiche synthèse est proposée. Un exemple est donné à la Figure 2. Elle regroupe la **description du scénario A** via la pluviométrie, l'ouverture du grau et de l'embouchure du Golo, et les apports d'eau douce. La **salinité** (figure 2- **B**), indicateur des apports d'eau douce des fleuves et des échanges avec la mer plus salée, est montrée selon son évolution temporelle en deux points et sa variabilité spatiale après 90 jours de simulations avec la variation de salinité dans le bassin nord (bleu) et sud (rouge). La figure 2 - **C** montre la carte de la salinité dans l'étang à la fin des 3 mois de simulations avec une échelle de couleur variant de 0 à 40. Afin de quantifier les échanges d'eau, la section **D** représente les temps de renouvellement et de résidence. Le **temps de renouvellement** est défini comme le temps nécessaire pour renouveler un volume équivalent à celui du système en fonction des flux échangés avec la mer et les bassins versant (volumes entrants et sortants). Ce descripteur ne tient pas compte du mélange des masses d'eau au sein de la lagune, mais renseigne sur l'efficacité des échanges aux interfaces. Le **temps de résidence** tient compte des processus de mélange et de transport au sein de la masse d'eau. Il est calculé pour chaque maille du modèle et il permet d'estimer le temps moyen que passe une masse d'eau dans le système avant de le quitter définitivement. Ce descripteur varie spatialement dans la lagune et indique le possible isolement d'une masse d'eau. Le symbole 'o' sur la Figure 2-D illustre le temps de résidence maximal et le temps de résidence moyen est calculé pour l'ensemble de l'étang.

Afin d'illustrer la capacité des masses d'eau à se mélanger, le **volume de mélange** est calculé et représenté à la Figure 2- **E**. Les différentes couleurs montrent les frontières de mélange et le chiffre indique la proportion du volume de l'étang qui doit être échangé afin de franchir chacune des frontières. A titre d'exemple, un volume équivalent à près du double du volume d'eau total de l'étang (1.95) doit être échangé avec l'extérieur du bassin (bassin versant et mer) afin de mélanger la masse d'eau de l'anse Forca

(en bleu sur la Figure 2-E). Ce descripteur montre les zones rapidement mélangées (en vert et violet) et celles plus isolées (en bleu). Enfin, les dernières sections de la fiche synthèse regroupe les **conséquences possibles** d'un tel scénarios pour la lagune (Figure 2- **F**) ainsi que des **actions suggérées** (Figure 2- **G**).

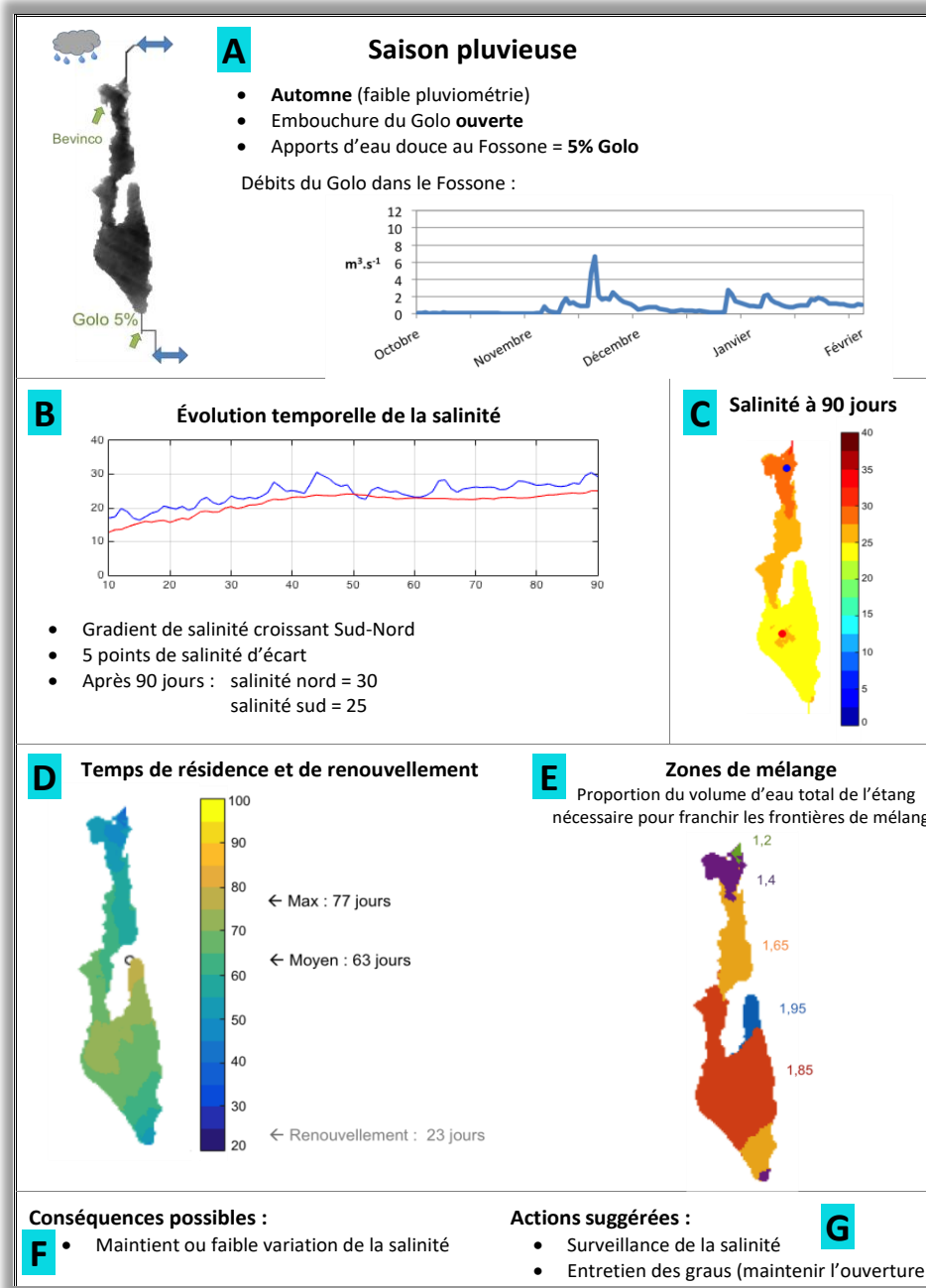
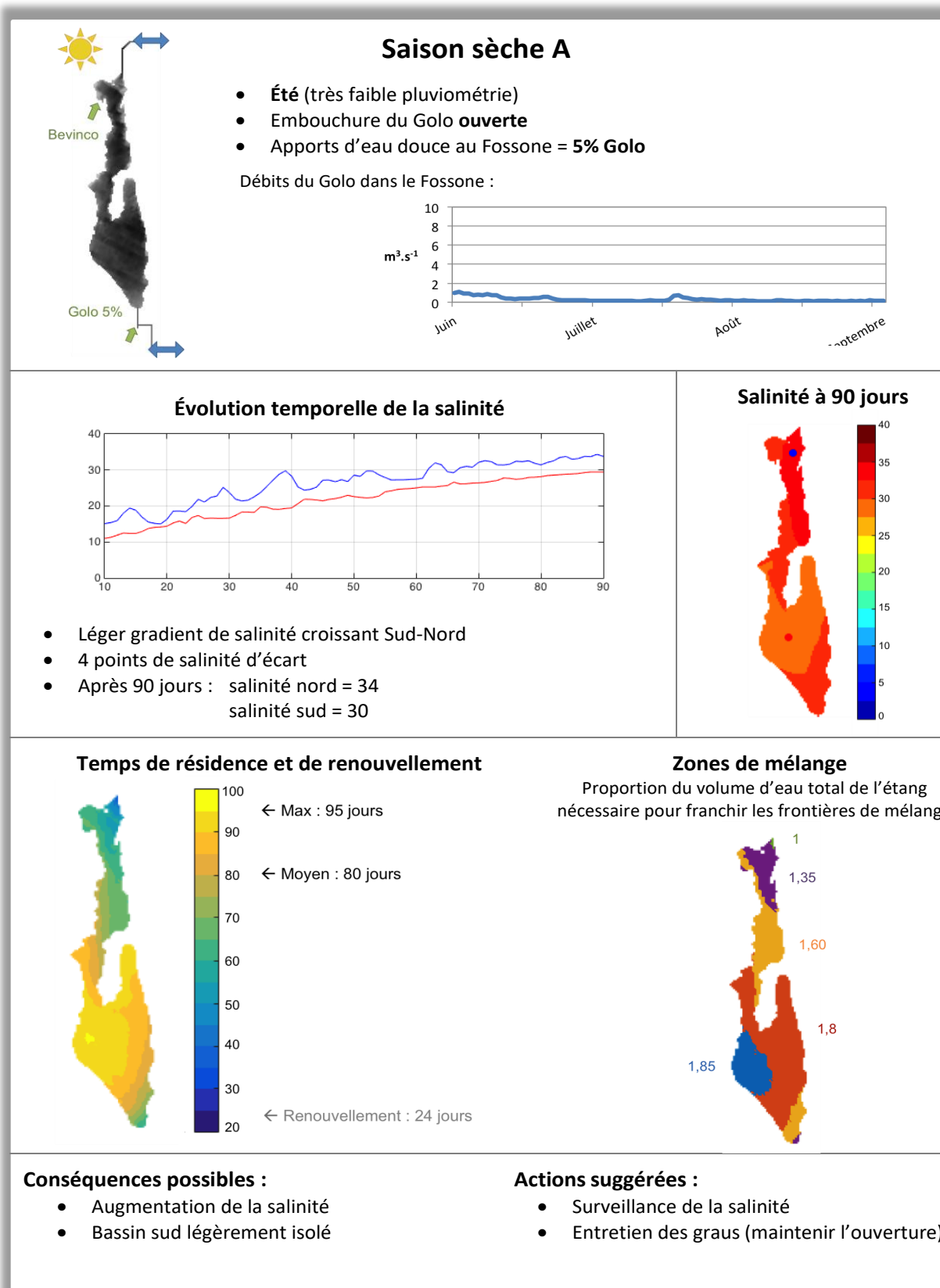


Figure 2 : Fiche synthèse type des scénarios (voir le texte pour plus de détails)

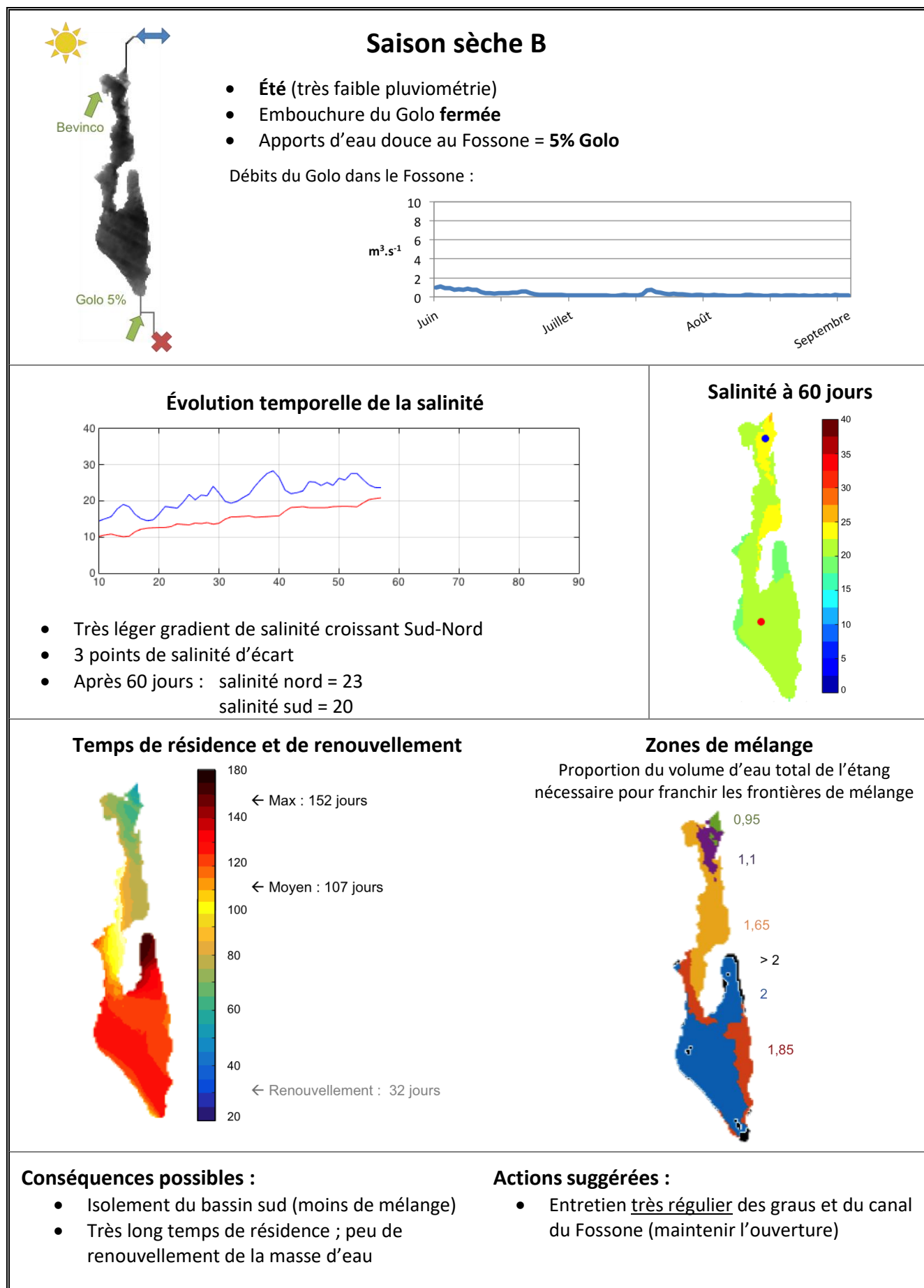
## 4. Sommaire des fiches synthèse

4.1. Saison sèche A.....	14
4.2. Saison sèche B.....	15
4.3. Saison pluvieuse A.....	16
4.4. Saison pluvieuse B.....	17
4.5. Saison pluvieuse avec interventions A.....	18
4.6. Saison pluvieuse avec interventions B.....	19
4.7. Faible pluviométrie .....	20
4.8. Forte pluviométrie .....	21

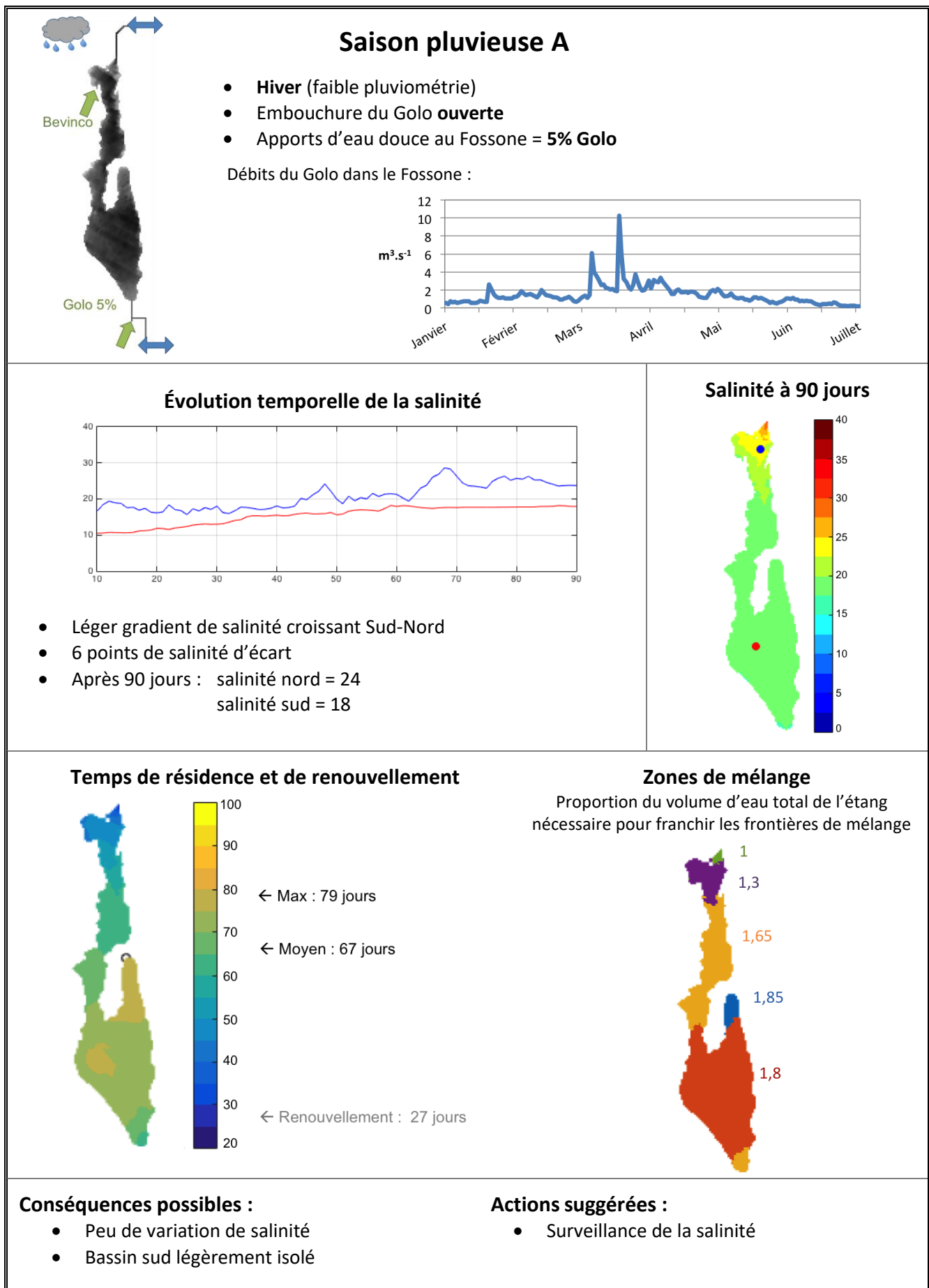
## 4.1.Saison sèche A



## 4.2. Saison sèche B

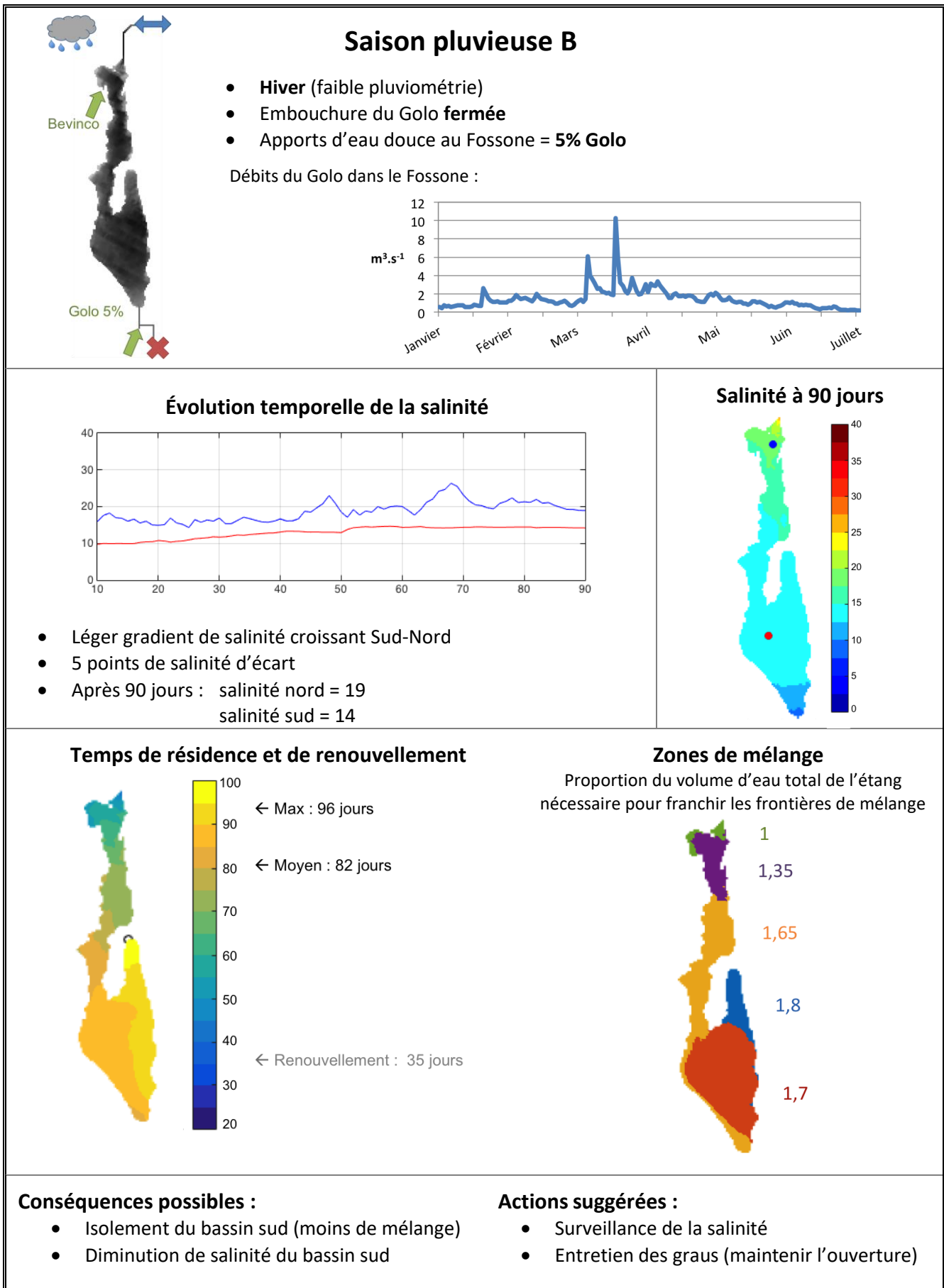


### 4.3. Saison pluvieuse A

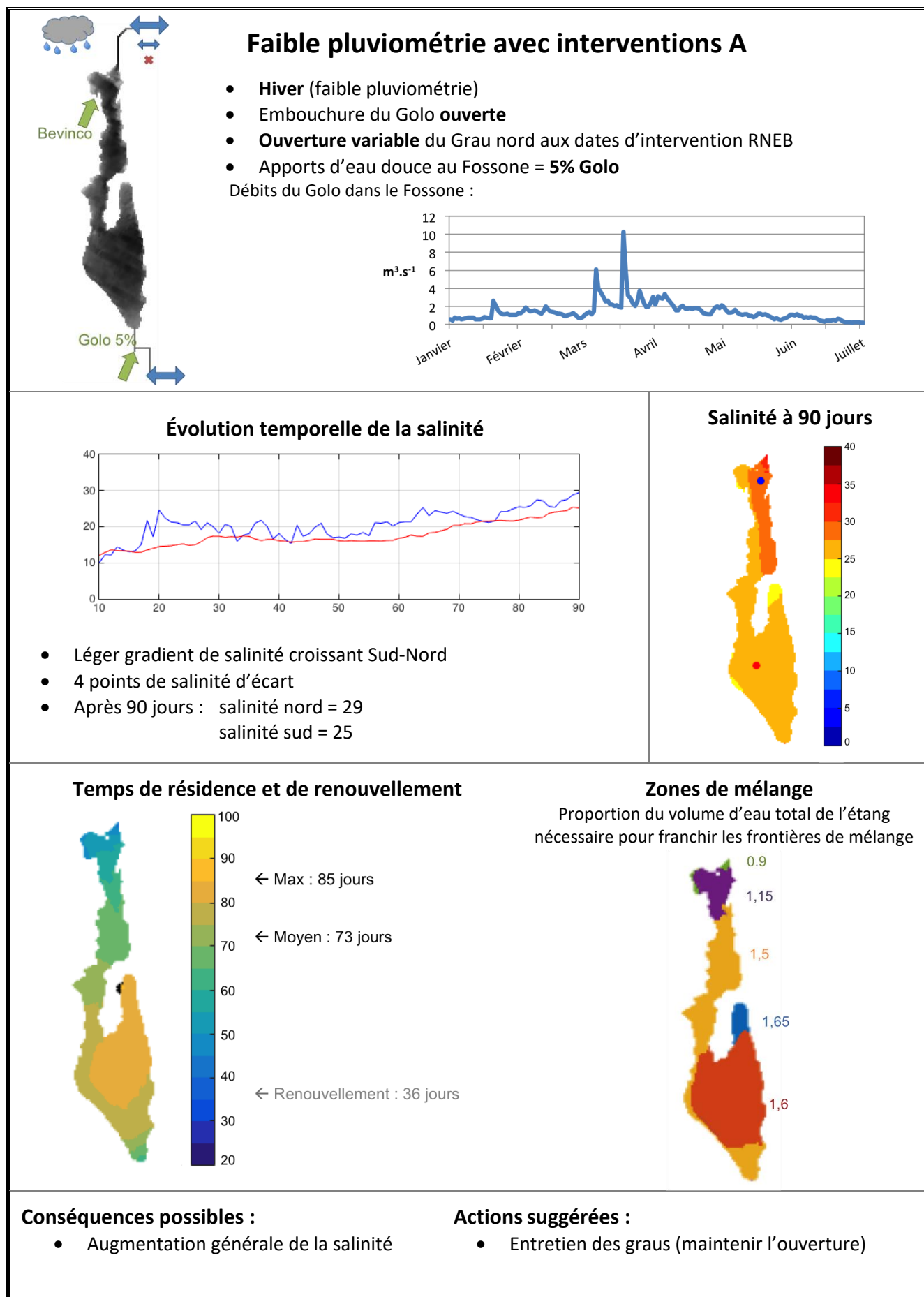




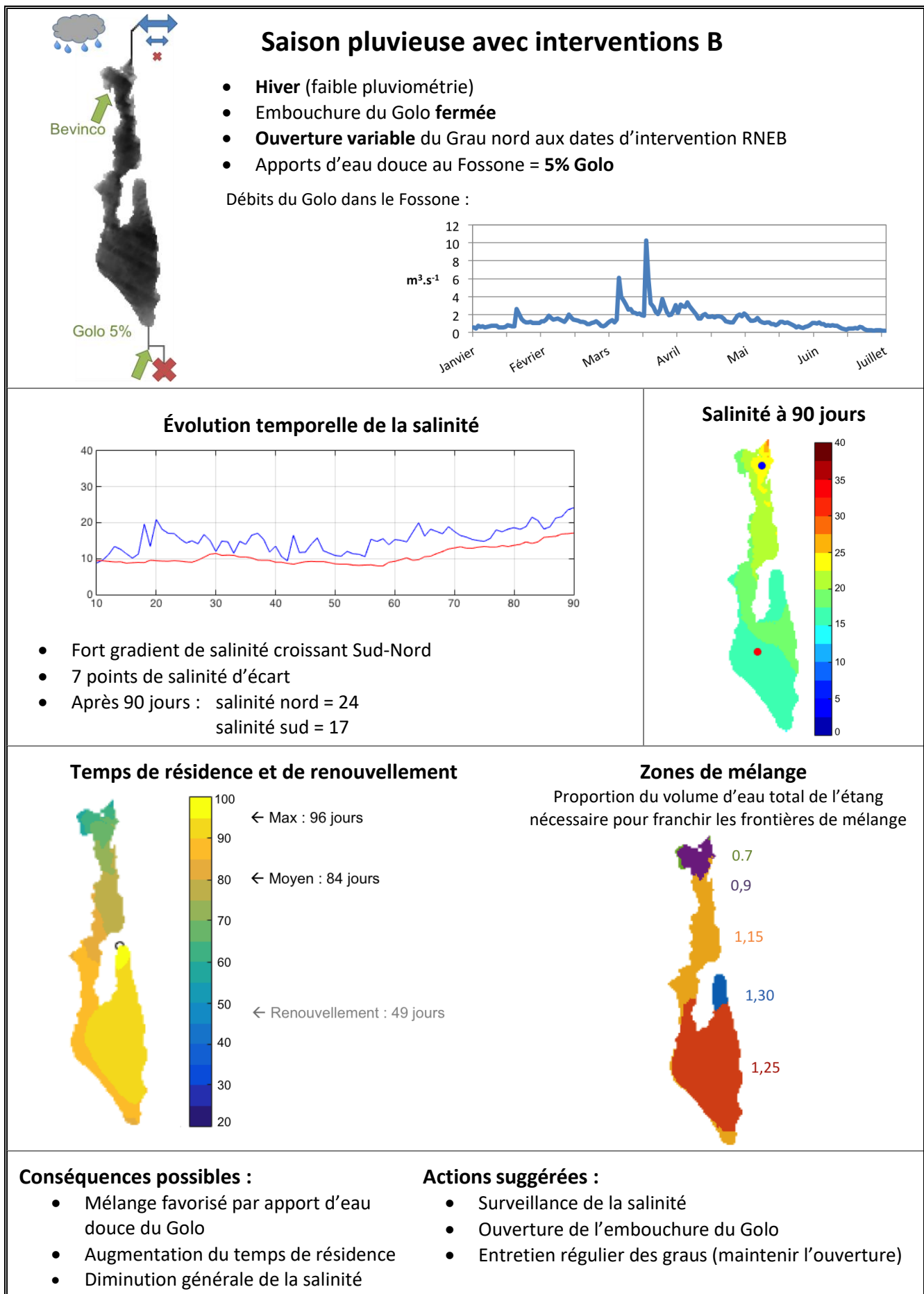
## 4.4. Saison pluvieuse B



## 4.5. Saison pluvieuse avec interventions A



## 4.6.Saison pluvieuse avec interventions B



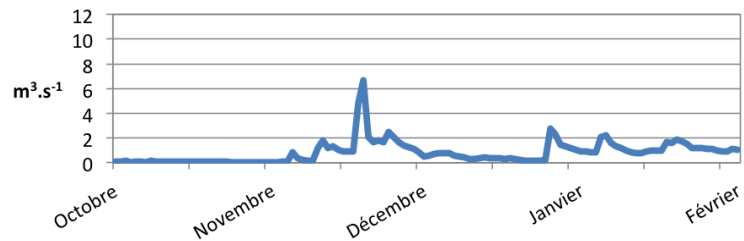
## 4.7. Faible pluviométrie



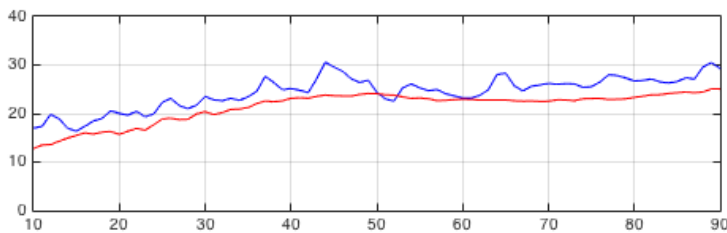
### Faible pluviométrie

- **Automne** (faible pluviométrie)
- Embouchure du Golo **ouverte**
- Apports d'eau douce au Fossone = **5% Golo**

Débits du Golo dans le Fossone :

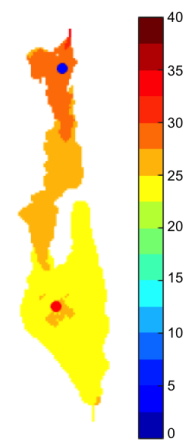


### Évolution temporelle de la salinité

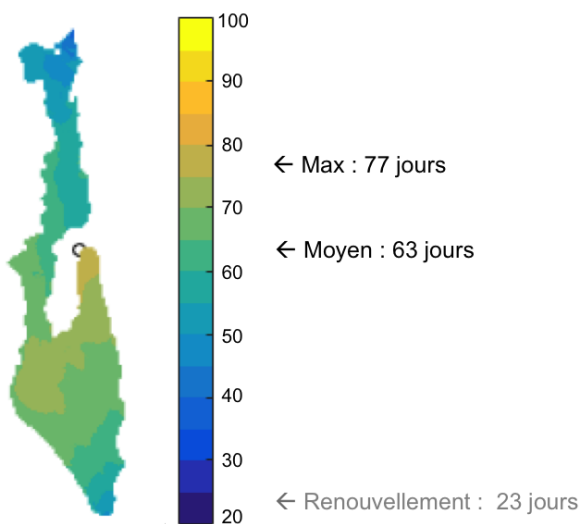


- Gradient de salinité croissant Sud-Nord
- 5 points de salinité d'écart
- Après 90 jours : salinité nord = 30  
salinité sud = 25

### Salinité à 90 jours

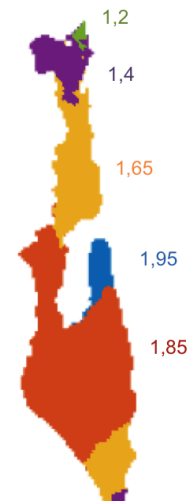


### Temps de résidence et de renouvellement



### Zones de mélange

Proportion du volume d'eau total de l'étang nécessaire pour franchir les frontières de mélange



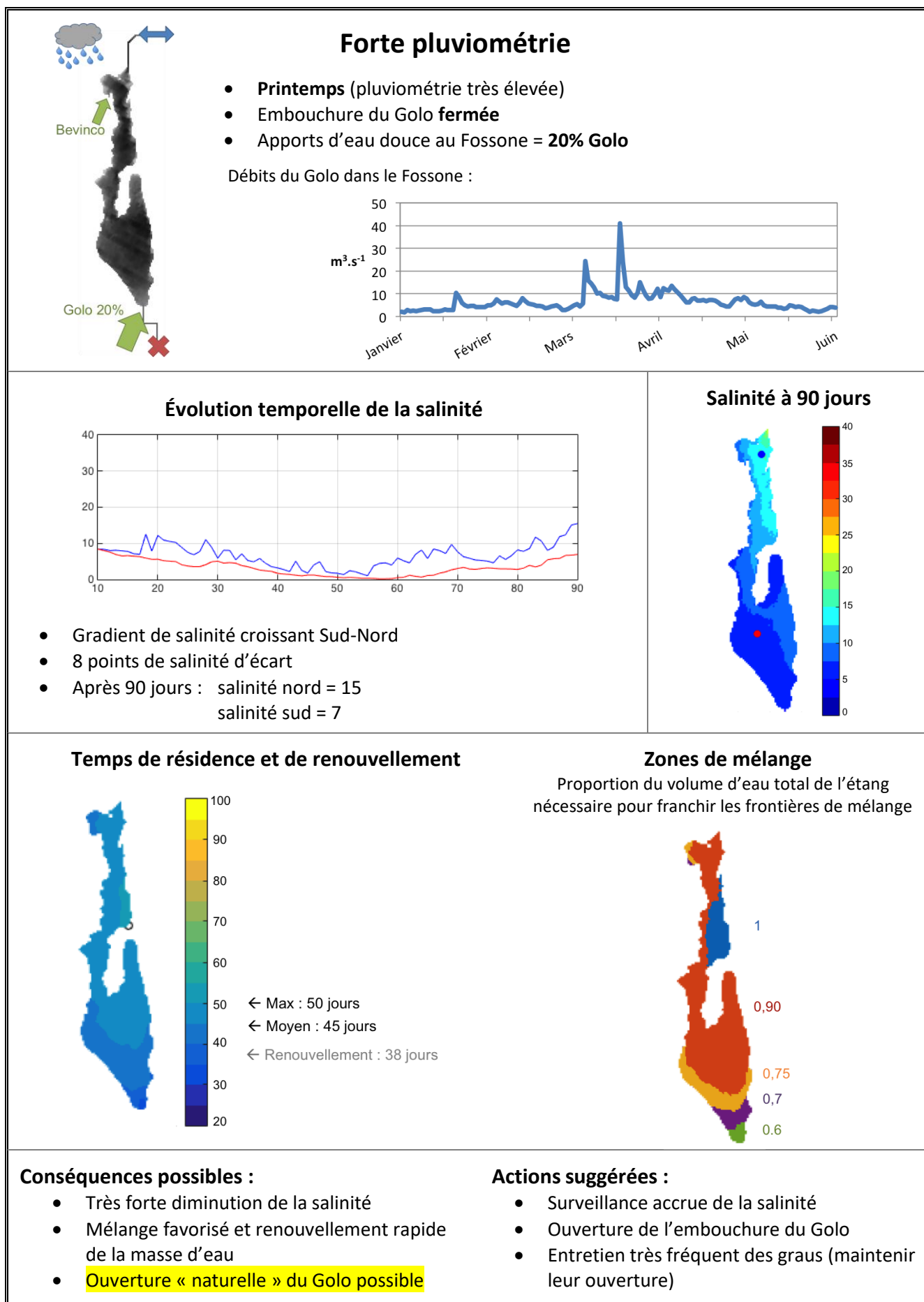
### Conséquences possibles :

- Maintien ou faible variation de la salinité

### Actions suggérées :

- Surveillance de la salinité
- Entretien des graus (maintenir l'ouverture)

## 4.8. Forte pluviométrie



## 5. Conclusions

Lors d'une année plutôt sèche (faible pluviométrie), **l'embouchure en mer de Golo pourrait se fermer**, notamment à cause de la dérive littorale et des apports de matière en suspension par le fleuve. Une fermeture partielle ou totale de l'estuaire limiterait l'écoulement en mer et détournerait le cours du fleuve vers le canal du Fossone, entraînant une **augmentation des apports d'eau douce** à la lagune. Le niveau d'eau du fleuve à l'aval pourrait aussi s'élever et présenter un risque d'inondation plus important. Ainsi, une **maintenance régulière** de l'embouchure du Golo permettrait un écoulement plus régulier vers la mer, en évitant une chute des salinités dans le bassin sud de l'étang.

En plus d'entraîner une diminution des salinités de l'étang, une **réduction des échanges** avec la mer *via* le canal du Fossone pourrait **isoler** le bassin sud. En limitant ces échanges, le mélange des masses d'eau de la lagune diminuerait et leurs **temps de résidence augmenteraient**. Une masse d'eau du bassin sud mettrait ainsi plus de temps à se mélanger et à sortir de l'étang. Une augmentation des temps de résidence engendre aussi un risque accru en cas de contamination de la masse d'eau. Par exemple, en cas de pollution de l'étang par lessivage du bassin versant ou rejet industriel, le contaminant demeurerait piégé dans l'étang plus longtemps que si les échanges avec la mer étaient favorisés par une ouverture du grau nord et de l'embouchure. Toutefois, en cas de forts débits des cours d'eau (temporaires, Bevinco et Golo), le renouvellement du volume d'eau de l'étang est accéléré, peu importe l'état d'ouverture ou fermeture des graus. En somme, un entretien (nettoyage, dragage) du canal du Fossone ainsi que de la section aval du Golo pourrait diminuer le risque de dessalure et d'isolement du bassin sud de l'étang et ainsi **limiter l'intrusion d'espèces lacustres** (carpes, herbiers, etc.).

**Action prioritaire** → Maintenir les embouchures du Golo et du grau nord ouvertes et entretenir le canal du Fossone, afin de favoriser les échanges avec la mer.

## 6. Références

**BCEOM (2006)**

*Etang de Biguglia. Etude hydrologique sur le périmètre de schéma d'aménagement et de gestion des eaux.*

**Dufresne, Malet et Fiandrino (2018)**

*Fonctionnement hydrodynamique de la lagune de Biguglia. Partie 2 : Fonctionnement hydrologique et hydrodynamique.* RST.ODE/UL/LER/PAC/18-05. Ifremer, L. E.-R. Provence-Azur-Corse.

**Dufresne, Malet, Fiandrino et Coudray (2017)**

*Fonctionnement hydrodynamique de la lagune de Biguglia. Partie 1: Mise en place de la modélisation numérique 3D.* RST.ODE/UL/LER/PAC/17-14. Ifremer, L. E.-R. Provence-Azur-Corse.

**Frisoni et Dutrieux (1992)**

*L'étang de Biguglia: Diagnostic écologique 1991-1992.* Institut des Aménagements Régionaux et de l'Environnement.

**Mouillot, Titeux, Migon, Sandroni, Frodello et Viale (2000)**

*Anthropogenic influences on a mediterranean Nature Reserve: modelling and forecasting.* Environmental Modeling & Assessment 5(4):185-92.

**Orsoni, Souchu et Sauzade (2001)**

*Caractérisation de l'état d'eutrophisation des trois principaux étangs corses (Biguglia, Diana et Urbino), et proposition de renforcement de leur surveillance. Rapport final.* Ifremer.

**Orsoni et Tomasino (2015)**

*Bathymétrie de l'étang de Biguglia : Synthèse et cartographie.* ODE/LITTORAL/LER-PAC/15/06. Ifremer.