

## **La classification en présence/absence de l'eau**

### **a - Paramètres de l'arbre optimal**

L'arbre a été construit à partir de l'échantillonnage d'entraînement<sup>4</sup> et des images acquises en 2005. Nous avons utilisé le paramètre par défaut de la validation croisée<sup>15</sup> soit 10 itérations. Le paramètre de priorité optimal ajusté à 0.50 pour les sites secs et 0.50 pour les sites non-secs donne le meilleur résultat.

Nous avons testé et comparé deux types de méthodes d'élagage soit celle du CV0-SE et celle du CV1-SE. Cette dernière donne le meilleur résultat, nous présenterons donc ici seulement l'arbre optimal obtenu avec cette méthode.

### **b - L'arbre optimal et les formules de classification de la présence/absence d'eau**

A la racine de l'arbre, la bande MIR de SPOT (notée c4) seuil de réflectance strictement inférieur à 0.1436, permet de séparer (branche de droite) la majorité des sites en eau (136 sur 181) mais 5 sites secs font également partie de ce groupe. Dans la branche gauche (c4 supérieur ou égal à 0.1436), un deuxième niveau permet de séparer 33 sites en eau des 45 restants ayant une valeur de NDWIF2 supérieur ou égale à -0.5475. Les valeurs de NDWIF2 strictement inférieures à -0.5475 représentent 21 des 34 sites secs et 12 des sites indiqués comme étant en eau. Enfin au troisième niveau, les 11 sites en eau restants ayant une valeur strictement inférieure à -0.5092 de l'indice DWV permettent d'obtenir une feuille pure de la classe 2. Les sites (8 indiqués comme appartenant à la classe 2 et 22 indiqués comme faisant partie de la classe 1) ayant une valeur supérieure ou égale à ce seuil sont considérés comme secs (Figure 51).

Les formules permettant de classer la présence/absence d'eau sont donc :

<b>Présence d'eau (en eau) = <math>c4 &lt; 0.1436</math> ou (<math>c4 \geq 0.1436</math> et <math>NDWIF2 \geq -0.5475</math> et <math>DWV &lt; -0.5092</math>)</b>
--

<b>Absence d'eau (sec) = <math>c4 \geq 0.1436</math> et (<math>NDWIF2 &lt; -0.5475</math> ou (<math>NDWIF2 \geq -0.5475</math> et <math>DWV \geq -0.5092</math>))</b>
---

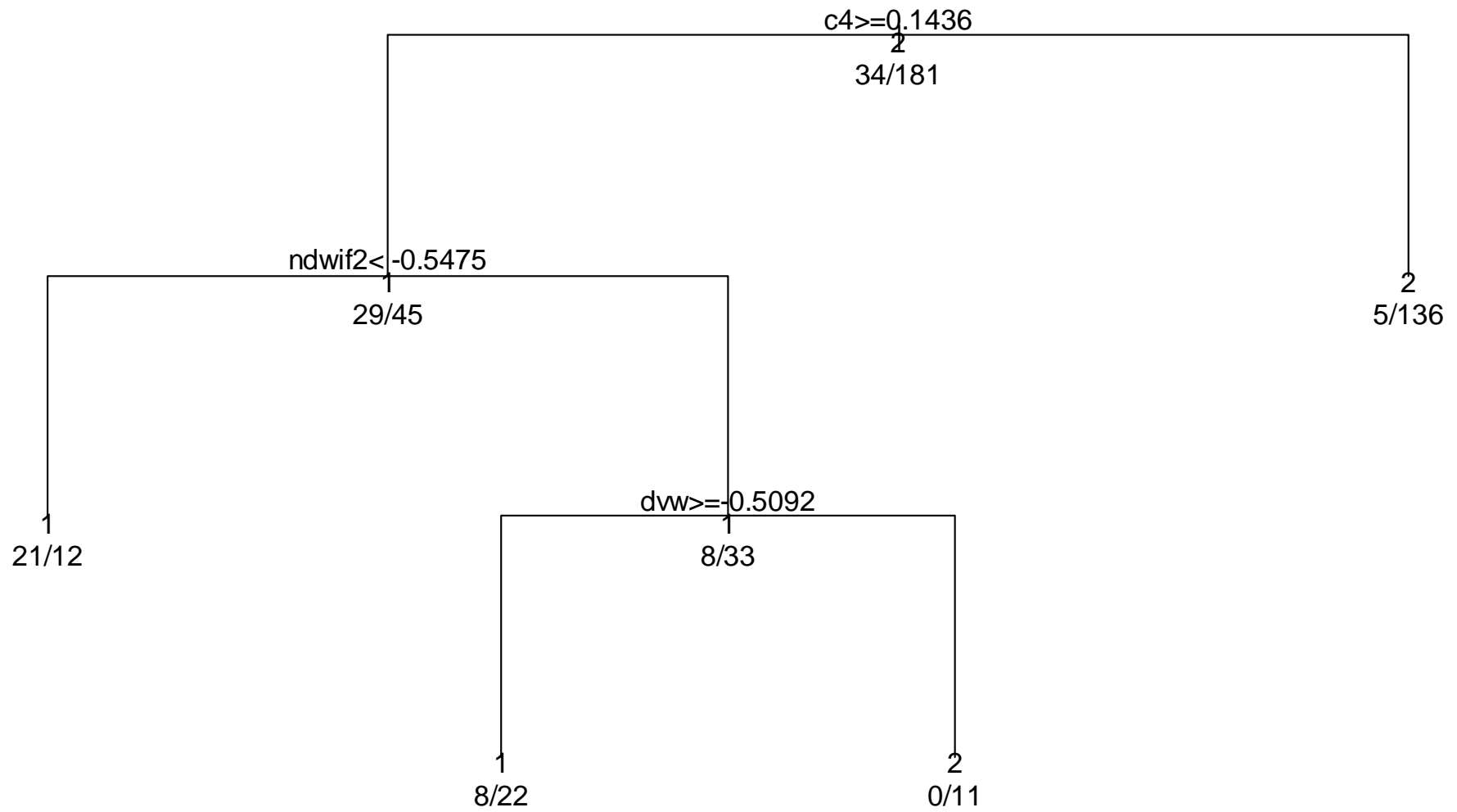


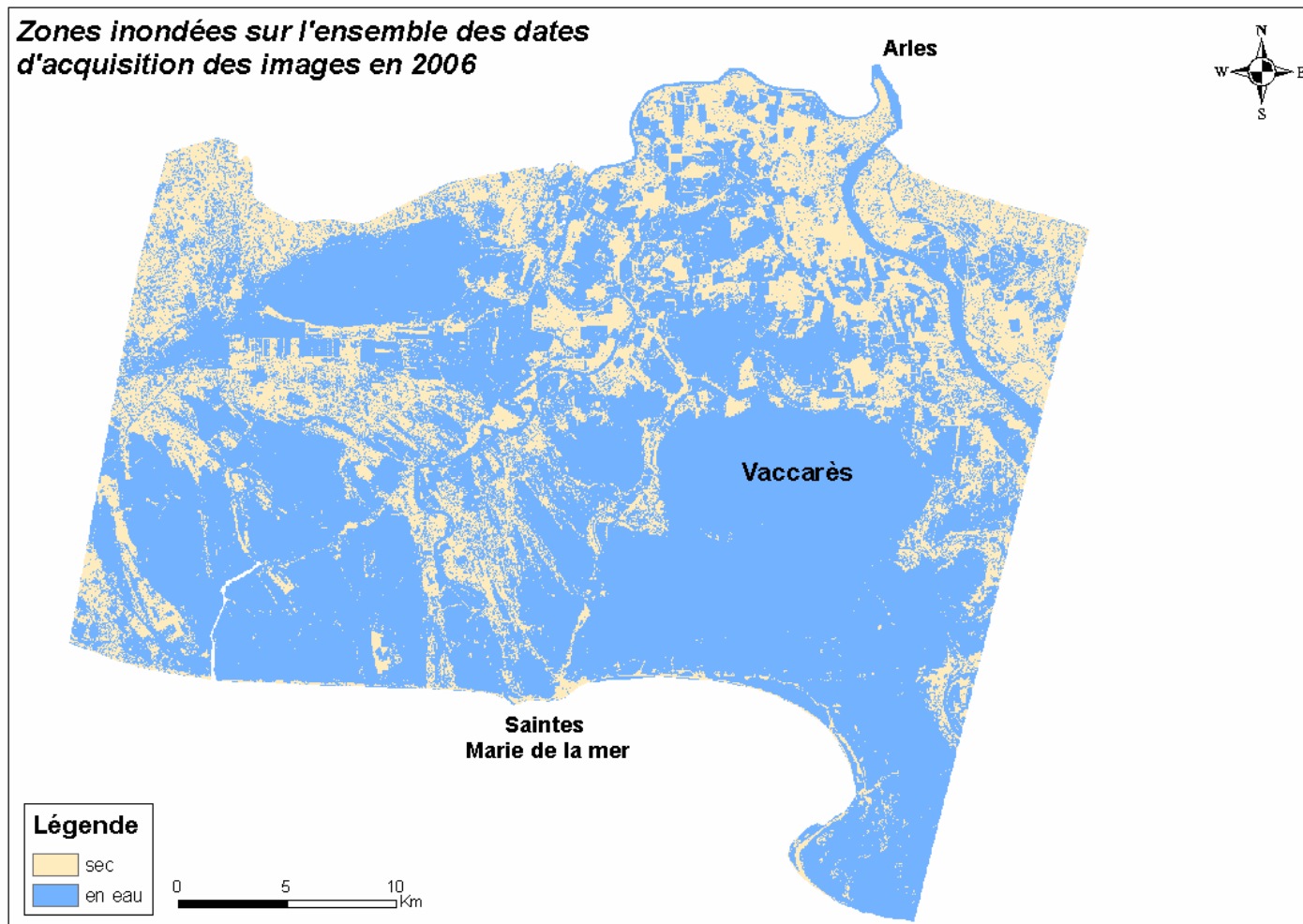
Figure 51 : Arbre optimal pour la classification de la présence d'eau

### c - Précision de la classification

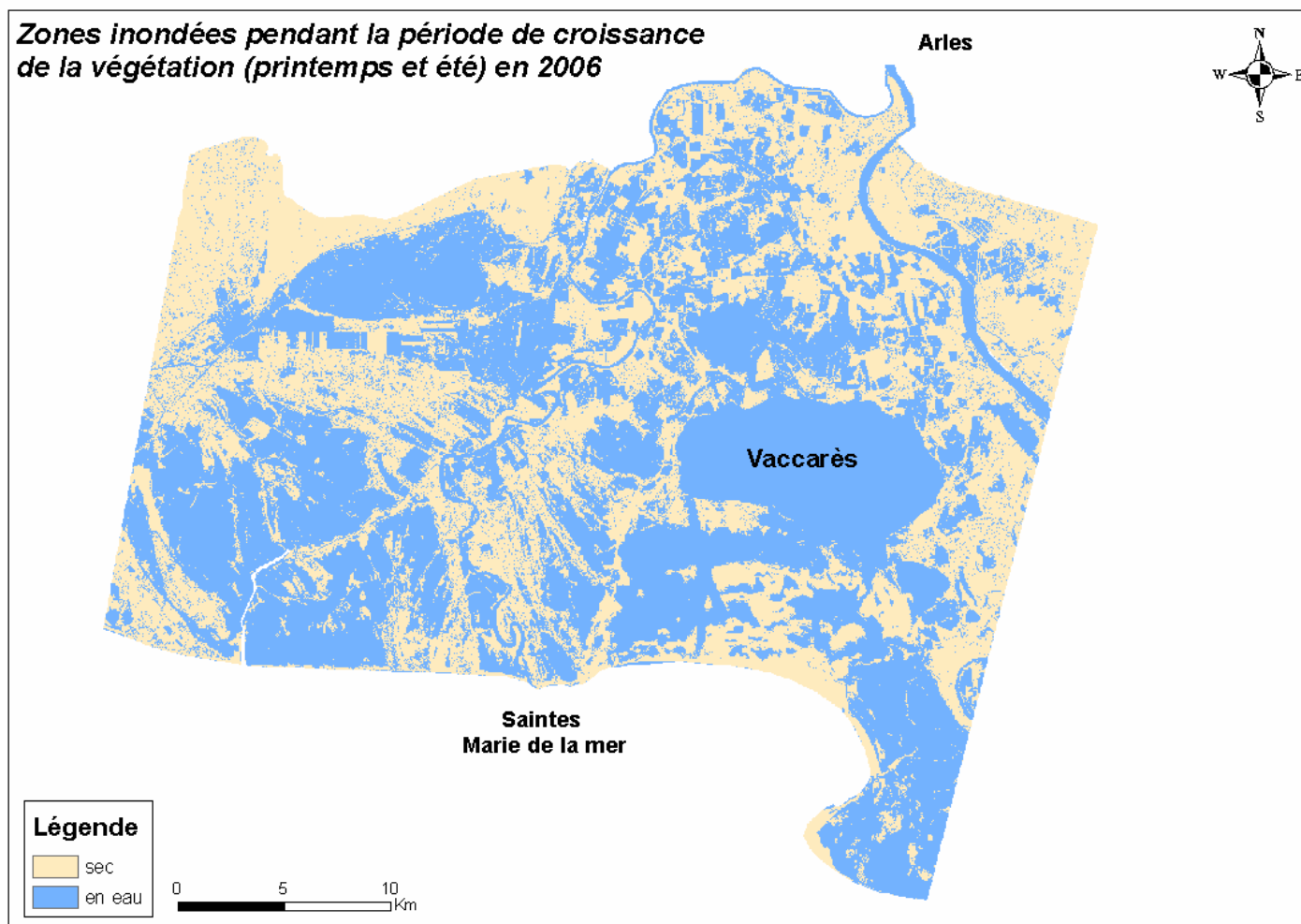
L'arbre optimal obtenu pour la classification de la présence d'eau permet de classer correctement 81,9 % du nombre de sites utilisés dans l'échantillon d'entraînement<sup>4</sup>.

La validation a été effectuée par estimation de la précision de la classification à partir de l'échantillonnage indépendant réalisé en 2006. La formule a été appliquée à chaque image acquise pour l'année 2006. Les cartes obtenues ont ensuite été combinées afin d'obtenir un résultat pour l'ensemble de l'année et pour deux périodes de développement de la végétation : la croissance et la sénescence. Les résultats pour deux types de marais sont également détaillés : ouverts à semi-ouverts ou fermés.

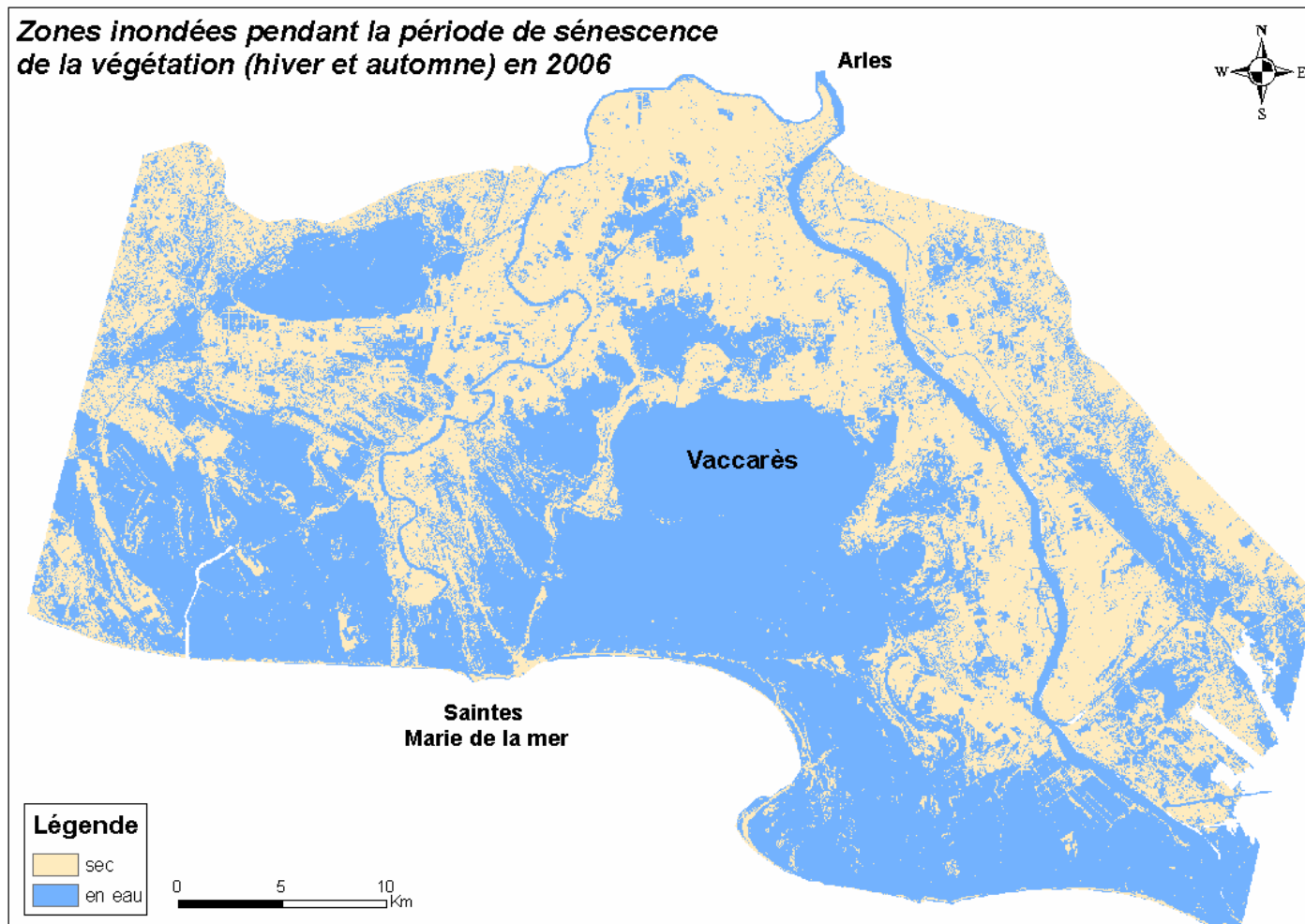
De façon générale, sur l'ensemble des mois et des types de marais, la classification en présence/absence de l'eau obtient une précision totale de **76 %** (Figure 52). Il apparaît que les pixels secs sont plus facilement classifiés (erreur de déficit de 16 % contre 32 % pour les sites en eau). Si l'on considère seulement les **marais ouverts à semi-ouverts** (ici représentés par les marais à herbiers et scirpaies), alors les pixels en eau sont mieux classifiés (erreur de déficit de 11% contre 18 % pour les sites secs) et la précision totale est de **86 %**. Pour les **marais fermés** (ici représentés par les phragmitaies et les cladiaies), la précision totale est de **70 %** et les pixels secs obtiennent un meilleur classement (erreur de déficit de 19 % contre 41 % pour les sites en eau). En période de **croissance de la végétation** (printemps et été) (Figure 53), il est plus facile de classer les pixels secs que les pixels en eau (erreur de déficit égale à 14 % contre 46 %). La précision totale est de **70 %**. En période de **sénescence de la végétation** (automne et hiver) (Figure 54), la classification des pixels en eau et secs est assez proche (respectivement 21% et 29 % d'erreur de déficit) avec une précision totale de **75 %**.



*Figure 52 : Zones inondées pour l'ensemble des dates d'acquisition de la deuxième année d'étude. Cartographie obtenue par application de la formule de présence/absence d'eau à chaque scène acquise au cours de cette année, puis combinaison par test logique (ou) de l'ensemble des cartes obtenues soit pour les mois de décembre 2005, mars, mai, juin, juillet, août et octobre 2006. L'acquisition partielle en juillet ne permet pas de montrer l'ensemble de la zone d'étude.*

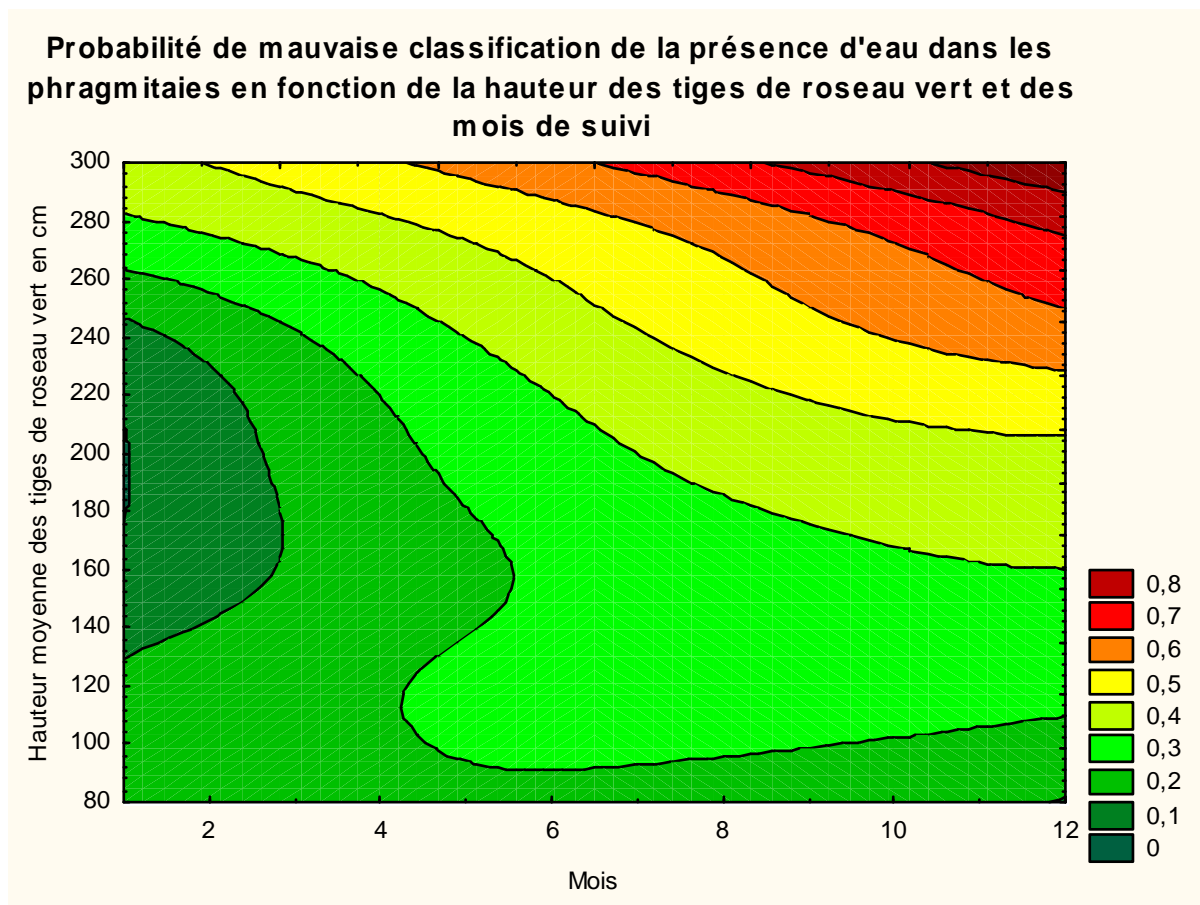


*Figure 53 : Zones inondées pour l'ensemble des dates d'acquisition de la période dite de croissance de la végétation. Cartographie obtenue par application de la formule de présence/absence d'eau à chaque scène acquise au cours de cette période, puis combinaison par test logique (ou) de l'ensemble des cartes obtenues soit pour les mois de mai, juin, juillet et août 2006. L'acquisition partielle en juillet ne permet pas de montrer l'ensemble de la zone d'étude.*



*Figure 54 : Zones inondées pour les dates d'acquisition des périodes de sénescence de la végétation. Cartographie obtenue par application de la formule de présence/absence d'eau à chaque scène acquise au cours de ces périodes, puis combinaison par test logique (ou) de l'ensemble des cartes obtenues soit pour les mois de décembre 2005, mars et octobre 2006*

Nous avons réalisé des régressions multiples à l'aide des modèles linéaires généralisés selon la méthode pas à pas ascendante de sélection des variables afin de comprendre quelles mesures relevées sur le terrain pouvaient expliquer les mauvaises classifications des pixels en eau ou secs. Pour les marais ouverts à herbiers aquatiques, cela concerne principalement les pixels secs et peut être expliqué par le niveau d'eau. En effet, lorsque ce niveau est très bas (1 ou 2 cm) le site est susceptible d'être mal classé. Pour les marais à phragmitaies, la hauteur du phragmite et la date sont les seuls facteurs explicatifs. La classification sera la plus efficace dans les premiers mois de l'année et pour une roselière composée de phragmites ayant une hauteur moyenne de 188 cm (Figure 55).



*Figure 55 : Paramètres pouvant influencer la classification de la présence d'eau dans les phragmitaies*

## **C - Suivi de la qualité et de l'intérêt avifaunistique des roselières de Camargue**

Le modèle linéaire généralisé sous forme de régression multiple a été appliqué aux variables présélectionnées avec une sélection pas à pas ascendante. Nous avons, dans un premier temps, cherché à mettre en évidence le meilleur modèle en tenant compte d'une puis de deux dates d'acquisition des images. Dans un deuxième temps nous avons cherché le meilleur modèle possible sans restriction sur le nombre de dates. Nous avons dans un troisième temps testé l'intérêt des indices multispectraux.

### **1 - Validation**

La stabilité des modèles mono et bi-date a été testée à partir des données issues des relevés effectués lors de l'échantillonnage en 2005 et des données obtenues des images des deux années de suivis pour ces mêmes sites de phragmitaies.

Les formules obtenues pour les meilleurs modèles sans restriction du nombre de date à l'aide des modèles linéaires généralisés sur les données issues des images et des relevés terrain de 2005, ont été appliquées sur les images acquises en 2006. Nous avons ensuite extrait avec le module « spatial analyst » d'ARCGIS, les valeurs obtenues pour les sites d'échantillonnage relevés sur le terrain en 2006, une numérisation de ces sites ayant été réalisée au préalable à partir des points GPS notés lors de l'échantillonnage. Nous avons ensuite testé la corrélation ( $r$  de Pearson) entre les relevés terrain et les valeurs extraites de l'image.

Afin de tester l'intérêt des indices multispectraux, nous avons comparé les corrélations entre les valeurs observées lors de l'échantillonnage en 2005 et les données issues des images de la même année, et avons fait de même pour les relevés et images de l'année 2006.

### **2 - Présélection des variables prédictives**

Très peu d'indices ou canaux présentent des valeurs instables entre les années 2005 et 2006 (Tableau 13). Une vingtaine seulement sur 90 est définitivement non retenue pour la modélisation de la qualité et de l'intérêt avifaunistique des roselières. Le DVI (Richardson et



Everitt, 1992) représente la variable la plus stable et le mois de mars représente le mois le plus stable sur l'ensemble des 6 dates acquises, suivi par le mois de juillet. Le mois de mai est le plus instable suivi des mois de décembre et juin. Les indices de végétation alliant les canaux du rouge et proche infrarouge sont de façon générale les plus instables bien que la bande B3 soit le canal le plus stable sur l'ensemble des dates testées. On remarque également que les indices multispectraux sont plus instables que les canaux seuls si l'on considère l'ensemble des dates, mais la bande B1 (canal du vert) n'est pas retenue selon les critères de présélection.

*Tableau 13 : Stabilité interannuelle des variables prédictives en fonction des mois d'acquisition des images où « / » indique l'absence de corrélation entre les valeurs obtenues en 2005 et 2006 ( $r > 0.325$ ;  $dl = 38$ ;  $p > 0.05$ ) ; « \ » indique des valeurs moyennes significativement différentes entre 2005 et 2006 ( $t > 2.75$ ,  $dl=38$ ,  $p < 0.01$ ) et « X » indique les deux.*

Mois d'acquisition des images	Canaux et indices multispectraux															
	B1	B2	B3	MIR	SR	VI	DVI	MSI	NDVI	NDWI	NDWIF1	NDWIF2	DWV	SAVI	OSAVI	
12	\	\	\	\	X	X		X	X	X	X	X	\		\	
3	\				\	\		\	\	\	\				\	
5	/	/	X	X	X	X	\	X	X	X	X	X	X	X	X	
6	X	X			X	X			X		\	X	X	\	\	
7	X	X		X	/	\		/		/	\	\	\			
9/10	\	\	\		X	X	\	X	X	X	\	/	X	\	\	

Les tests de corrélation (r de Pearson) entre les mesures recueillies lors de l'échantillonnage sur le terrain et les variables sélectionnées montrent que celles-ci sont associées à différents facteurs de qualité des roselières (Tableaux 14). On note que 10 de ces variables sélectionnées sont fortement corrélées à la hauteur des tiges vertes. Bien qu'un très grand nombre de variables sélectionnées soient corrélées significativement avec les facteurs de qualité des roselières en 2005 ( $r > 0.325$ ;  $dl=38$ ;  $p < 0.05$ ), très peu d'entre elles le sont aussi lorsqu'on utilise les images de 2006 (en jaune).

Uniquement 10 et 4 des variables sélectionnées sont corrélées respectivement à la hauteur des tiges vertes et au rapport sec/vert au cours des deux années. Pour le pourcentage de trouées, le nombre de tiges vertes, le nombre de tiges sèches et le nombre de panicules bien qu'en 2005 plusieurs variables sélectionnées soient corrélées significativement, aucune de celles-ci ne l'est également en 2006.

Tableau 14 : Coefficient de corrélation de Pearson entre les variables dépendantes issues des mesures effectuées dans les roselières en 2005 et les variables issues des données des images acquises en 2005 pour toutes les variables descriptives présélectionnées. Les cases en jaune correspondent aux valeurs significatives ( $r > 0.325$ ;  $dl=38$ ;  $p < .05$ ) lorsqu'on utilise les images de 2006

		Variables dépendantes caractéristiques des roselières					
		Hauteur des tiges vertes	Pourcentage de trouées	Nombre de tiges vertes	Rapport sec/vert	Nombre de tiges sèches	Nombre de panicules
Variables descriptives présélectionnées	c203	0,21	0,35	0,38	-0,53	-0,62	-0,41
	c303	0,19	0,4	0,32	-0,45	-0,56	-0,37
	c403	0,14	0,49	0,27	-0,37	-0,49	-0,33
	c306	0,61	0,49	0,05	-0,26	-0,39	-0,07
	c406	0,27	0,22	-0,33	0,33	0,23	0,29
	c307	0,55	0,47	0,16	-0,31	-0,41	-0,15
	c409	0,66	0,39	-0,09	-0,03	-0,2	0,14
	dvi12	0,47	-0,26	-0,18	-0,02	-0,21	0,13
	dvi03	0,14	-0,41	0,21	-0,33	-0,45	-0,28
	dvi06	0,6	-0,34	0,09	-0,29	-0,42	-0,11
	msi06	-0,47	0,24	-0,31	0,56	0,62	0,28
	ndwi06	0,47	-0,22	0,32	-0,55	-0,62	-0,29
	ndwif203	-0,07	0,59	0,17	-0,29	-0,17	-0,14
	dwv03	-0,05	0,61	0,15	-0,26	-0,19	-0,12
	savi12	0,47	-0,24	-0,23	0,05	-0,15	0,18
	savi03	0,12	-0,43	0,15	-0,23	-0,34	-0,21
	dvi07	0,55	0,44	0,18	-0,32	-0,43	-0,14
	ndvi07	0,47	0,29	0,2	-0,3	-0,43	-0,04
	savi07	0,55	0,43	0,19	-0,31	-0,44	-0,11
	osavi07	0,53	0,4	0,2	-0,31	-0,44	-0,08

### 3 - Modélisation des paramètres de qualité et d'intérêt avifaunistique des phragmitaies

#### a - Les modèles en mono ou bi-date

Les coefficients de corrélation obtenus entre les valeurs observées et les valeurs prédites par les modèles combinant une ou deux dates d'acquisition d'image sont détaillés pour chaque critère de qualification des phragmitaies (Tableaux 15 à 20). Les valeurs grisées montrent les modèles instables lorsque l'on compare les résultats prédits à l'aide des images de l'année 2006. Les valeurs en rouge correspondent au meilleur modèle stable. Les mois sont codés de 1 à 12 selon leur rang dans l'année (12 étant décembre). Tous les facteurs de qualité, à l'exception du rapport sec/vert, peuvent être prédits à l'aide d'un modèle significatif et stable. La combinaison mars et juin permet de fournir des modèles très performants pour la hauteur

des tiges vertes, le nombre de panicules, de tiges sèches et de tiges vertes. Pour la proportion de trouées, c'est la combinaison décembre et juin qui est la plus performante.

Tableau 15 : Modélisation de la hauteur des tiges vertes à partir d'une ou de deux dates d'acquisition d'image ( $r > 0.325$ ,  $dl=38$ ,  $p < 0,05$ ).

2005	12	3	5	6	7	9
12	0,471081	0,576892	0,471081	0,73565	0,554868	0,663205
3		0	0	0,7164	0,634033	0,726836
5			0	0,608752	0,554868	0,663205
6				0,608752	0,608752	0,663205
7					0,554868	0,663205
9						0,663205

Tableau 16 : Modélisation du rapport du nombre de tiges sèches sur le nombre de tiges vertes à partir d'une ou de deux dates d'acquisition d'image ( $r > 0.325$ ,  $dl=38$ ,  $p < 0,05$ ).

2005	12	3	5	6	7	9
12	0	0,791573	0	0,555517	0,425772	0
3		0,737596	0,737596	0,745314	0,792916	0,772566
5			0	0,555517	0,340917	0
6				0,555517	0,555517	0,617152
7					0,319821	0,59975
9						0

Tableau 17 : Modélisation du nombre de tiges sèches entières (avec panicules) à partir d'une ou de deux dates d'acquisition d'image ( $r > 0.325$ ,  $dl=38$ ,  $p < 0,05$ ).

2005	12	3	5	6	7	9
12	0	0,636522	0	0,408967	0	0
3		0,408419	0,408419	0,584909	0,670121	0,615693
5			0	0	0	0
6				0	0	0
7					0	0
9						0

Tableau 18 : Modélisation du nombre de tiges sèches totales (entières et cassées) à partir d'une ou de deux dates d'acquisition d'image ( $r > 0.325$ ,  $dl=38$ ,  $p < 0,05$ )

2005	12	3	5	6	7	9
12	0	0,763389	0	0,620196	0,521379	0
3		0,763389	0,763389	0,744798	0,766046	0,763389
5			0	0,620196	0,453271	0
6				0,620196	0,620196	0,620196
7					0,43662	0,555988
9						0

Tableau 19 : Modélisation du nombre de tiges vertes à partir d'une ou de deux dates d'acquisition d'image ( $r > 0.325$ ,  $dl=38$ ,  $p < 0,05$ )

2005	12	3	5	6	7	9
12	0	0,592279	0	0,516502	0,584658	0
3		0,380585	0,380585	0,590203	0,561562	0,532844
5			0	0,328205	0,347837	0
6				0,328205	0,449868	0,328205
7					0	0
9						0

Tableau 20 : Modélisation du pourcentage de trouées<sup>14</sup> à partir d'une ou de deux dates d'acquisition d'image ( $r > 0.325$ ,  $dl=38$ ,  $p < 0,05$ )

2005	12	3	5	6	7	9
12	0,3336	0,5601	0,3336	0,7066	0,4664	0,3931
3		0,5601	0,5601	0,7745	0,6757	0,5601
5			0	0,5224	0,4664	0,3931
6				0,5224	0,5224	0,5224
7					0,4664	0,4664
9						0,4664

## b - Les meilleurs modèles multispectraux

Les paramètres de qualité des phragmitaies les mieux modélisés sont la hauteur des tiges vertes, suivi du nombre de tiges sèches totales (Tableau 21 et figures 56 à 61). Pour tous les facteurs de qualité des roselières, près de 50% ou plus de la variance peut être expliquée par les modèles. Tous les modèles lorsque appliqués sur les images de l'année 2006 montrent une corrélation significative avec les données terrain et les valeurs moyennes ne montrent pas de différence significative avec 2005.

Tableau 21 : Corrélation (r de Pearson , r<sup>2</sup> et p) entre les valeur de terrain observées en 2005 et les valeurs prédites à l'aide des meilleurs modèles multispectraux de 2005 pour chaque paramètre caractéristique de la qualité des phragmitaies

	<b>r</b>	<b>r<sup>2</sup></b>	<b>p</b>
<b>Hauteur des tiges vertes</b>	<b>0,8153</b>	<b>0,6648</b>	0
<b>Nombre de tiges sèches</b>	<b>0,7805</b>	<b>0,6093</b>	0
<b>Nombre de panicules</b>	0,6861	0,4707	0,00005
<b>Nombre de tiges vertes</b>	0,7774	0,6044	0
<b>Rapport sec/vert</b>	0,7544	0,5692	0,000001
<b>Pourcentage de trouées</b>	0,7724	0,5967	0

Le meilleur modèle pour la hauteur des tiges vertes est :

$$\text{Hauteur des tiges vertes} = 9,9691 + 177,1602 * \text{"ndwi0605"} + 609,4468 * \text{"c409"} + 407,7224 * \text{"savi12-3"} - 233,0019 * \text{"c4-03-07"}$$

Le meilleur modèle pour le nombre de panicules est :

$$\text{Nombre de panicules} = - 18.8645 + 203.0227 * \text{"c406"} + 1264.1148 * \text{"savi12-3"} - 859.947 * \text{"osavi12-3"}$$

Le meilleur modèle pour le pourcentage de trouées est :

$$\text{Pourcentage de trouées} = 86.29 + 78.1564 * \text{"dwv0305"} + 108.6766 * \text{"ndwi12-6"}$$

Le meilleur modèle pour le nombre de tiges sèches est :

$$\text{Nombre de tiges sèches} = - 98.4742 + 3958.4104 * \text{"c406"} + 1305.0631 * \text{"c3-12-06"} - 6265.8947 * \text{"c1-03-07"}$$

Le meilleur modèle pour le nombre de tiges vertes est :

$$\text{Nombre de tiges vertes} = 81.5373 - 2065.9010 * \text{"savi12-3"} + 493.5798 * \text{"c3-12-06"} + 596.2228 * \text{"ndwif103-7"}$$

Le meilleur modèle pour le rapport des tiges sèches sur les tiges vertes est :

$$\text{Rapport sec/vert} = - 3.6848 + 48.5141 * "c406" + 93.3067 * "c1-12-07" - 103,0781 * "c1-03-07"$$

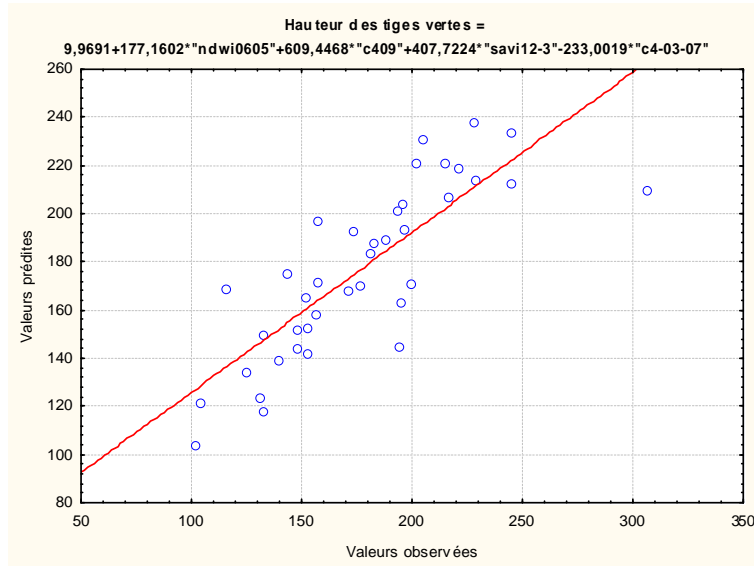


Figure 56 : Corrélation entre les valeurs observées de la hauteur des tiges vertes lors de l'échantillonnage réalisé en 2005 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2005.

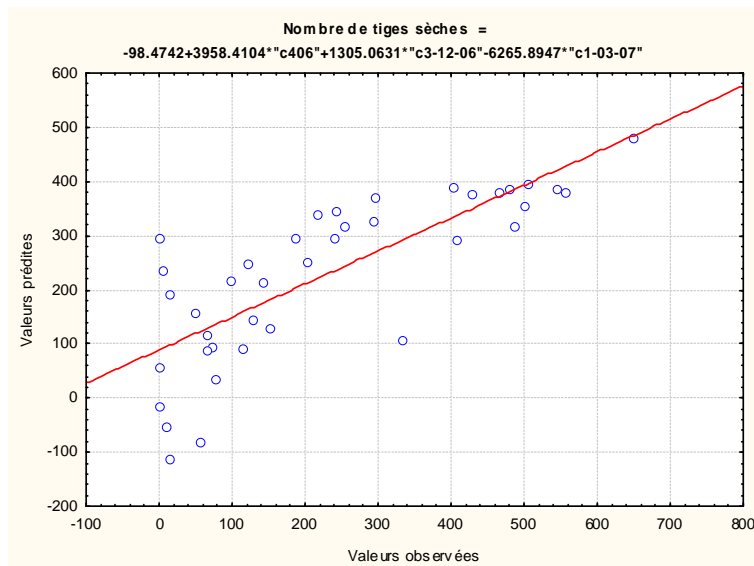
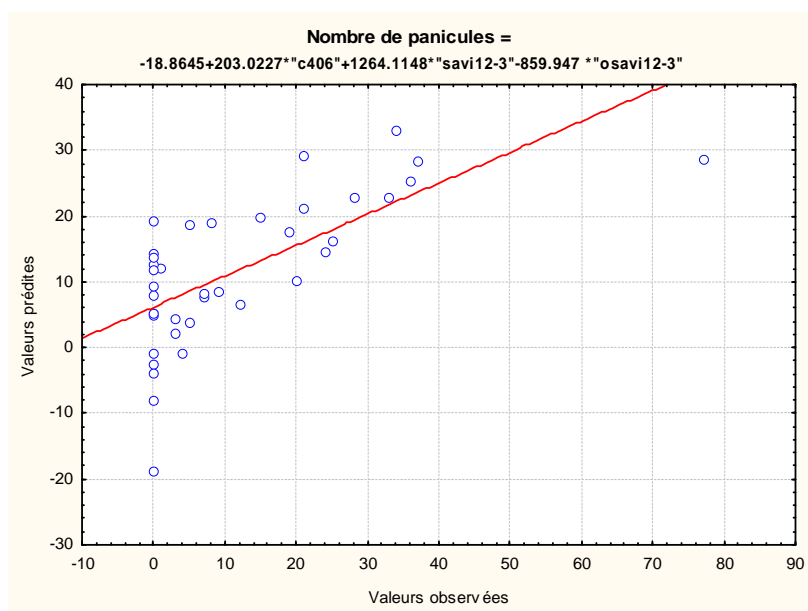
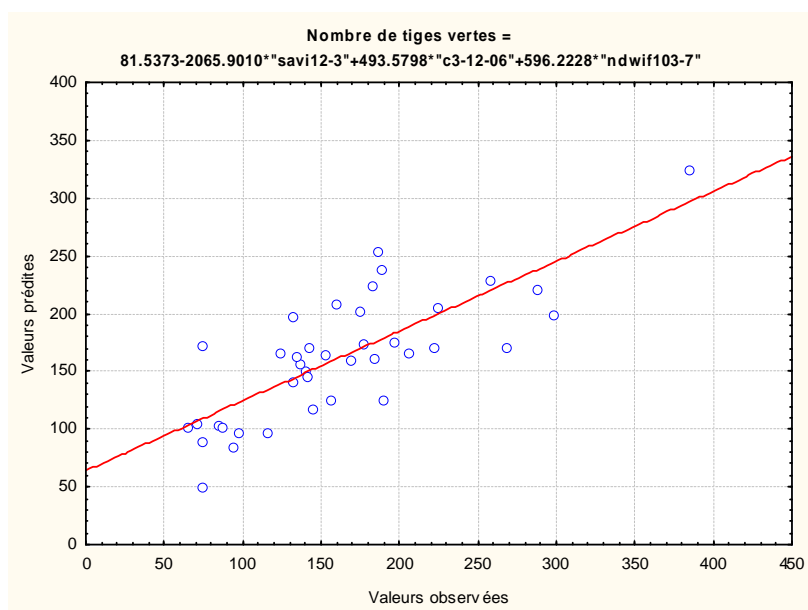


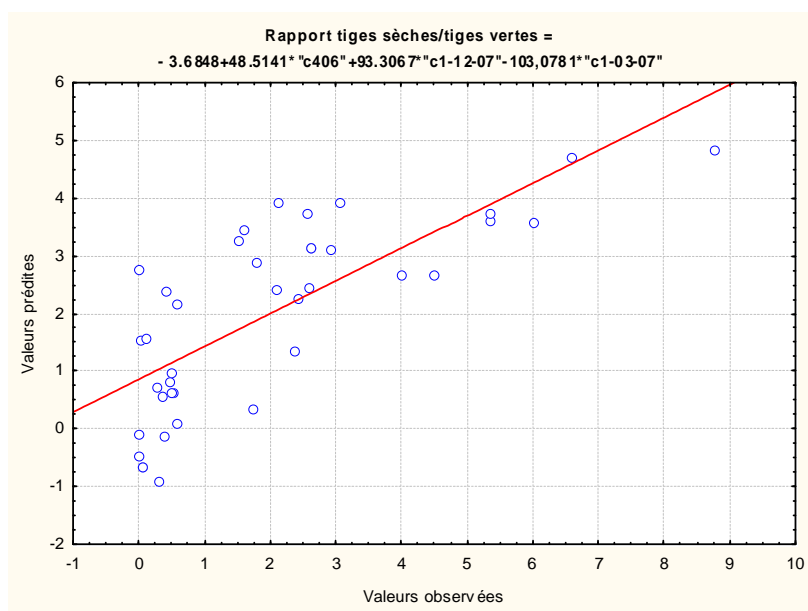
Figure 57 : Corrélation entre les valeurs observées du nombre de tiges sèches lors de l'échantillonnage réalisé en 2005 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2005



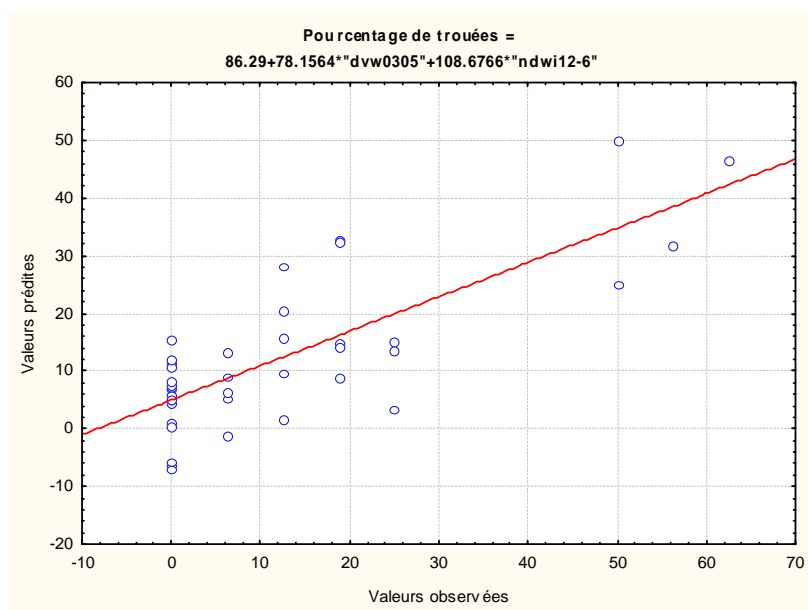
*Figure 58 : Corrélation entre les valeurs observées du nombre de panicules lors de l'échantillonnage réalisé en 2005 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2005*



*Figure 59 : Corrélation entre les valeurs observées du nombre de tiges vertes lors de l'échantillonnage réalisé en 2005 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2005*



*Figure 60 : Corrélation entre les valeurs observées du rapport du nombre de tiges sèches sur le nombre de tiges vertes lors de l'échantillonnage réalisé en 2005 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2005*



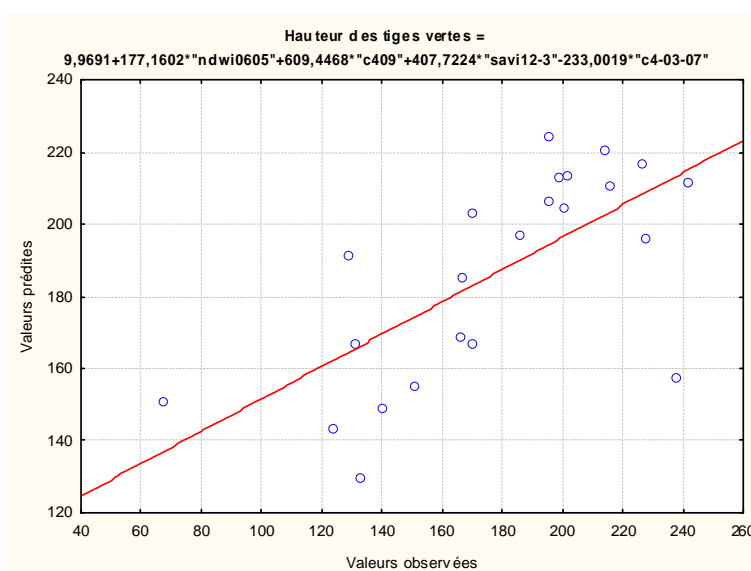
*Figure 61 : Corrélation entre les valeurs observées du pourcentage de trouées<sup>14</sup> lors de l'échantillonnage réalisé en 2005 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2005*



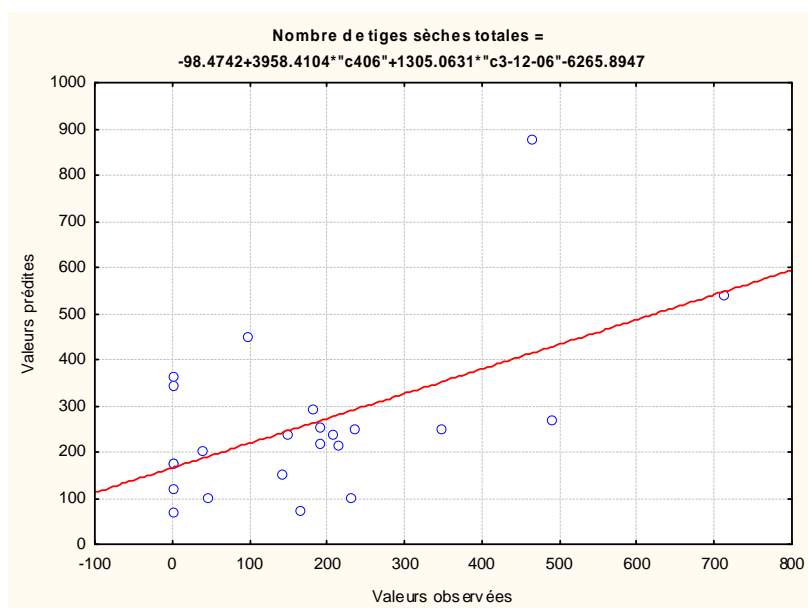
La validation sur les données issues de l'échantillonnage terrain et des images de l'année 2006 après application de la formule, montre que les modèles obtenus pour la hauteur des tiges vertes, le nombre de tiges sèches et le rapport du nombre de tiges sèches sur le nombre de tiges vertes restent stables et offrent une bonne prédiction (Tableau 22, Figures 62, 63, 66). Pour ces modèles, les sites les moins bien prédits sont en général des phragmitaies situées en zone de coupe du roseau. Ceux employés pour le nombre de tiges sèches entières et le pourcentage de trouées<sup>14</sup> sont moins performants mais permettent d'expliquer une proportion significative de la variance (Figures 64 et 67). Le modèle pour le nombre de tiges vertes est, quant à lui, très instable et ne permet pas de prédire les valeurs observées lors de l'échantillonnage en 2006 (Figure 65).

*Tableau 22 : Corrélation (r de Pearson, r<sup>2</sup> et p) entre les valeurs de terrain observées en 2006 et les valeurs prédites à l'aide des meilleurs modèles multispectraux créés à l'aide des données 2005 et appliqués sur les images 2006 pour chaque paramètre caractéristique de la qualité des phragmitaies*

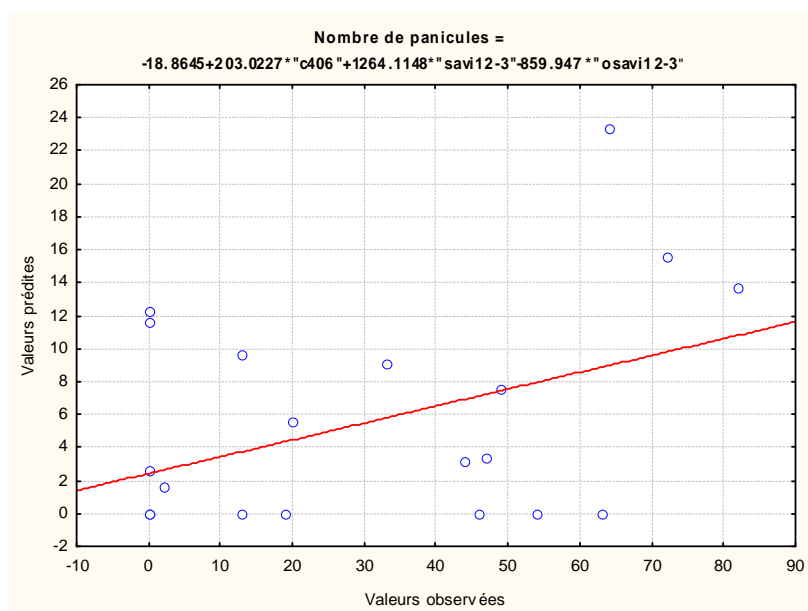
	<b>r</b>	<b>r<sup>2</sup></b>	<b>p</b>
<b>Hauteur des tiges vertes</b>	0,6807	0,4636	0,000350
<b>Nombre de tiges sèches</b>	0,5514	0,3040	0,006385
<b>Nombre de panicules</b>	0,4339	0,1883	0,038541
<b>Nombre de tiges vertes</b>	0,0973	0,0094	0,658467
<b>Rapport sec/vert</b>	0,6591	0,4345	0,000624
<b>Pourcentage de trouées</b>	0,4140	0,1714	0,049539



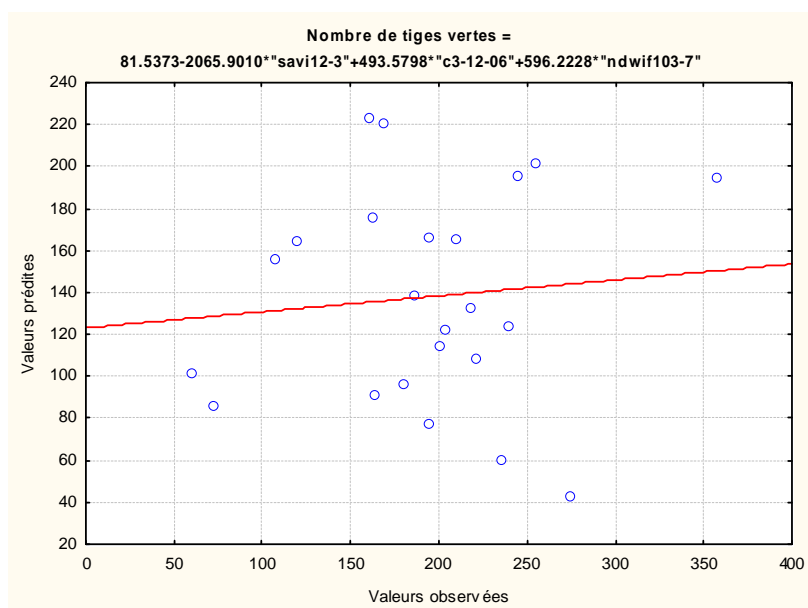
*Figure 62 : Corrélation entre les valeurs observées de la hauteur des tiges vertes lors de l'échantillonnage réalisé en 2006 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2006*



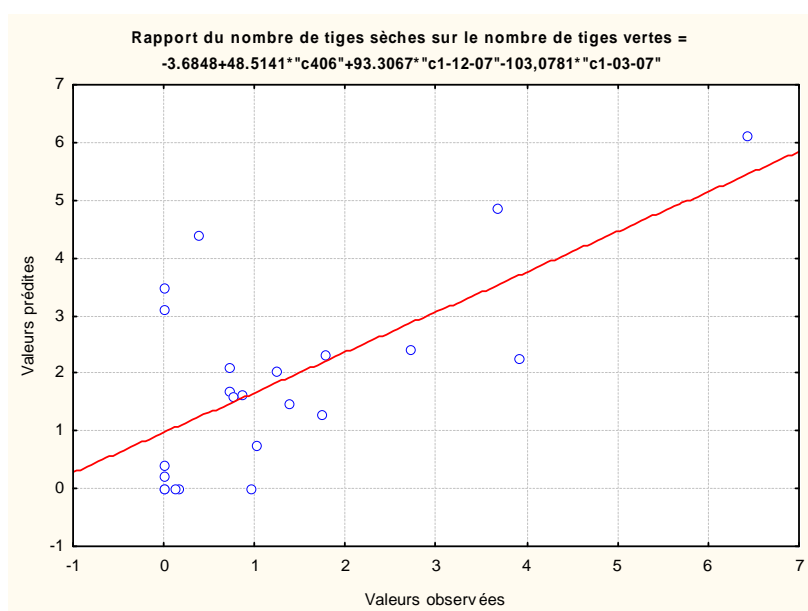
*Figure 63 : Corrélation entre les valeurs observées du nombre de tiges sèches lors de l'échantillonnage réalisé en 2006 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2006*



*Figure 64 : Corrélation entre les valeurs observées du nombre de panicules lors de l'échantillonnage réalisé en 2006 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2006*



*Figure 65 : Corrélation entre les valeurs observées du nombre de tiges vertes lors de l'échantillonnage réalisé en 2006 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2006*



*Figure 66 : Corrélation entre les valeurs observées du rapport du nombre de tiges sèches sur le nombre de tiges vertes lors de l'échantillonnage réalisé en 2006 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2006*

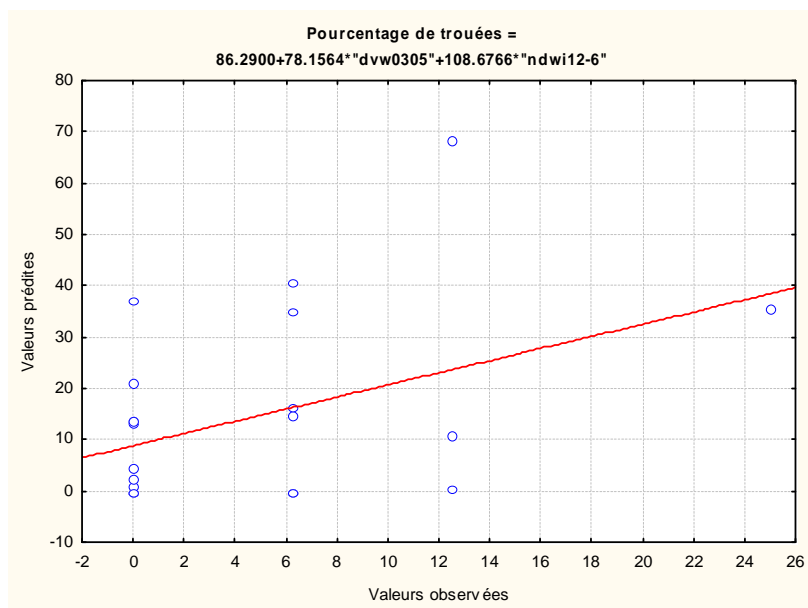


Figure 67 : Corrélation entre les valeurs observées du pourcentage de trouées<sup>14</sup> lors de l'échantillonnage réalisé en 2006 et les valeurs prédites par le meilleur modèle multispectral obtenu à partir des données issues des images acquises en 2006

#### 4 - Intérêt du mode multispectral pour le suivi de la qualité et de l'intérêt avifaunistique des phragmitaies

Aucun indice multispectral ou bande spectrale utilisés seuls ne produit de corrélation significative avec les données échantillonnées en 2005 et en 2006 pour le nombre de tiges vertes, le nombre de tiges sèches totales, le nombre de panicules et le pourcentage de trouées<sup>14</sup>. Pour la hauteur des tiges vertes, un seul indice ou bande spectrale peut expliquer au mieux 44 % de la variance (en 2005) contre 66 % avec le meilleur modèle obtenu soit un gain de 53%. Pour le rapport du nombre de tiges sèches sur le nombre de tiges vertes, un seul indice ou canal peut expliquer dans le meilleur des cas 31% de la variance (également en 2005) contre 57% avec le meilleur modèle obtenu, soit un gain de variance expliquée égal à 84 %.

Un modèle à deux dates s'avère insuffisant pour prédire le rapport du nombre de tiges sèches sur le nombre de tiges vertes, mais permet de modéliser, avec un pourcentage de variance très proche du meilleur modèle, le nombre de tiges sèches. Les autres paramètres obtiennent des gains variant de 3 % (pour la hauteur des tiges vertes) à 71 % (pour le nombre de tiges vertes) avec l'utilisation du meilleur modèle (Tableau 23 ).

*Tableau 23 : Comparaison des pourcentages de variance expliquée par le meilleur indice ou bande, par le meilleur modèle utilisant uniquement deux images et par le meilleur modèle multiband pour chaque paramètre caractérisant la qualité des phragmitaies.*

<b>Paramètres caractéristiques des phragmitaies</b>	<b>Indice multispectral ou bande spectrale seul(e)</b>	<b>Meilleur modèle en utilisant uniquement 2 images</b>	<b>Meilleur modèle multispectral</b>
<b>Hauteur des tiges vertes</b>	44	54	66
<b>Nombre de tiges sèches</b>	-	59	61
<b>Nombre de panicules</b>	-	38	47
<b>Nombre de tiges vertes</b>	-	35	60
<b>Rapport sec/vert</b>	-	-	56
<b>Pourcentage de trouées</b>	31	50	60

## **IV - Discussion**

### **A - La discrimination spectrale des communautés végétales dominantes de Camargue**

Les phragmitaies, herbiers et scirpaies sont des habitats typiques de marais maritimes européens. Caillaud et al (1991) expliquent qu'il est indispensable de tenir compte à la fois des modifications saisonnières du milieu mais également de l'influence de la gestion locale particulière pour envisager un suivi par télédétection<sup>13</sup> de ce type de marais. La discrimination spectrale de ces milieux en Camargue, n'est ainsi pas seulement dépendante de la phénologie<sup>3</sup> de la végétation, mais est également influencée par la gestion anthropique des niveaux d'eau en plus des effets de la pluviométrie, et des conséquences des activités économiques (chasse, exploitation de la sagne) qui y sont développées. Afin de comprendre l'évolution de la réponse spectrale de ces communautés végétales au cours de l'année et de son intérêt pour leur classification, il est donc important de prendre en compte les phénomènes induits par la combinaison de la phénologie<sup>3</sup>, la pluviométrie, la gestion de l'eau et la date d'acquisition des images satellitales (Annexe 3). Il faut également se baser sur les courbes typiques de réflectance de l'eau, de la végétation et du sol car la valeur radiométrique d'un pixel est liée à la réponse de ces trois composantes de l'occupation du sol (Annexe 1).