

GIS Bretel

Saint Malo, Mai 2012

Flood Risk in Coastal Zones. Monitoring and Management

Risque d'inondation dans le Delta du Danube

Simona Niculescu et al.

**Présentation faite par Grégoire Mercier, Télécom
Bretagne**

Contexte

Projets de recherche

Programme ALOS / ADEN de l'European Space Agency (ESA) / **2007 - 2011**

Programme EGIDE d'Action Intégré (PAI) / **2007 - 2008**

Programme EGIDE / ECO-NET / **2007 – 2008**

Programme de Coopération Scientifique de l'Ambassade de France en Roumanie / **2009 - 2010**

Thématique(s) / Problématique(s) développée(s)

Les Deltas

- milieux de formation récente et toujours dynamiques qui font partie du domaine littoral et du domaine des zones humides influencées par l'absence ou la faiblesse de la marée

La question de la vulnérabilité aux risques naturels et environnementaux + la question sociale / l'intervention humaine

Milieu deltaïque tempéré :

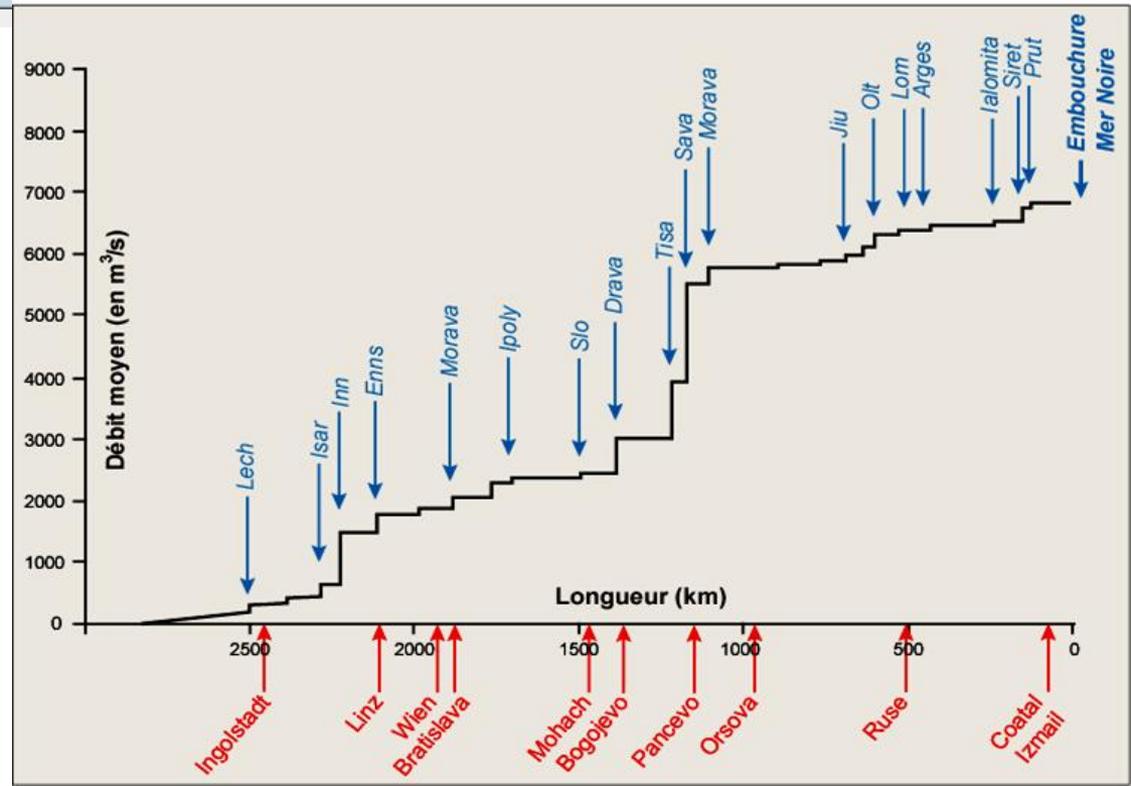
- delta du Danube en Roumanie

Outline

- (1) Le Danube et son Delta
- (2) L'imagerie radar (ENVISAT/ASAR) et les **Inondations** de 2006
- (3) L'Approche hyperspectrale (PROBA/CHRIS) de l'occupation du sol spécifique à l'**Inondable**
- (4) Synergie de données optiques et radar (ALOS) de l'occupation du sol spécifique à l'**Inondable**
- (5) Conclusion et Perspectives

Le bassin versant du Danube

(1) Le Danube et son Delta



Le Danube parcourt **2 857km**
Son débit moyen = **6 500 m³/s**
C'est le **deuxième** fleuve de l'Europe après la Volga

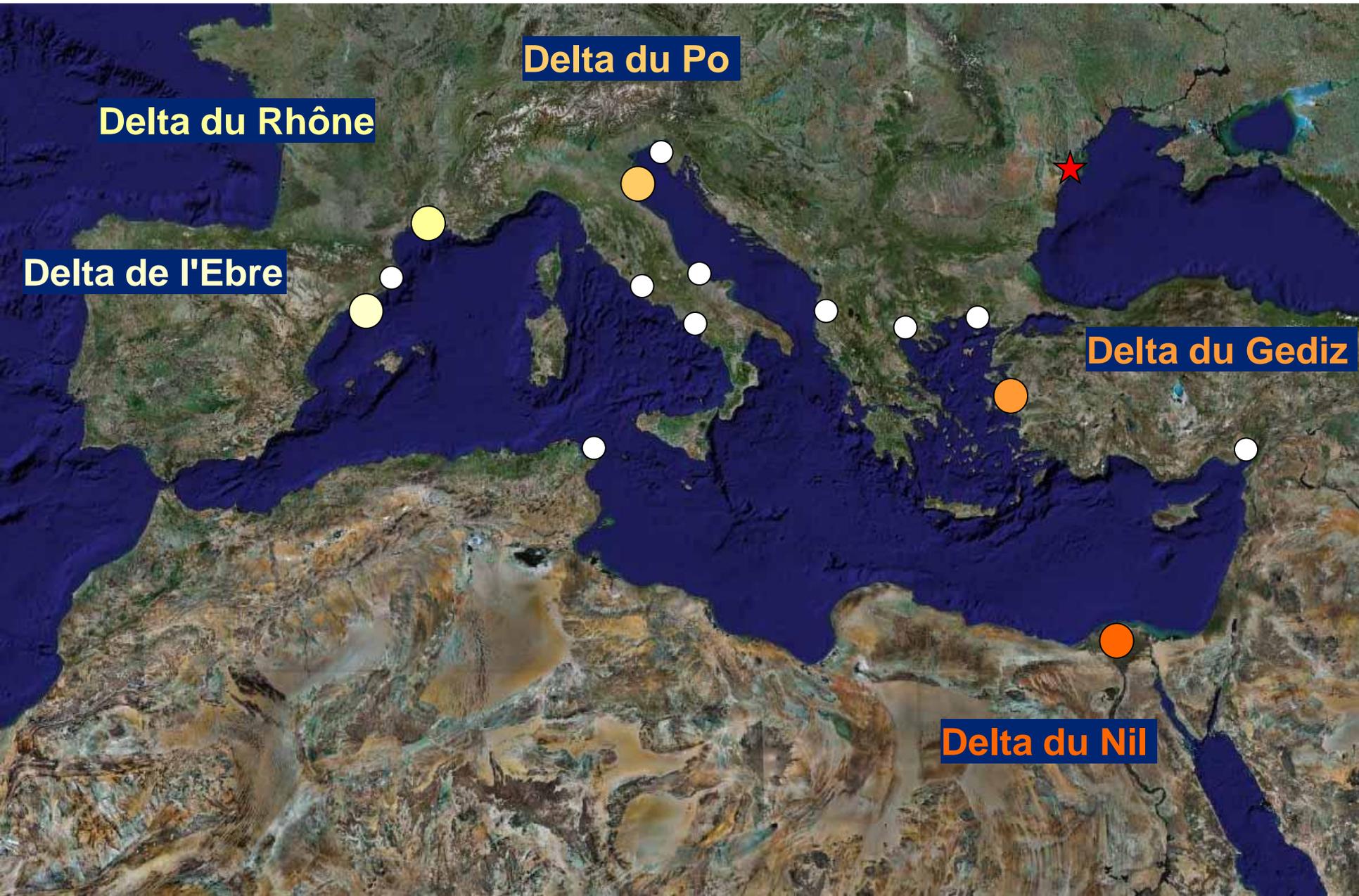
Le Danube et son Delta

The Danube Delta has a surface 4455 km² of 3 510 km² (79 % sur le territoire de la Roumanie) without the Razim Sinoe lagoon complex.

Among the three main branches, Chilia in the north, Sulina in the central part and St. George in the south, the delta is made of a multitude of channels, canals, floating islands and lakes (8.9% of the delta).

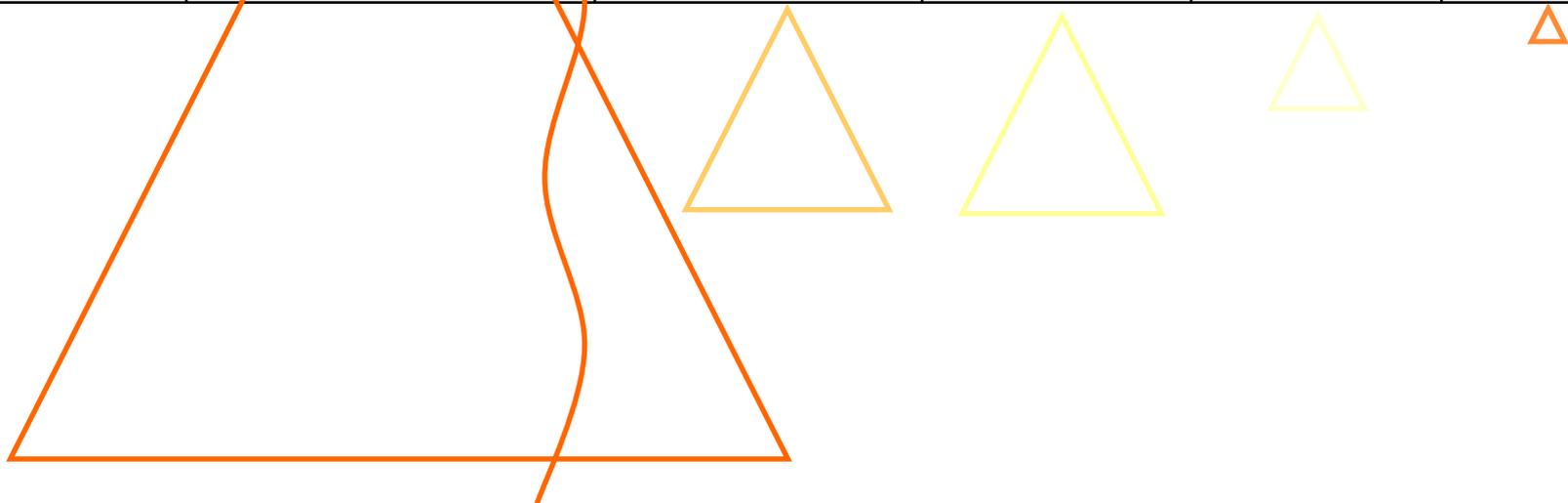


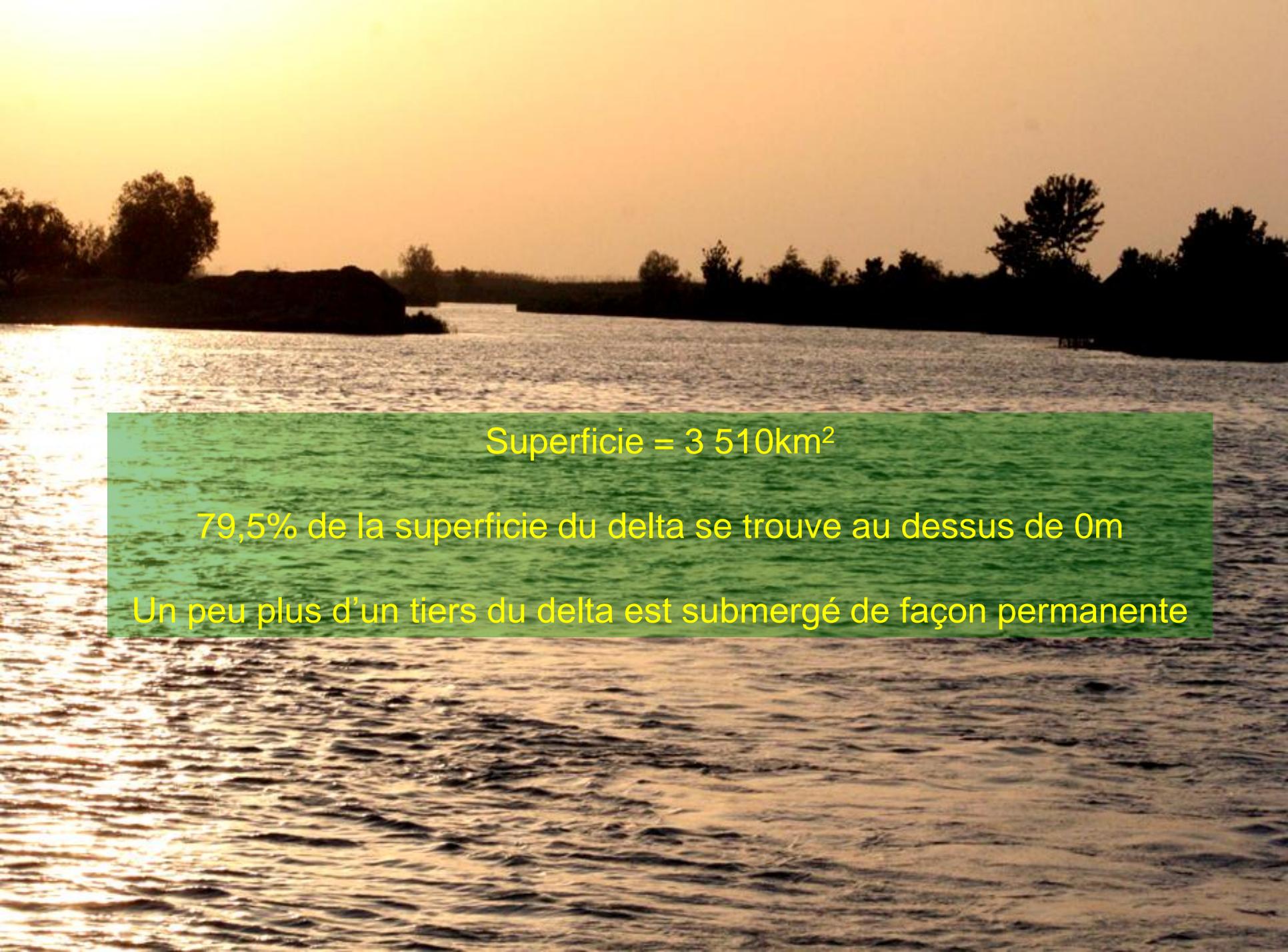
Les principaux deltas en Méditerranée



Mensurations des « poids lourds »

	Nil	Pô	Rhône	Ebre	Gediz
Longueur du fleuve	6 700 km	760 km	805 km	623 km	400 km
Bassin versant	2,9 millions km ²	145 000 km ²	96 000 km ²	90 000 km ²	17 500 km ²
Surface du delta	22 000 km ²	1 500 km ²	1 450 km ²	320 km ²	40 km ²



A wide river flows under a sunset sky. The sun is low on the horizon, creating a bright, shimmering reflection on the water's surface. The sky transitions from a pale yellow near the horizon to a soft orange and then a light blue at the top. The far bank is lined with dark silhouettes of trees and a small structure. A semi-transparent green rectangular box is overlaid on the middle of the river, containing yellow text.

Superficie = 3 510km²

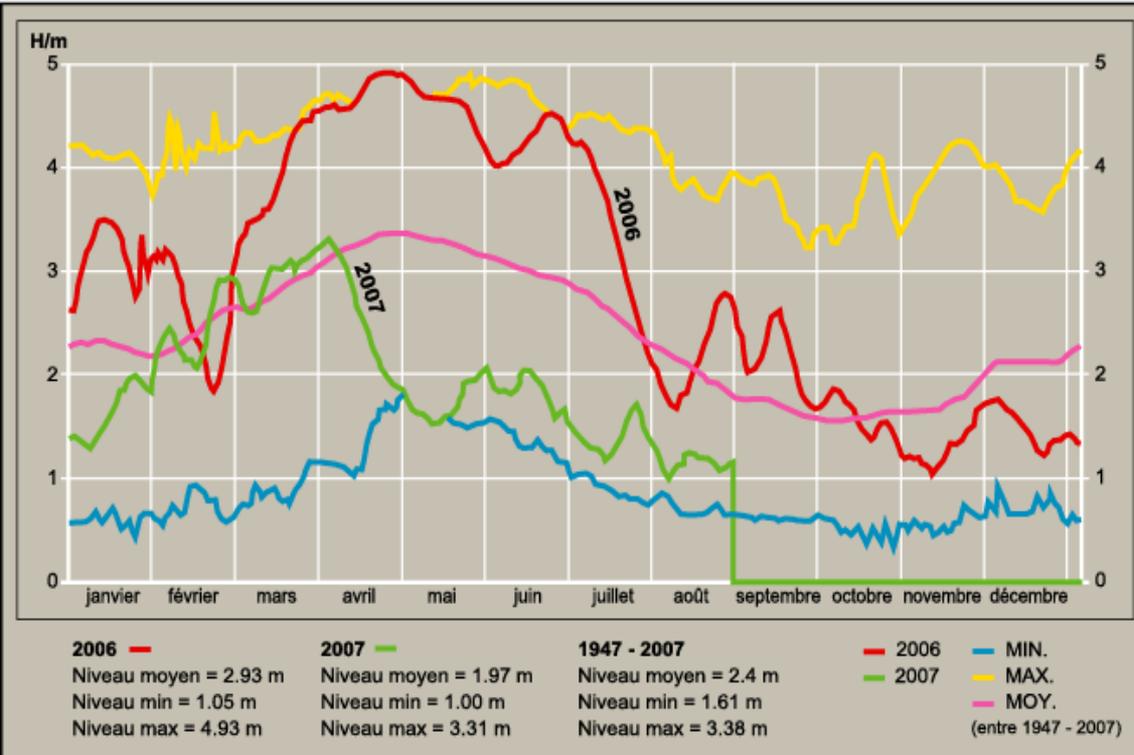
79,5% de la superficie du delta se trouve au dessus de 0m

Un peu plus d'un tiers du delta est submergé de façon permanente

Les Faits

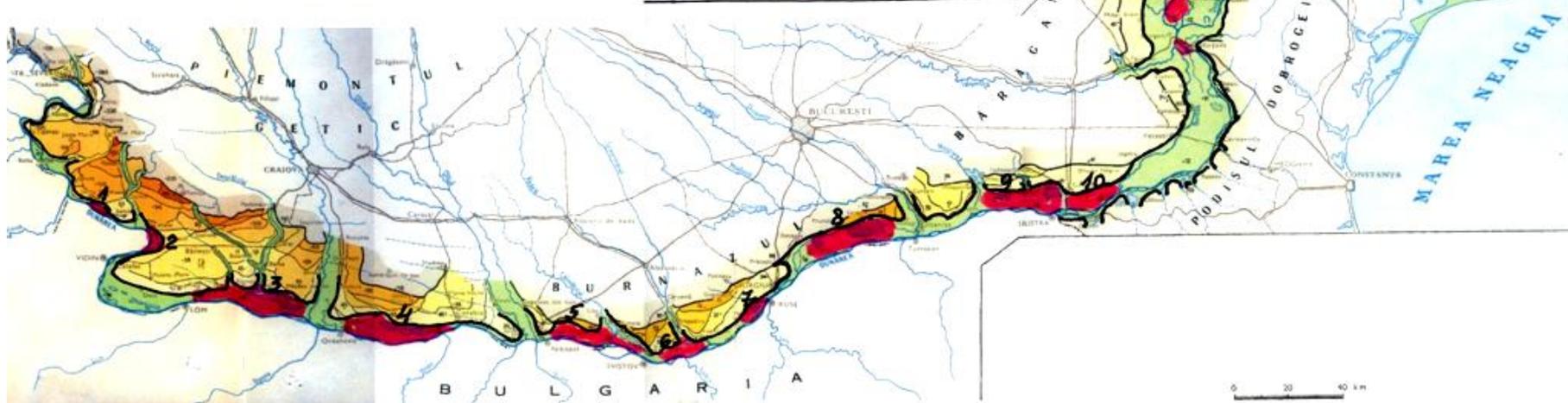
Les inondations du printemps 2006

Analyse multi annuelle (1947 – 2007) des niveaux et des débits du Danube à l'entrée dans son delta (à Tulcea)



Le niveau maximum = 4,9m (avril 2006)

Le débit maximum = 15 800 m³/s (avril 2006)



(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006

Les inondations du printemps 2006

Analyse historique des Débits maximaux du Danube

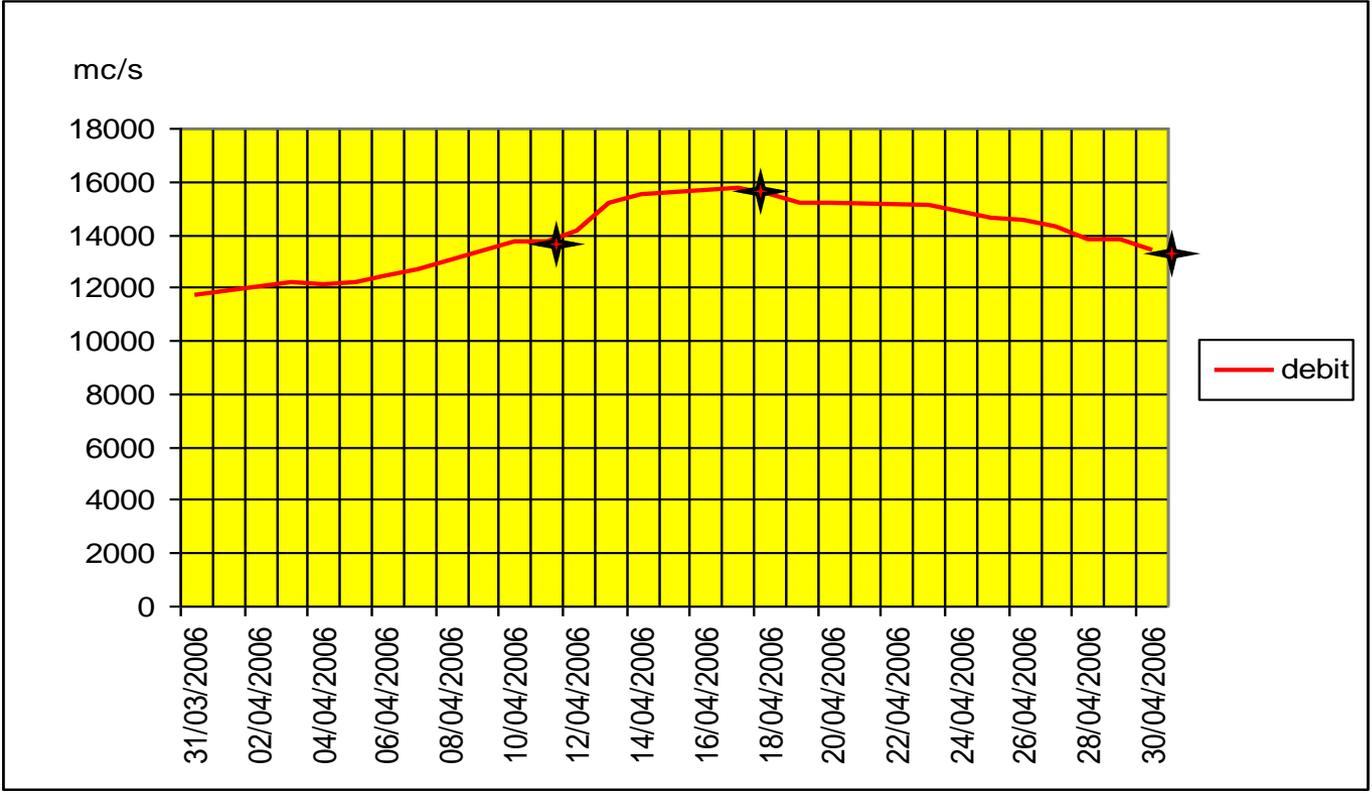
1895	13 700 m ³ /s
1942	13 387 m ³ /s
1970	14 520 m ³ /s
2006	15 800 m ³ /s

D'autres inondations :

1897, 1924, 1926, 1940, 1944, 1945,
1965, 1969, 1974, 1981, 1986, 1989,
1990, 1997-2000, 2003, 2010

(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006

Les inondations du printemps 2006



Date de prise de vue des images Radar 

Evolution du Débit du Danube à Tulcea entre le 31/03/06 et 30/04/06

(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006

Les inondations du printemps 2006

De février à avril 2006 :

400 localités en Roumanie

22 des 47 départements du pays

Les régions du sud-ouest et du sud-est



**Les pires inondations enregistrées
depuis 110 ans**

(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006

- *Objectif méthodologique*
- Evaluer la capacité d'une série d'image RADAR à détecter les zones inondées et les zones inondables
- *Données*
 - L'ensemble du jeu de données proviennent du **Capteur ENVISAT/ASAR**
 - **Bande C** / $\lambda = 5,6$ cm
- *Principe de travail*
 - **La réponse** d'un RADAR sur une zone inondée peut-être bien différente de celle d'un sol humide et bien évidemment de celle d'un sol sec

(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006

Jeu d'images radar mises en œuvre

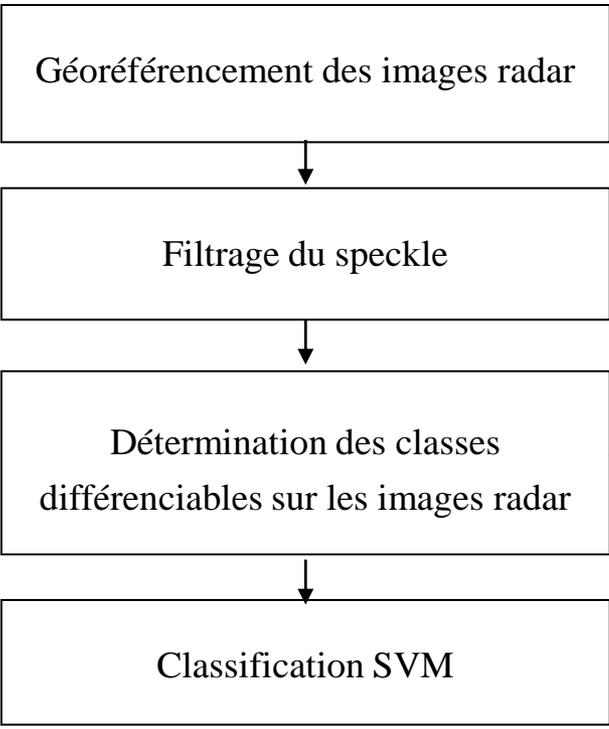
ASAR mode	Date
WSM Ascendant	13/06/07
WSM Descendant	08/05/06
WSM Ascendant	01/05/06
WSM Descendant	19/04/06

Polarisation VV (émission verticale / réception verticale)

Format WSM (*Wide Swath Mode*)
ascendant et descendant

La résolution spatiale est de 75 m x 75 m associée à une relativement bonne précision radiométrique (correspondant à 21 « vues »).

(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006

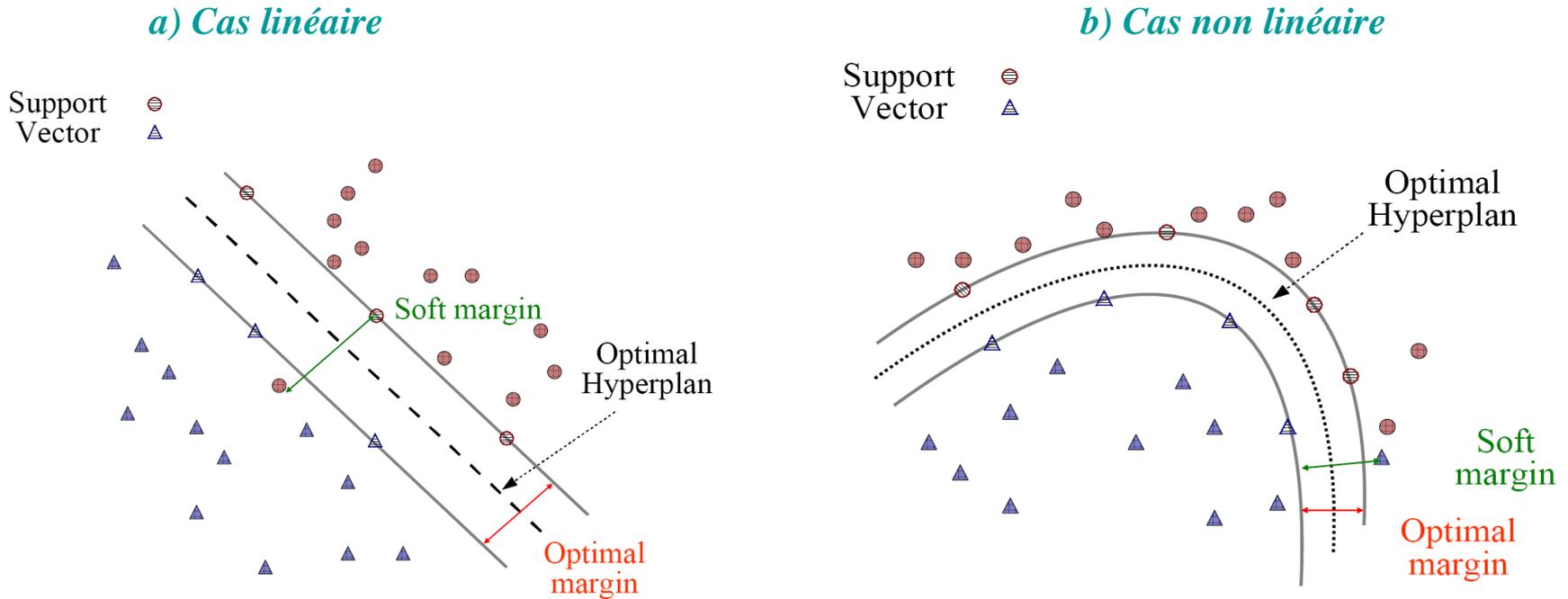


Classes	Description
Submergée	Eaux permanentes
Inondée (1)	Inondée entre le 19/04/06 et le 08/05/06
Inondée (2)	Inondée entre le 08/05/06 et le 05/08/06
Non submergée	Non inondée
Non submergée	Inondable
Drainée jusqu'en juin 2007	Inondée au printemps 06 et drainée en juin 07

Chaîne de prétraitement et de traitement d'images radar

Classes d'occupation des sols spécifiques aux inondations

(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006



Soit N le nombre de paramètres caractérisant un pixel.

L'objectif de la méthode est de trouver dans l'espace à N dimension l'hyperplan optimal séparant ces 2 classes.

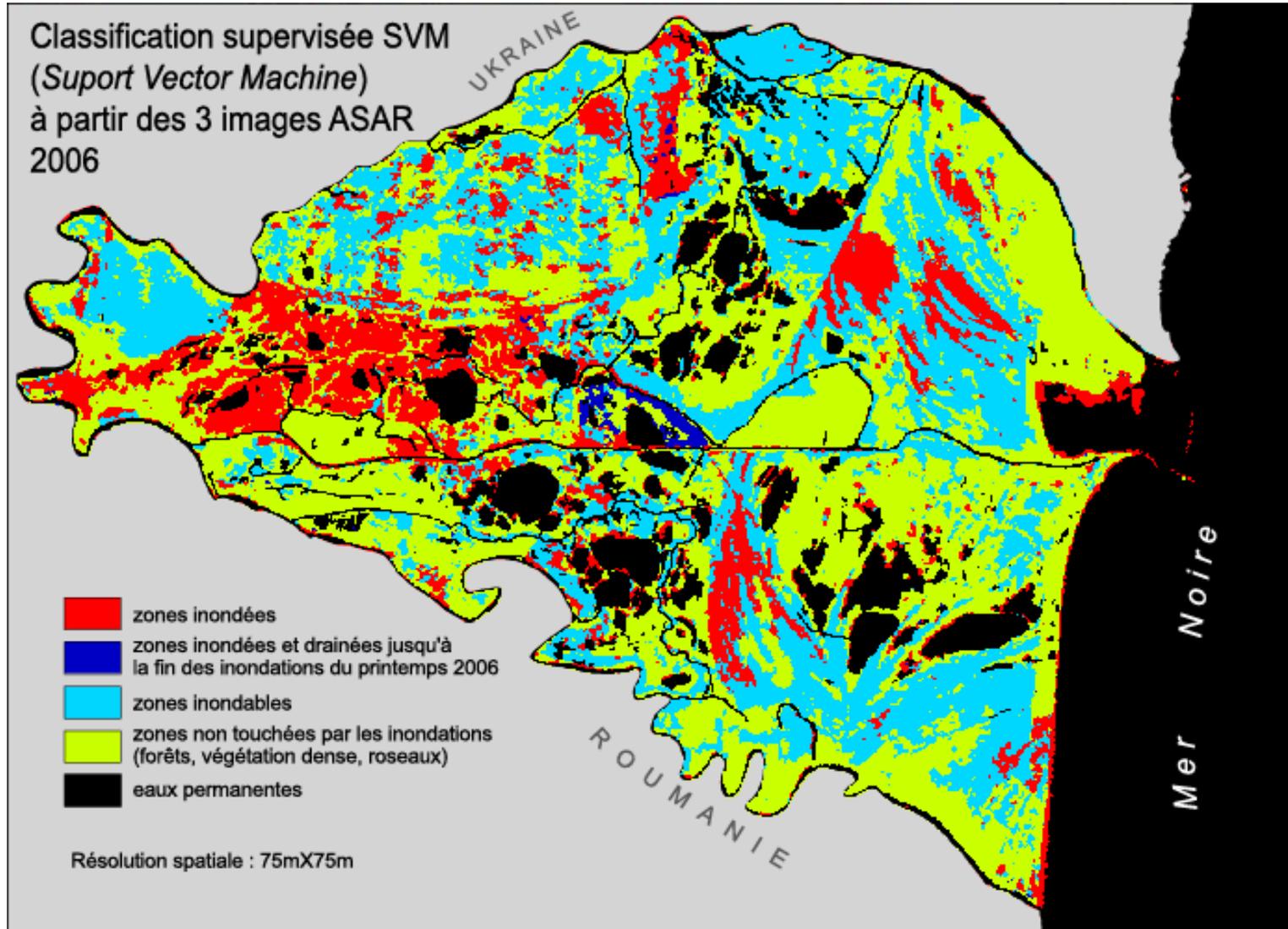
Un tel hyperplan est défini par son vecteur orthogonal w et un coefficient de translation b .

(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006

- Afin de prendre en compte l'évolution temporelle des surfaces :
 - Les radiométries
 - Le rapport de radiométrie entre les différentes dates
- Pour les 4 images :
- Analyse de 10 paramètres (N=10) :
 - radiométrie de chacune des 4 dates + 10 rapports de radiométrie entre chacune des dates

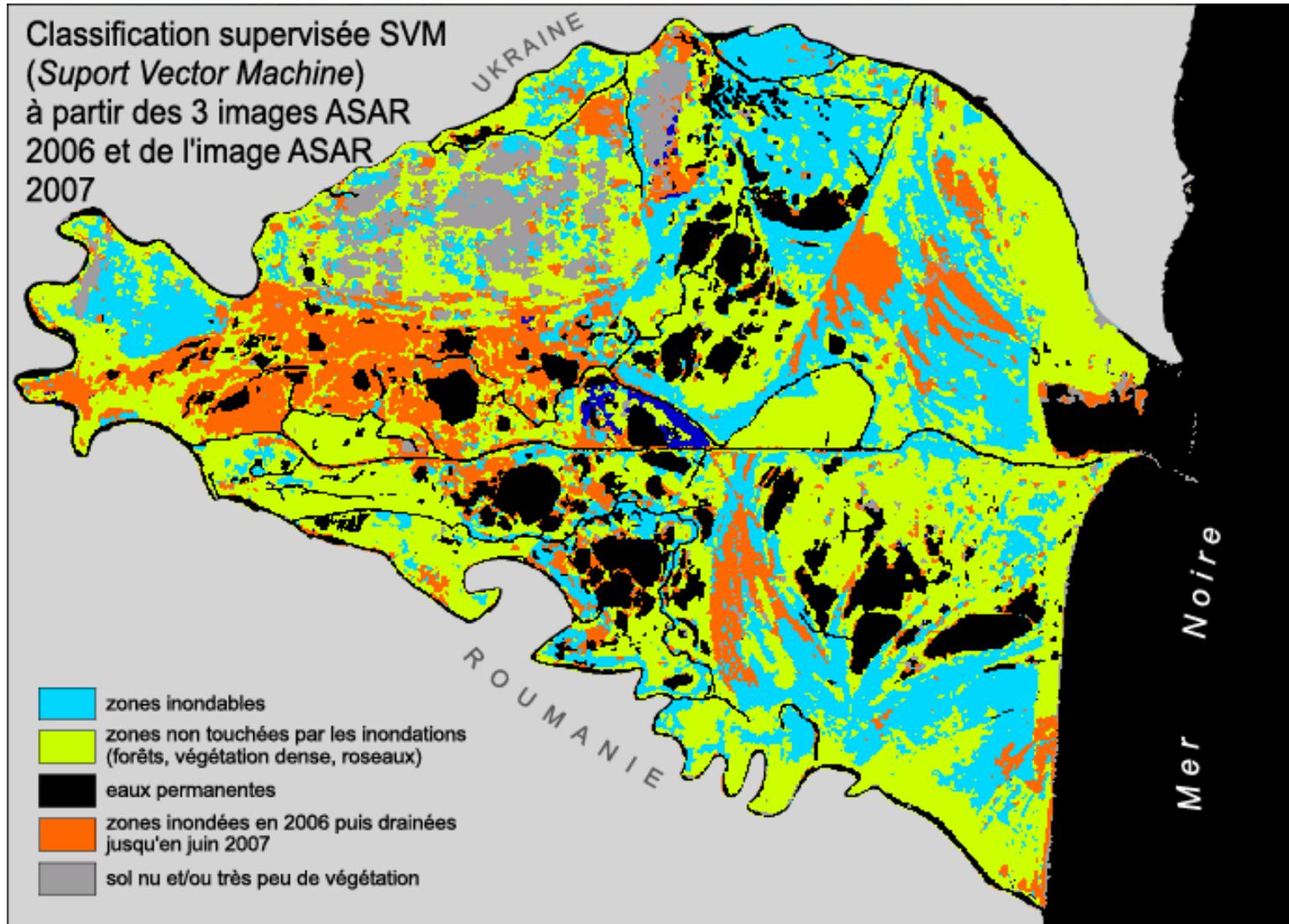
(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006

Fusion de données des trois dates ASAR de 2006

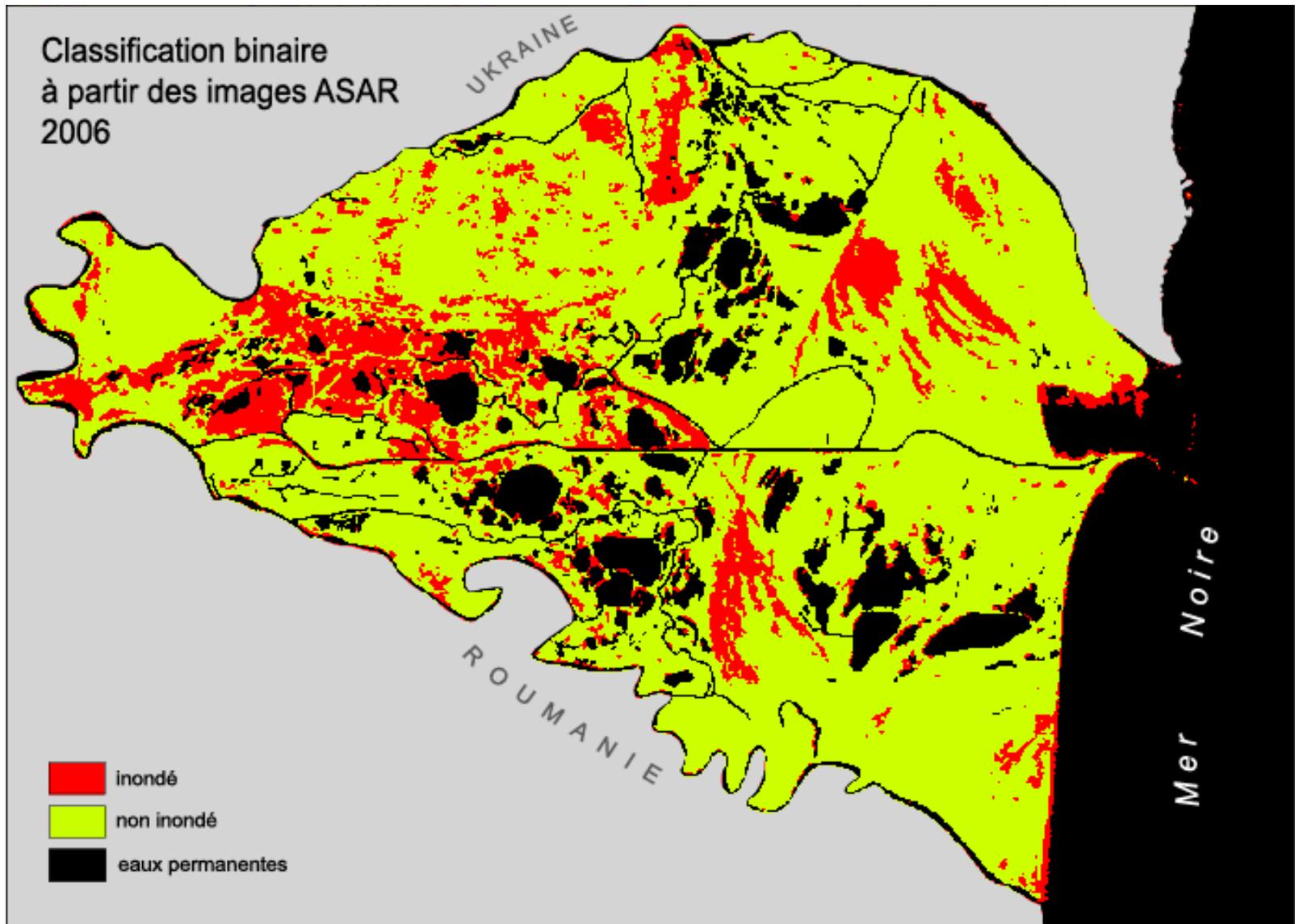


(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006

Fusion des trois dates ASAR 2006 + la date ASAR de 2007



(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006



(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006

	Printemps 2006	Printemps 06 + juin 07
<i>Eaux permanentes</i>	99	99
<i>Inondables</i>	97	92
<i>Inondée1</i>	100	100
<i>Inondée2</i>	98	97
<i>Drainée jusqu'au juin07</i>		86
Mpa	98	95

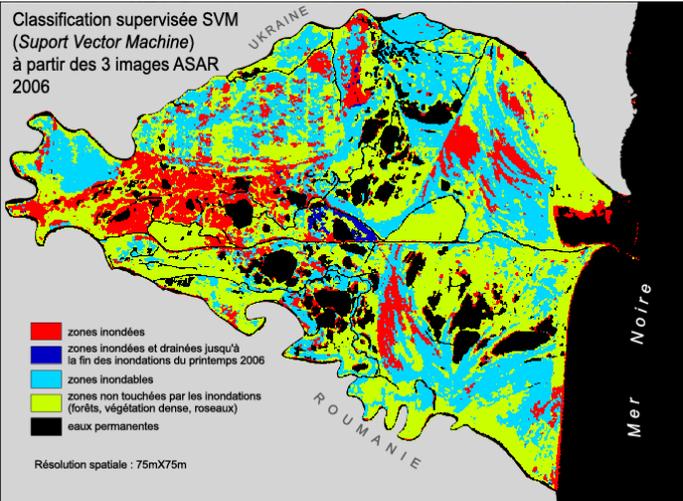
Précision cartographique

(2) L'imagerie radar et l'occupation du sol spécifique aux inondations de 2006

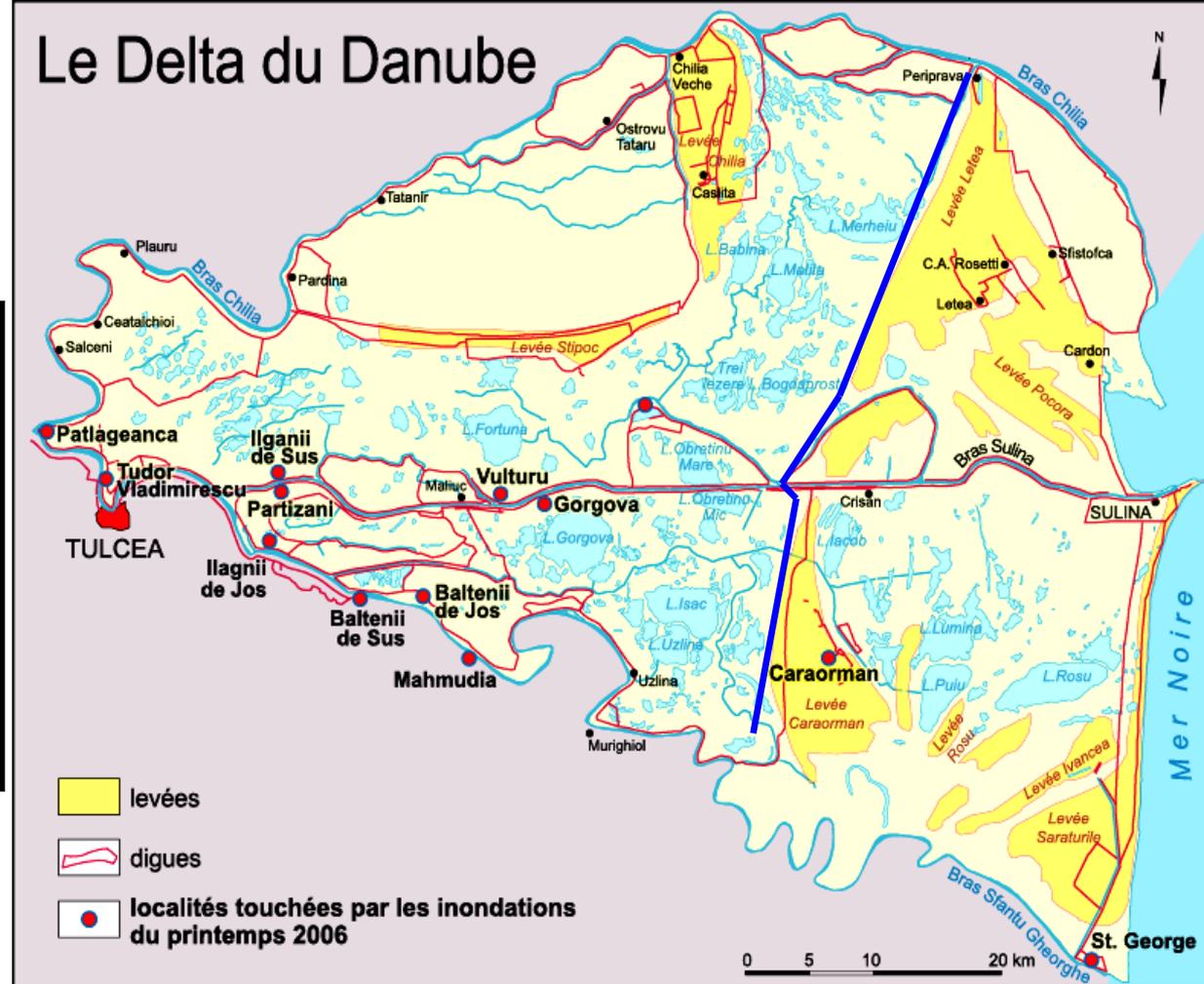
Quelques clés d'interprétation des résultats Radar

- **Zones inondées**
 - Localisation géographique (en rouge et en bleu)
 - Persistance des eaux (en rouge)
 - Drainage des eaux (en bleu)
- **Zones Inondables**
 - Définition
 - Localisation
 - Caractérisation

Zones inondées en 2006

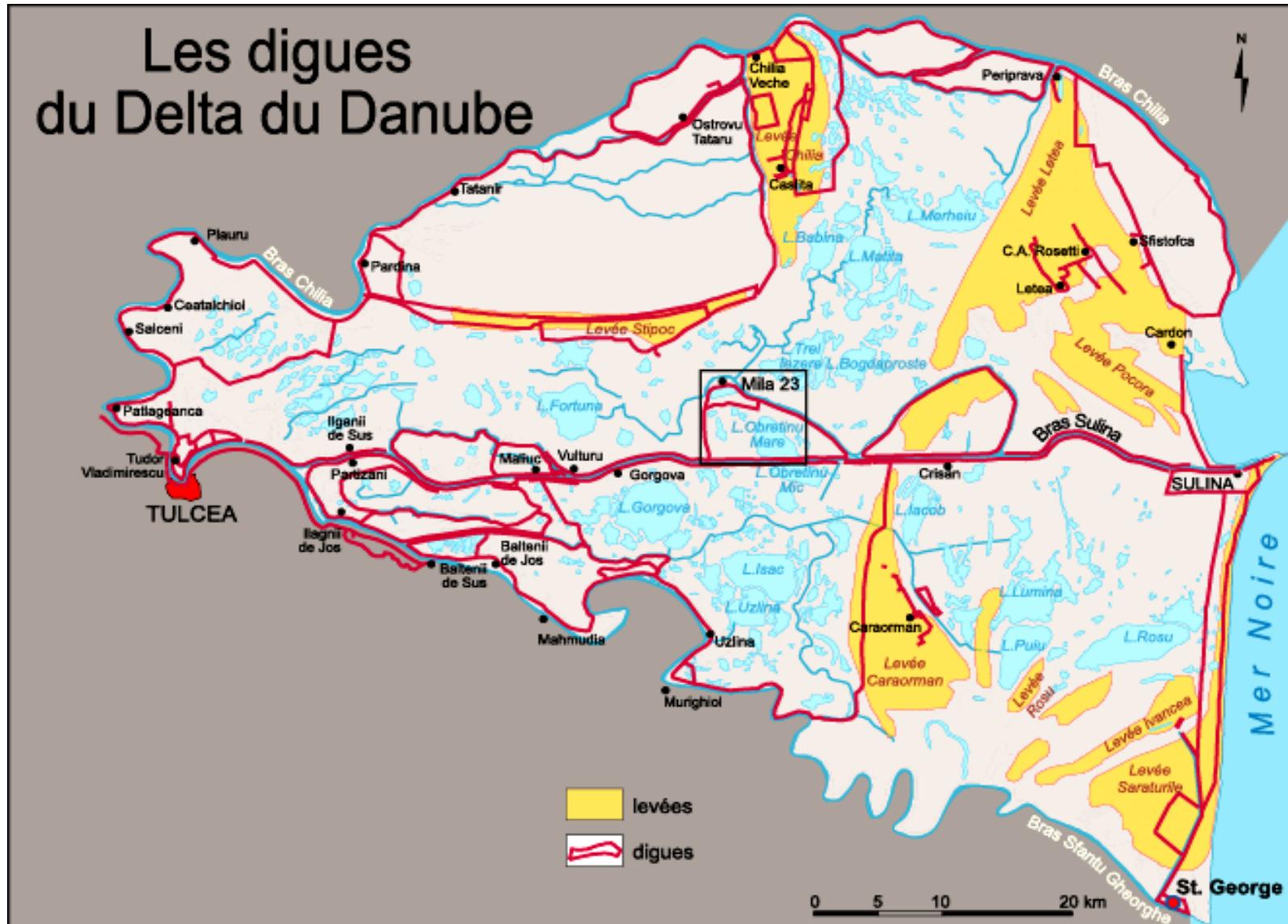


Le Delta du Danube



La plupart des **localités touchées** par les inondations du printemps 2006 se trouvent dans le secteur du delta fluvial (**à l'ouest**)

Localisation / Aménagements des eaux dans le Delta



La longueur des digues = 1030km (soit **29,3%** de la superficie du delta)

Localisation / Aménagements des eaux dans le Delta



Plusieurs catégories de propriétaires =
plusieurs types d'aménagements

Société Nationale d'Améliorations
Société d'Aménagements des eaux

La crue de 2006 a relancé la politique
d'endiguement.

Drainage des eaux

Les Dignes et les Canaux de Mila 23

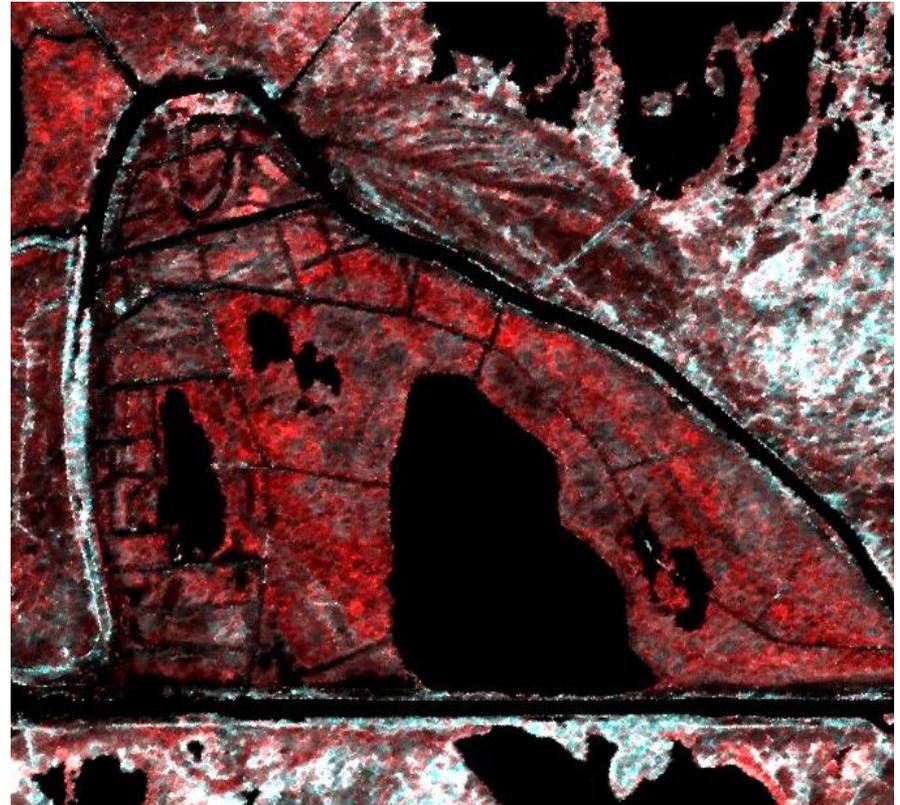
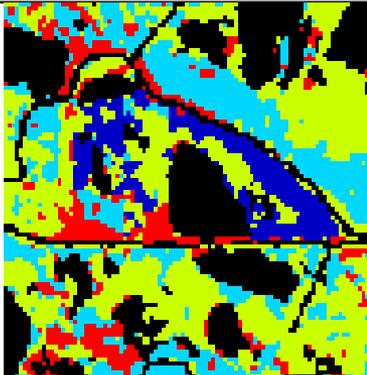
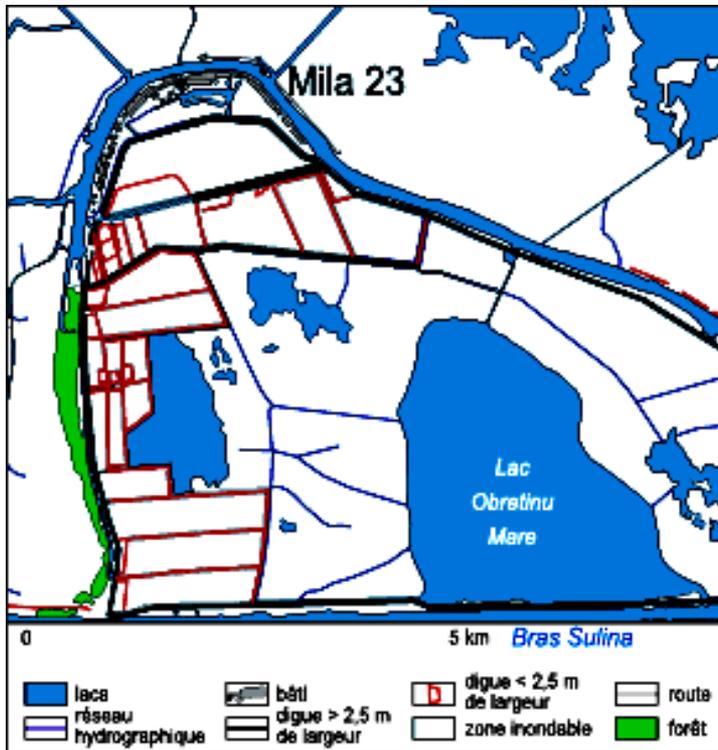
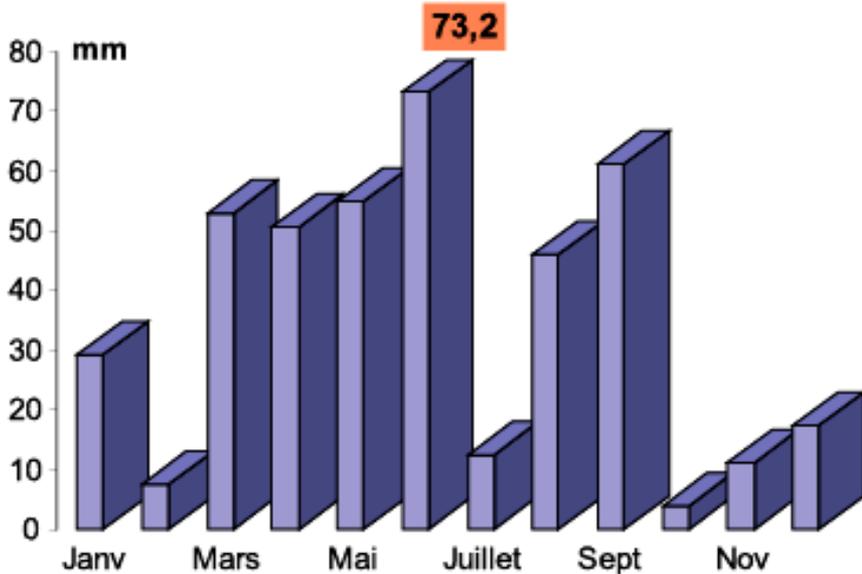


Image ALOS
Résolution 14 m x 14 m

Persistance des eaux

Précipitations mensuelles en 2006 à Tulcea



Les précipitations du mois de juin expliquent le drainage difficile des eaux



Dans certaines localités les eaux ont persisté 2, voire 3 mois

(3) Approche hyper spectrale de l'occupation du sol spécifique à l'Inondable

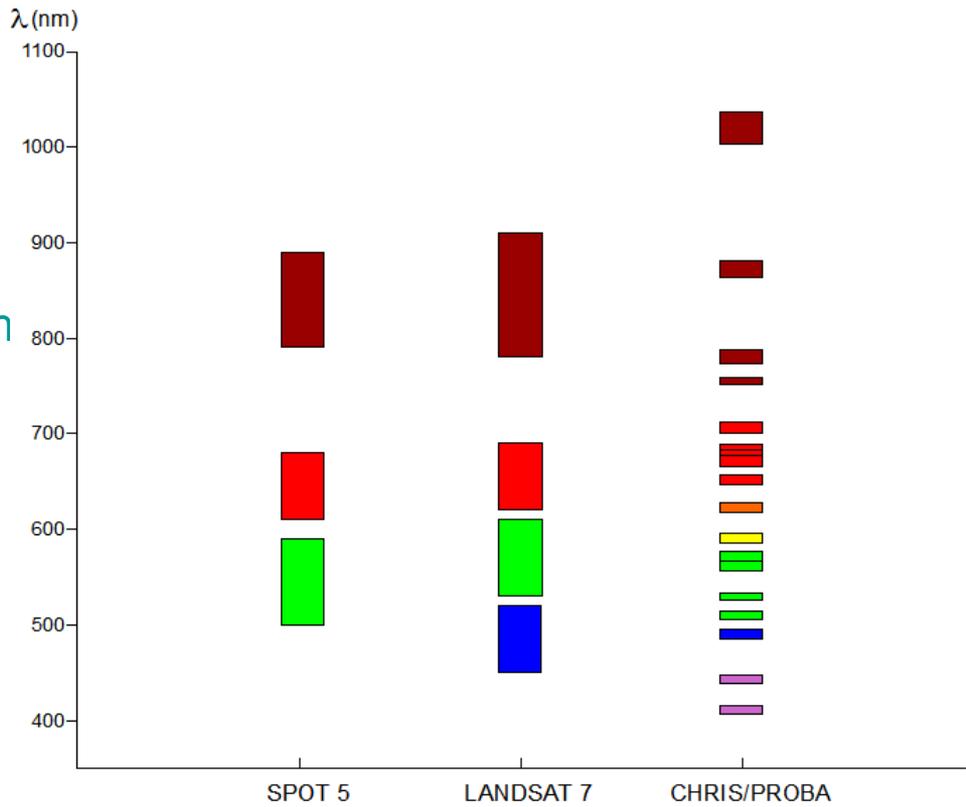
- **Données hyperspectrales**

- PROBA / CHRIS

- 18 bandes spectrales : 406–1036 nm
- Résolution de 17 X 17m
- Mode 2 : *Water bands*

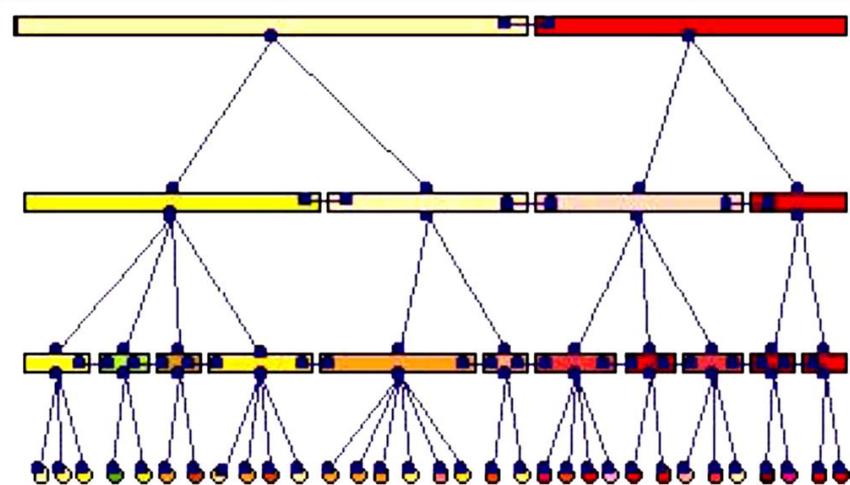
- Image prise en juin 2006

- Rapport bruit / signal électromagnétique assez déséquilibré



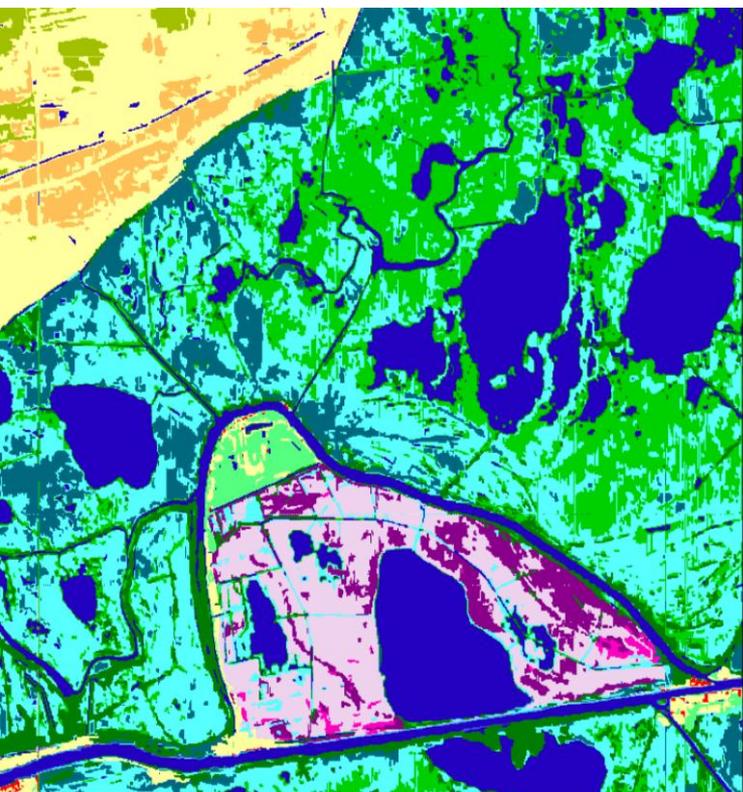
(3) Approche hyper spectrale de l'occupation du sol spécifique à l'Inondable

- Approche « pixel par pixel »
 - MNF + SVM = **10 classes**
- Approche « orientée objet »
 - Segmentation d'image (valeurs spectrales) + relations spatiales / relation entre les objets
 - Combinaison pondérée d'un support multi-source = segmentation à 7 niveaux = **14 classes**

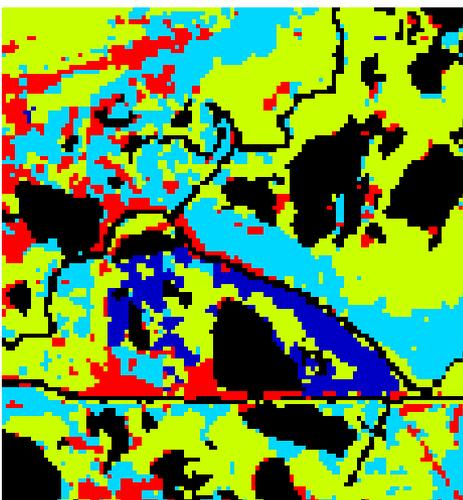


Réseau hiérarchique des objets d'une image
(source : Baatz *et al.*, 2004)

(3) Approche hyper spectrale de l'occupation du sol spécifique à l'Inondable



- Roseau ni coupé ni brûlé récemment
- Roseau brûlé (fin d'hiver - printemps) ou coupé (printemps - été)
- Roseau exploité régulièrement – type 1
- Roseau exploité régulièrement – type 2
- Mélange (arbustes - roseaux)



Forte diversité écologique et structurelle

Certaines Pratiques agricoles deltaïques

(4) Synergie de données optique et radar (ALOS) et l'occupation du sol spécifique à l'Inondable

The reserve of the Danube Delta biosphere is the widest compact area of reed on the earth : 173.000 ha

23 types of Natural Ecosystems
7 types of Anthropic Ecosystems

- It is the **habitat** for numerous bird species: *Botaurus stellaris*, *Ixobrychus minutus* or their nests: *Pelecanus* spp, *Egretta alba*, *Ardea purpurea*

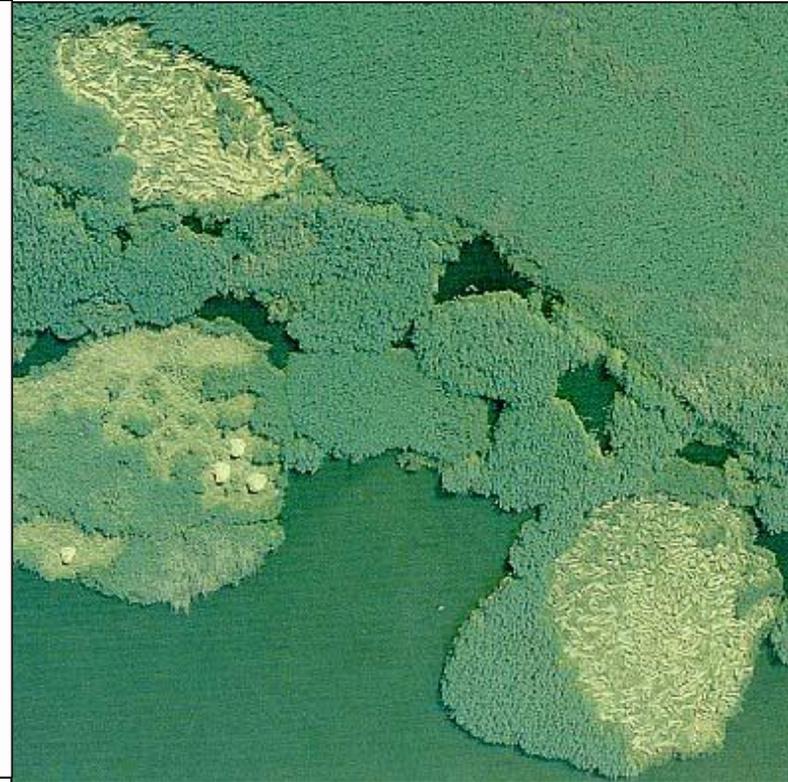
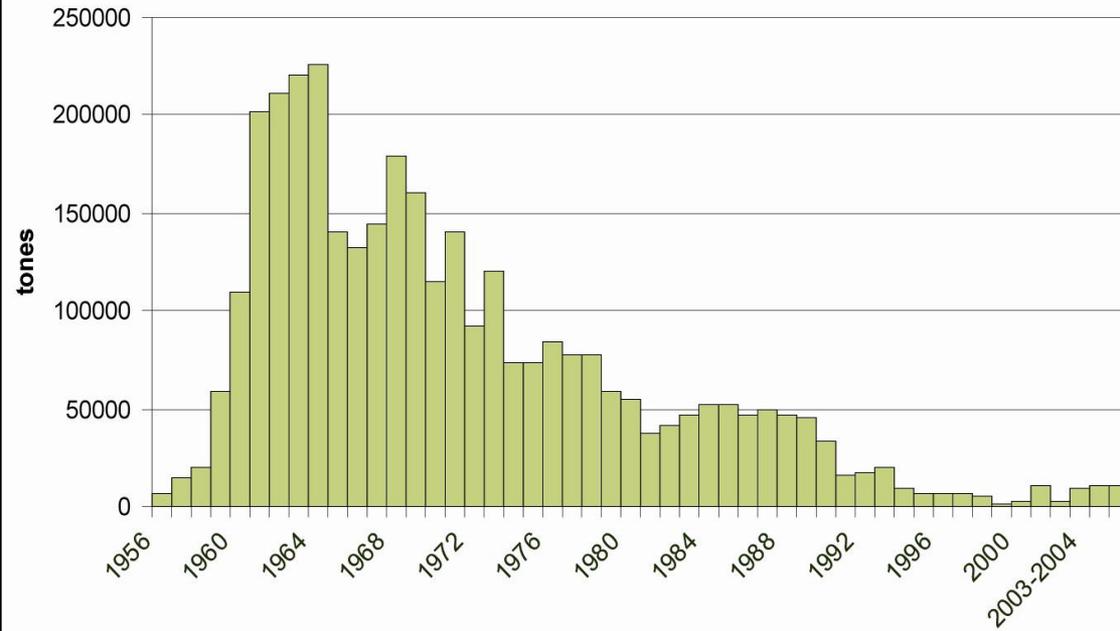


Study Area

Vegetation Structures in Danube Delta

- **Economic viewpoint** : since the beginning of the 19th century.

Exploitation of the Reed in Danube Delta



**Total
(Tones)**

17480

21264

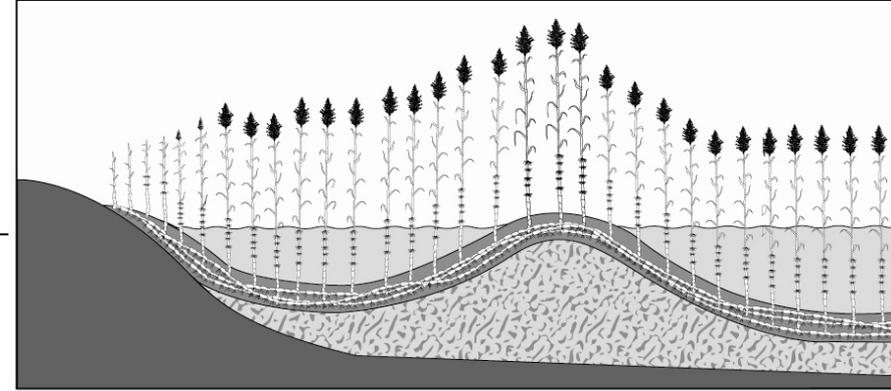
**6857.12
(2006-2007)**

(4) Synergie de données optique et radar (ALOS) et l'occupation du sol spécifique à l'Inondable

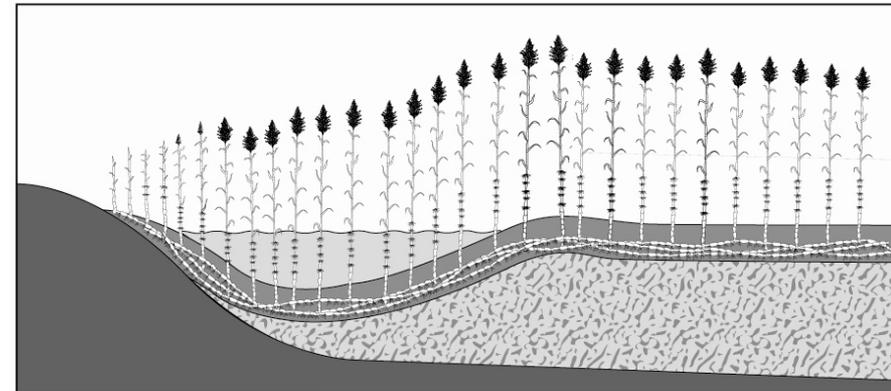
The **Particularity** of this environment is the existence of the **floating vegetation** called "plaur".



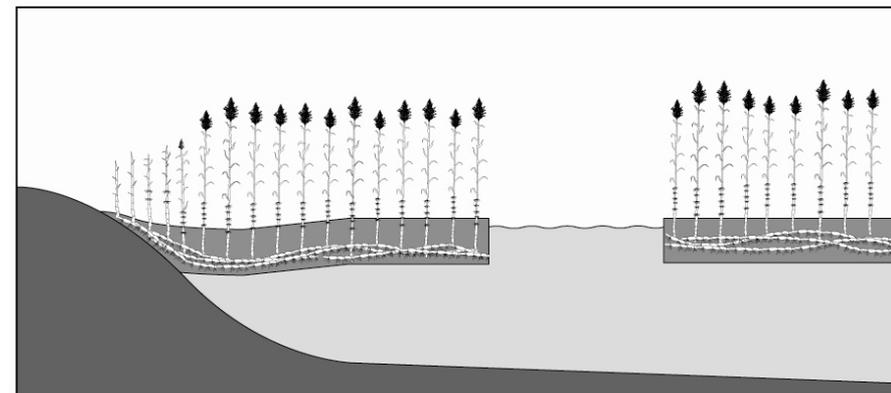
Diagram on the formation of "plaur"



Upheaval of reed from sea bed due to the creation of a gas "pocket"



Upheaval of the entire group to the surface



Detachment of a part of the plaur (floating island) by break-up

ALOS Data Set

Japanese ALOS satellite

- The **Advanced Land Observing Satellite** is a Satellite following the Japanese Earth Resources Satellite-1 (JERS-1) and Advanced Earth Observing Satellite (ADEOS)
- Instruments ALOS that are used :
 - the Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2 (**AVNIR-2**) : **3 images**
 - the Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (**PALSAR**) : **1 image Dual Polarization (HH, HV)**

Remote Sensing Instruments	Year of launching	Spatial Resolution	Observation band	Frequency	Polarization
AVNIR-2	2006	10m x 10m	Visible Near Infrared ch1: 0.42 - 0.50 μ m ch2: 0.52 - 0.60 μ m ch3: 0.61 - 0.69 μ m ch4: 0.76 - 0.89 μ m	-	-
PALSAR	2007	10m x 10m (2 looks) 20m x 20m (4 looks)	Fine Resolution Mode	L-band (15-30cm)	HH or VV (option: HV or VH)

ALOS Data Set

ALOS satellite and the reed calendar in the Danube Delta



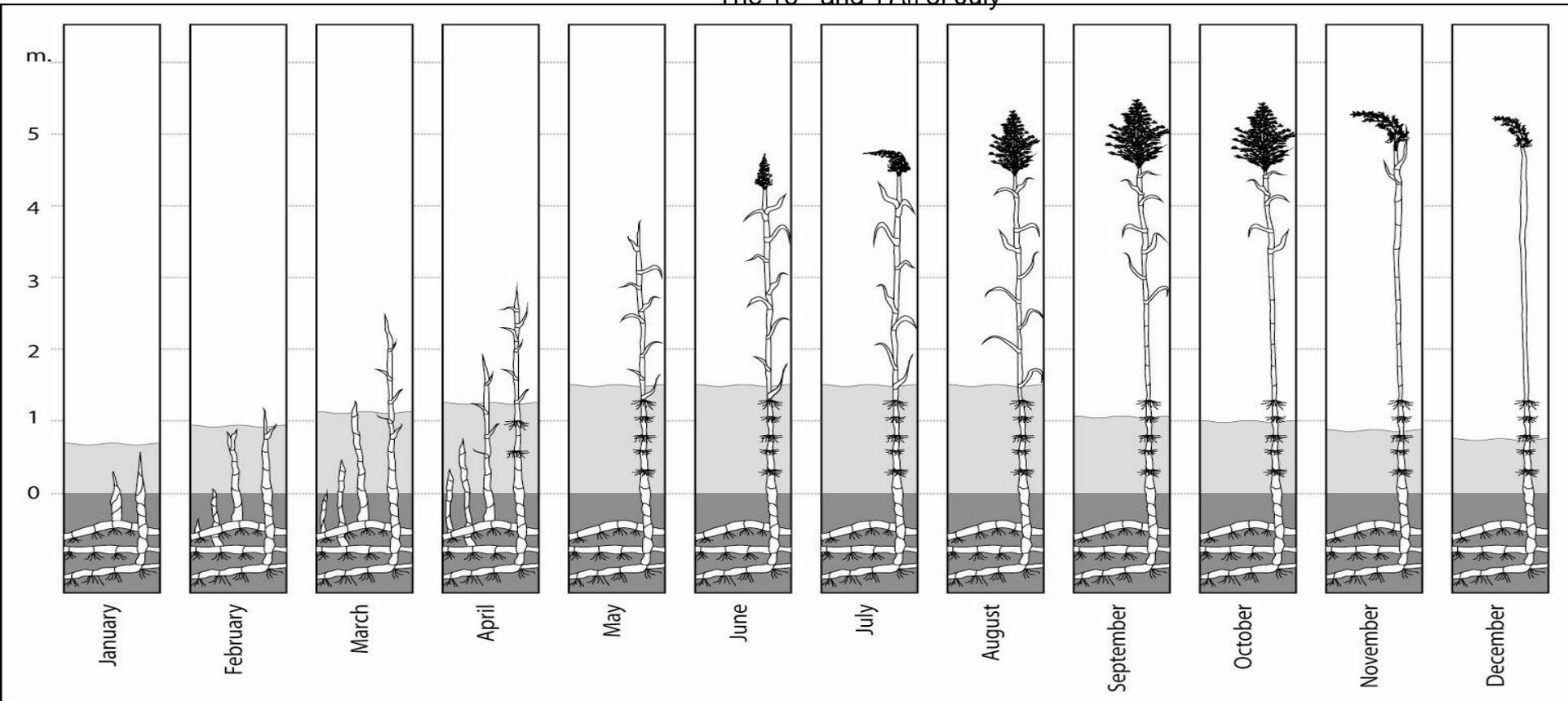
The 2nd of February



The 16th and 17th of July



The 17th of September



Time to set fire to reed

Time to cut reed

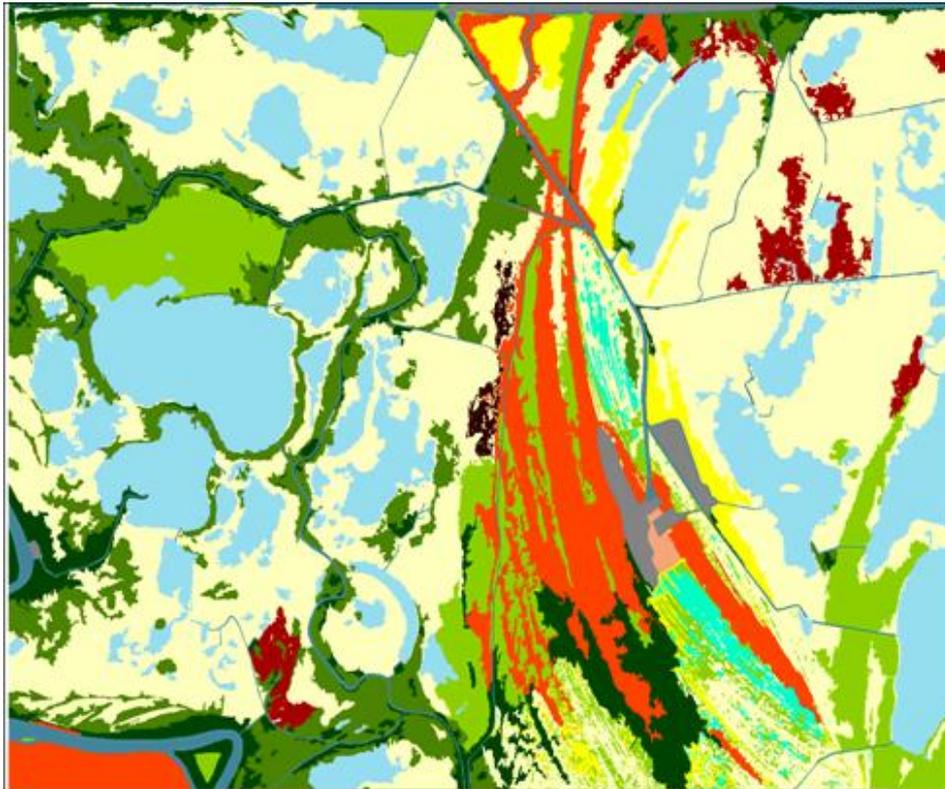
Regeneration period

(4) Synergie de données optique et radar (ALOS) et l'occupation du sol spécifique à l'Inondable

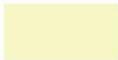
- Optical Methodology
 - Approach object orientated / Definers 5.0 (E Cognition)
- Radar Methodology
 - Data extraction / PolSarPro
 - Support Vector Machine / Envi 4.5
- Data Set Fusion
- Validation of results
 - Aerial Survey
 - Reflectance specter measurements *in situ*

(4) Synergie de données optique et radar (ALOS) et l'occupation du sol spécifique à l'Inondable

Classification

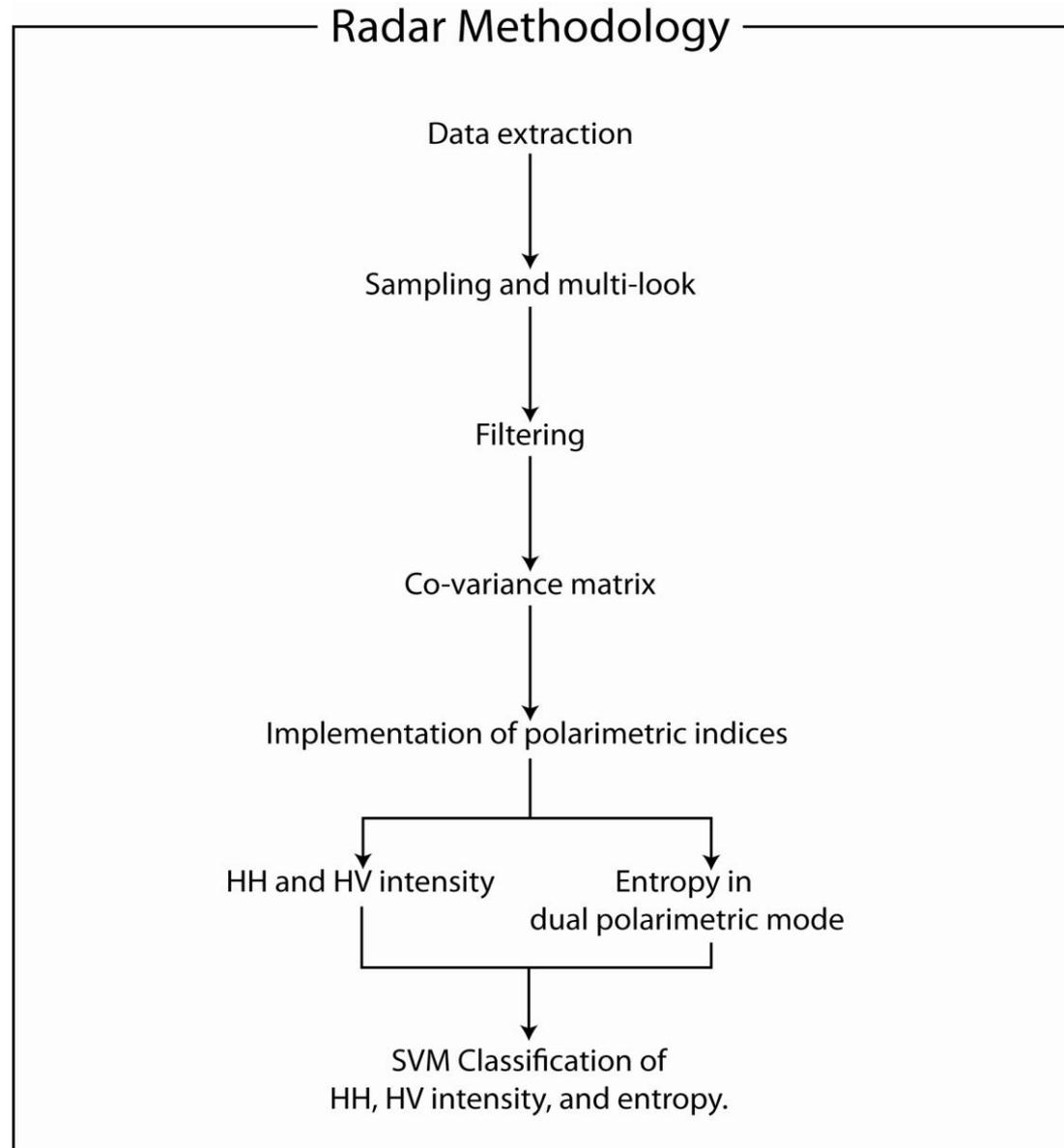


Key :

-  Dominating Phragmites
-  Cut Phragmites
-  Burnt Phragmites
-  Vegetation mixed with Phragmites
-  Hydrophilic vegetation I (Typha)
-  Hydrophilic vegetation II (Carex)
-  Psamophilic vegetation (Euphorbia)
-  Halophilic vegetation (Salicornia)
-  Mixed vegetation (Grass family and/or shrubs)
-  Arborescent vegetation
-  Lakes
-  Channels
-  Localities

(4) Synergie de données optique et radar (ALOS) et l'occupation du sol spécifique à l'Inondable

PolSarPro



(4) Synergie de données optique et radar (ALOS) et l'occupation du sol spécifique à l'Inondable

$$K_L = \begin{pmatrix} Shh \\ Shv \end{pmatrix}$$

$$C = K_L \cdot K_L^* = \begin{pmatrix} Shh \\ Shv \end{pmatrix} [Shh^* \ Shv^*] = \begin{bmatrix} Shh & Shh^* \\ Shh & Shv^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Shv & Shh^* \\ Shv & Shv^* \end{bmatrix}$$

← $I = A^2$

$$Shh \cdot Shh^* = Ahh \cdot e^{j\varphi_{hh}} \times Ahh \cdot e^{-j\varphi_{hh}} = Ahh^2 \cdot e^{j(\varphi_{hh} - \varphi_{hh})} = Ahh^2 \cdot e^0 = Ahh^2$$

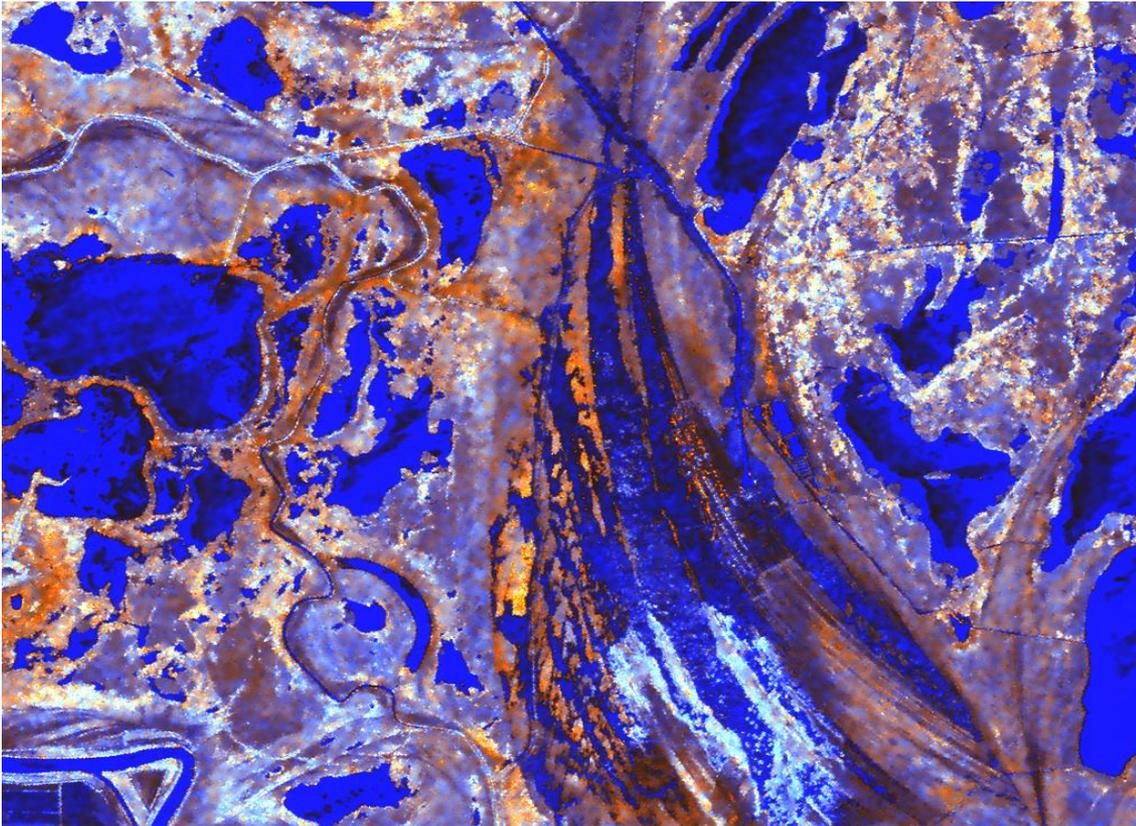
$$Shh = Ahh \cdot e^{j\varphi_{hh}}$$

$$Shv = Ahv \cdot e^{j\varphi_{hv}}$$

Entropy

$$H = -\sum_{i=1}^3 P_i \log_3 (P_i)$$

(4) Synergie de données optique et radar (ALOS) et l'occupation du sol spécifique à l'Inondable



R: Intensity HH

G: Intensity HV

B: Entropy

Dual Polarization: HH and HV

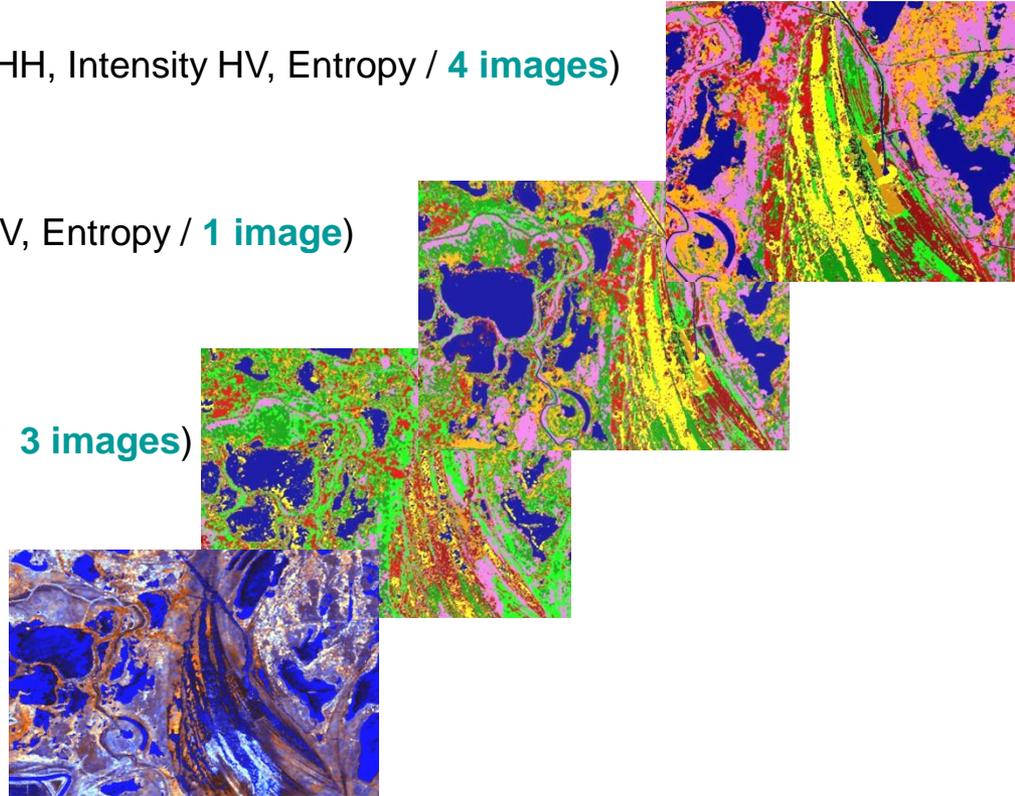
(4) Synergie de données optique et radar (ALOS) et l'occupation du sol spécifique à l'Inondable

(4) **SVM** : Optical + Radar (Visible, NIR, Intensity HH, Intensity HV, Entropy / **4 images**)

(3) **SVM** : Radar Images (Intensity HH, Intensity HV, Entropy / **1 image**)

(2) **OBJ / SVM** : Optical Images (Visible and NIR / **3 images**)

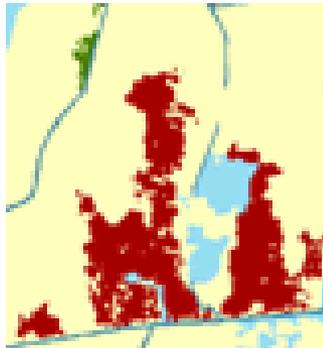
(1) **RGB** : Intensity HH, Intensity HV, Entropy



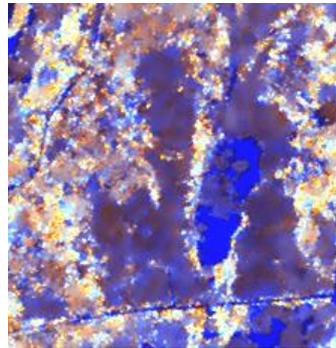
Images	Good discrimination
Optical / AVNIR-2	Short vegetation (Salicornia, Carex, Euphorbia, Typha, etc)
Radar / PALSAR	Arborescent vegetation + Shrubs (Tamarix, Rosa, etc.

(4) Synergie de données optique et radar (ALOS) et l'occupation du sol spécifique à l'Inondable

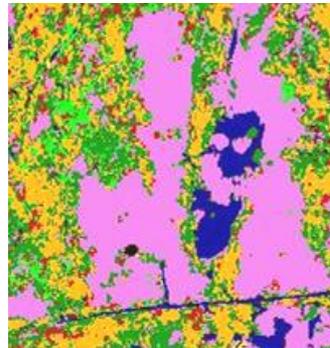
Class: *Cut Phragmites*



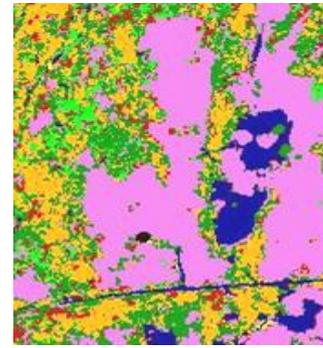
Optical / Obj



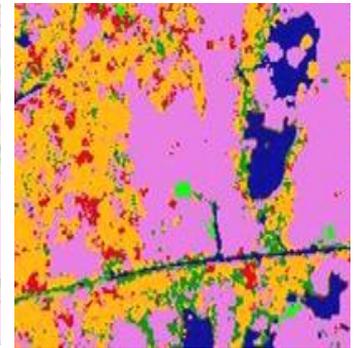
RGB 3 Indices



Optical / SVM



Radar / SVM



All

Validation of results

- **Training and test data:**
 - Aerial survey: July 2009
 - Field survey: July 2007, 2008, 2009
 - Other sources: maps ...



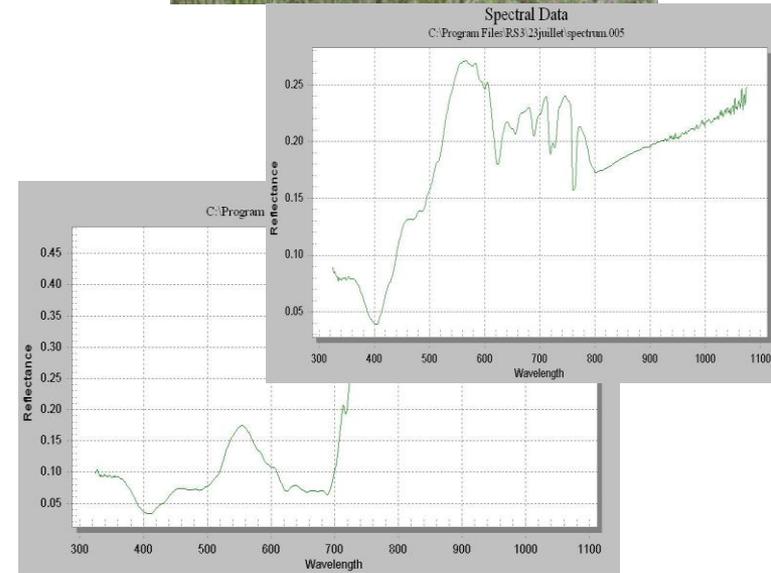
Validation of results

Reflectance specter measurements for the main vegetation species identified on the treated satellite images

The VIS/NIR portable spectroradiometers applied to remote detection – range of FieldSpec(TM) 3

Dedicated to the capture of specters in reflectance, radiance and sun irradiance

Spectral range between 350 up to 2500 nm



Validation of results

- The performances of classifications are evaluated starting from the Medium Precision (PM, expressed in percentage).

SAR	84.671 %
Optical	92.758 %
Optical + SAR	98.735 %

HH HV Entropy

PA % good classif

Class1	91.53
Class2	78.3
Class3	96.91
Class4	90.8
Class5	61.21
Class6	98.29
Class7	59.23
Class8	88.72
Class9	82.57
Class10	99.15
mean	84.671

La Perception



Analyse de la perception du risque

Perception de la population

Perception des autorités

Perception des scientifiques

La Perception



La population subit les effets des inondations = **perception négative** du phénomène

Les autorités et les scientifiques = considèrent les inondations comme des **événements naturels**, spécifiques au milieu du delta

La Perception du Risque d'inondation

- Est-ce que la notion de risque dans le delta du Danube se substitue directement à l'évolution du sentiments de sécurité ?
- Le risque reste malgré tout perçu avec un certain fatalisme
- La gestion est objectivement liée à la perception de ce risque
- Ce risque contribuera à la construction d'une nouvelle ruralité plus collective et plus environnementale ... ?

Conclusion

- The Important role of Geographical and photo-interpretation
- The interest to use different polarimetric indices
- The radar results show :
 - very good performances in the discrimination of the different types of forests (dense forest, forest in floodable areas...)
 - smaller ones in the discrimination of the short vegetation
- The method Medium Precision is more adapted for the taking into account of the capacity of a classification to identify different classes having various sizes

Perspectives

- L'utilisation des autres polarisations : ASAR HH ou HV
- Le nouveau capteur pleinement polarimétrique PALSAR/ALOS (bande L)
- Les degrés de cohérence polarimétrique pour la discrimination des différents types de sol
- Le potentiel du Capteur RadarSat2 et du Capteur TerraSarX

Et surtout ...

- Ne plus penser que la technologie répondra à tous les problèmes
- Gérer l'environnement en « bon père de famille »



- ✿ Réaliser la fragilité et la vulnérabilité de la nature
- ✿ Redevenir humble