



SEMANTIC TS



Bureau d'études en Environnement Océanographie Acoustique

Segmentation des fonds marins par Deep Learning

Claire NOEL

Docteur & Ingénieur
Directeur scientifique

Simon MARCHETTI

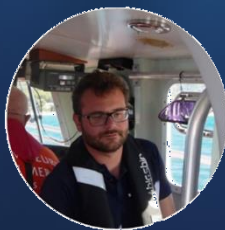
Jean-Marc TEMMOS
Éric BAUER

Lionel PIBRE

Jérôme PASQUET
Vincent DOUZAL



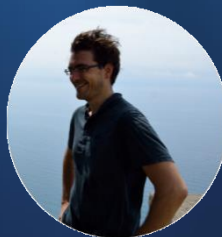
Claire NOEL
Directeur Scientifique



Simon MARCHETTI
Responsable Régulation et



Jean-Marc TEMMOS
Directeur



Éric BAUER
Responsable Mission et Matériel





SEMANTIC TS



Bureau d'études en Environnement Océanographie Acoustique

Segmentation des fonds marins par Deep Learning

Projet RAPID-DGA ADELE Acoustic DEep LEarning

Système de détection de changement des fonds marins basé sur l'apprentissage profond des signaux acoustiques issus de multi-capteurs sonars

Le projet ADELE ambitionne de fournir de nouvelles technologies permettant **d'optimiser la détection d'objets immergés** grâce à une **meilleure segmentation** des fonds marins.

Bureau d'Études en Océanographie Acoustique

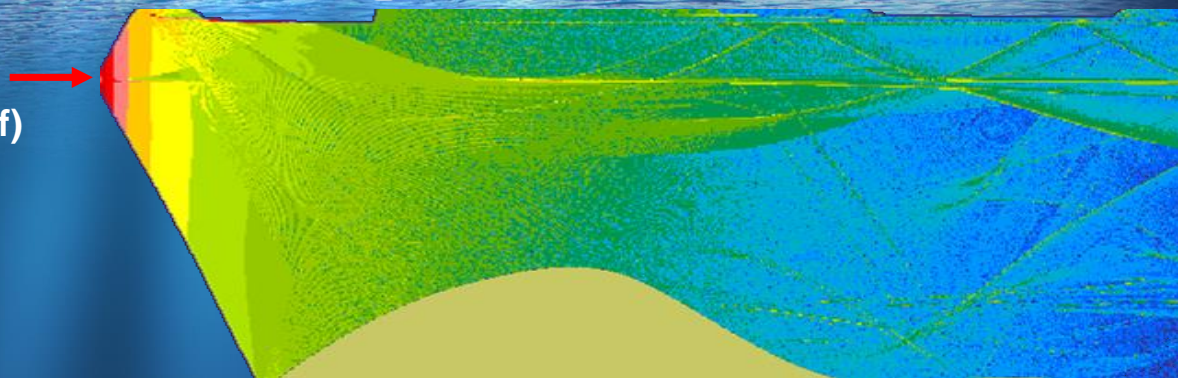
**L'équipe de SEMANTIC TS
des professionnels de la technique et de la mer...**



SEMANTIC TS – Sanary (Var) Docteur-Ingénieurs Opérateurs sonars Pilotes et plongeurs PRO
Modélisation... Traitement du signal... Instrumentation... Logiciels... Mesures in-situ ... depuis 1993

Bureau d'Études en Océanographie Acoustique

Utilise le son
(émission = actif)
pour inférer
le milieu marin.



Spécialisé en Acoustique Sous-marine et en Traitement du Signal



Défense



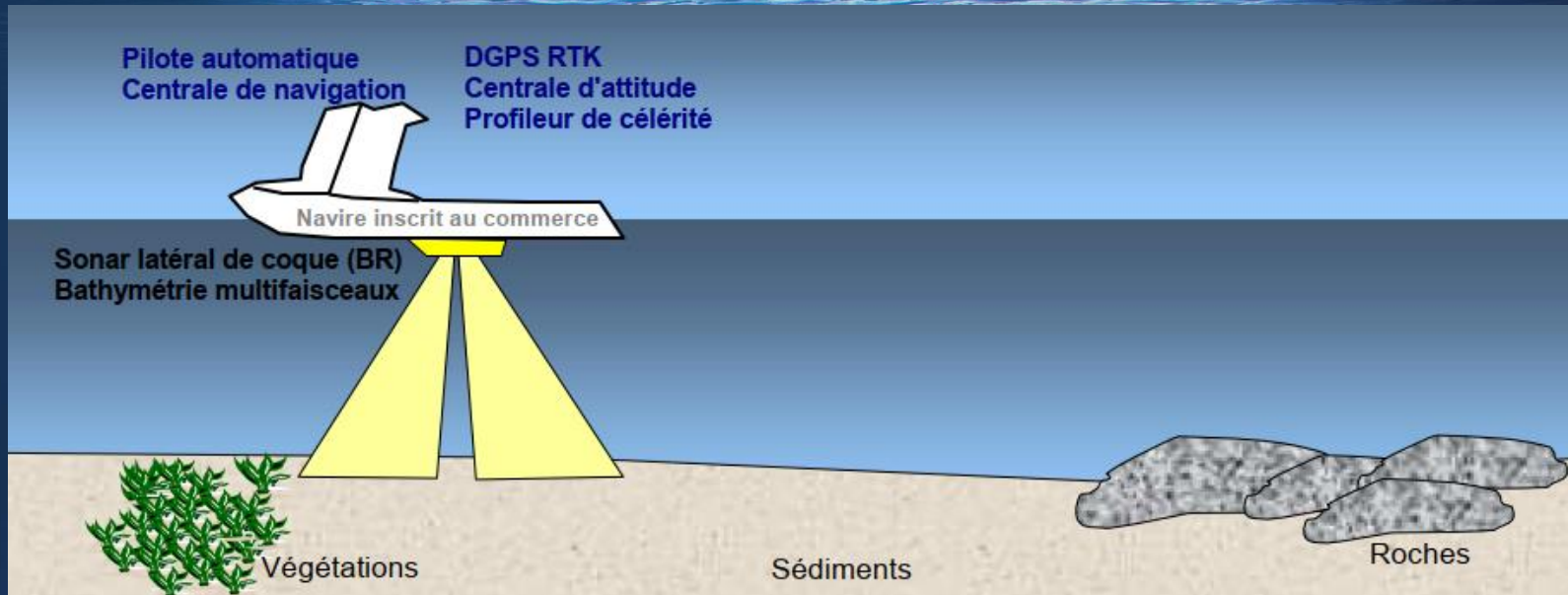
Civil & Environnement



Infrastructures Privées

Expression d'un besoin commun de monitoring

Monitoring acoustique de l'environnement

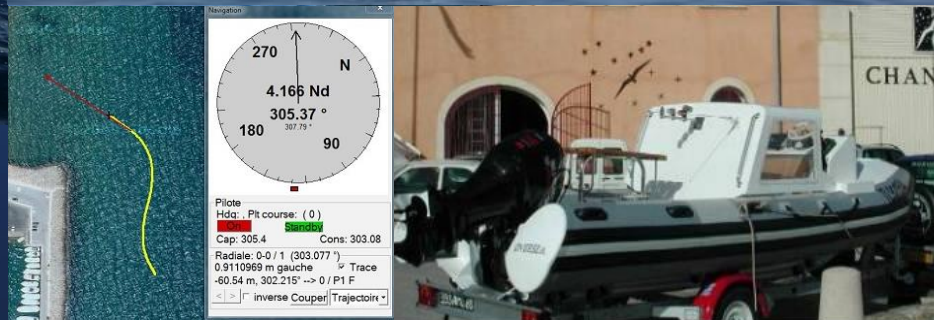


- Petites unités océanographiques dédiées
- Side scan sonar et interféromètre → **imagerie sonar et topographie fine**

Plate-formes légères pour l'acquisition multi-capteurs

Mise au point d'un N. O. spécialement dédié aux sondages des fonds marins

Mini Navire Océanographique



Moyens pour l'acquisition des data exploitées dans ADELE



Positionnement dynamique précis du navire

→ Centrale d'attitude inertielle CODA Octopus couplée à 2 GPS RTK centimétriques

Utilisation de sonars de nouvelle génération → ping rate élevé → haute résolution

Acquisition & fusion multi-capteurs



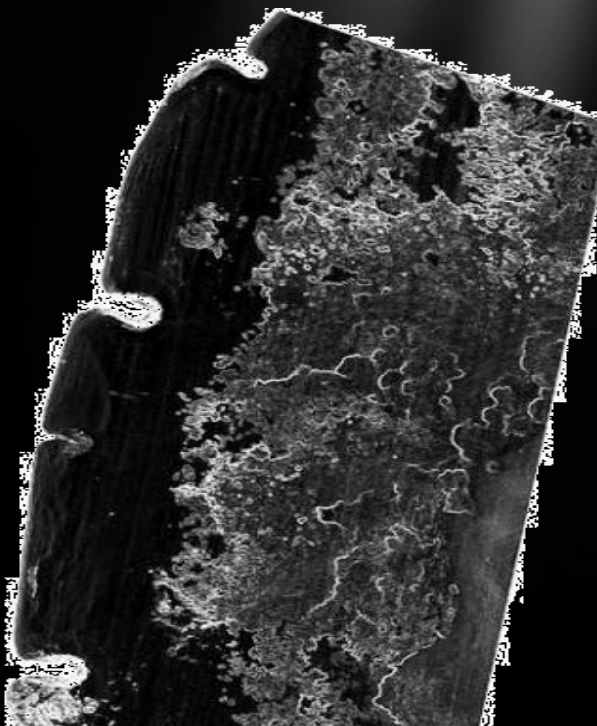
Développement d'un logiciel « Chef d'orchestre » : son rôle : cadencer les mesures : acquisitions, communications, enregistrements

Développement d'un SIG spécifique intégrant

- le traitement des différentes données acoustiques
- le géo-référencement, avec même base-temps
- la fusion des informations acoustiques, de positionnement et d'attitude

Données :
Haute Résolution
Haute précision

Rugosité bathymétrique



Bathymétrie
Topographie 3D du fond



Imagerie
Sonar latéral

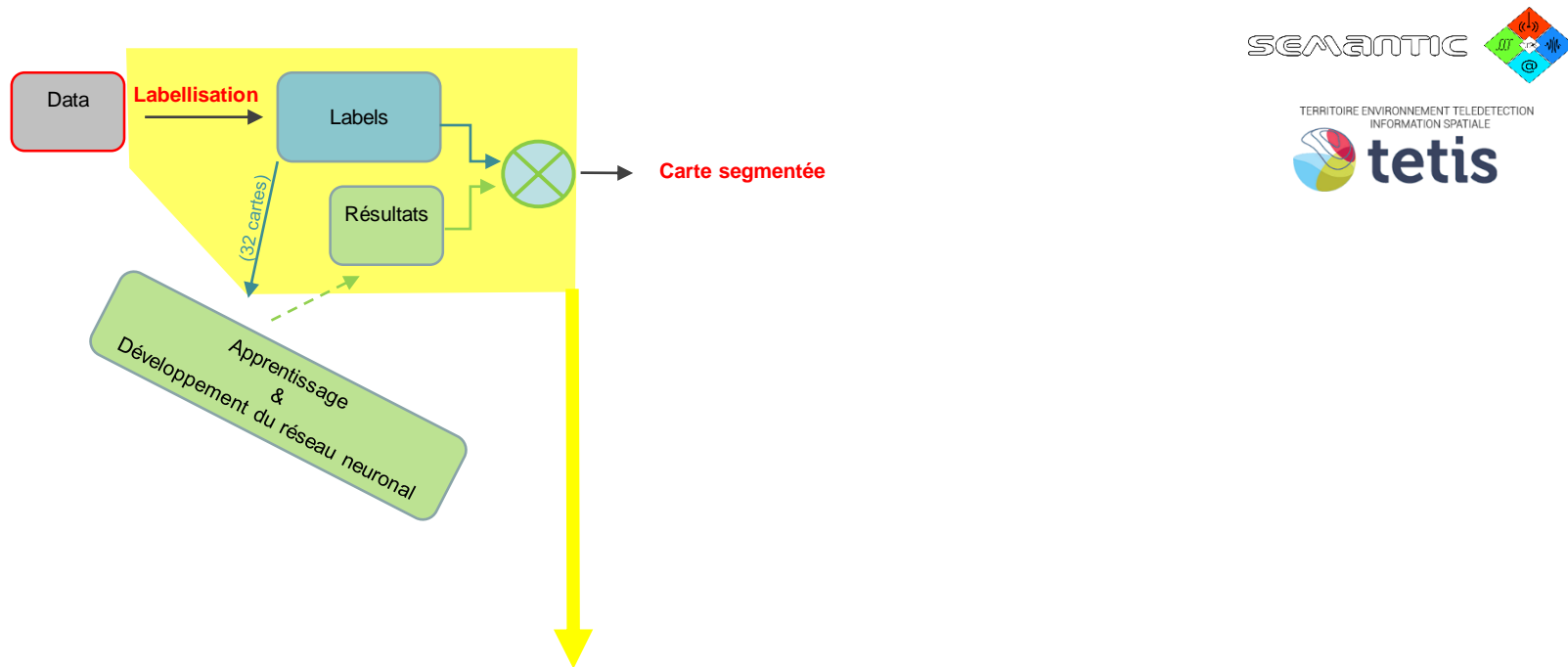


Données acquises

7 ans de données

DATE	NOM	TIF BATHY	TIF SONAR
2015	SteMaxime_Croisette	566.00m x 792.50m @ 0.25m x 0.25m	561.00m x 791.75m @ 0.25m x 0.25m
2015	SteMaxime_Garonette	463.50m x 477.00m @ 0.25m x 0.25m	463.50m x 474.25m @ 0.25m x 0.25m
2015	SteMaxime_Nartelle	945.00m x 1067.00m @ 0.25m x 0.25m	945.25m x 1067.25m @ 0.25m x 0.25m
2015	SteMaxime_StHilaire	290.00m x 227.50m @ 0.25m x 0.25m	289.75m x 226.75m @ 0.25m x 0.25m
2016	SteMaxime_NartelleSud	504.50m x 448.50m @ 0.25m x 0.25m	502.50m x 448.25m @ 0.25m x 0.25m
2016	SteMaxime_PortBaie	1324.50m x 630.50m @ 0.25m x 0.25m	1324.50m x 630.25m @ 0.25m x 0.25m
2017	BaiePampelonne_Herbiers	1503.00m x 2598.50m @ 0.25m x 0.25m	1488.75m x 2508.00m @ 0.25m x 0.25m
2017	Cannes_Croisette	1023.00m x 478.75m @ 0.25m x 0.25m	1022.75m x 478.50m @ 0.25m x 0.25m
2017	Cannes_DiguePort	840.75m x 466.50m @ 0.25m x 0.25m	841.00m x 467.00m @ 0.25m x 0.25m
2017	CotiChiavari_Portigliolo	509.75m x 469.75m @ 0.25m x 0.25m	508.75m x 469.00m @ 0.25m x 0.25m
2017	Hyerès_Bona	408.75m x 1004.50m @ 0.25m x 0.25m	408.50m x 1004.25m @ 0.25m x 0.25m
2017	Hyerès_Capte	210.00m x 546.25m @ 0.25m x 0.25m	209.75m x 546.25m @ 0.25m x 0.25m
2017	Hyerès_Gare	202.50m x 229.75m @ 0.25m x 0.25m	202.25m x 229.50m @ 0.25m x 0.25m
2017	Lecci_BaieSaintCyprien	531.50m x 1046.25m @ 0.25m x 0.25m	537.00m x 1046.50m @ 0.25m x 0.25m
2017	StRaphael_PlageVeillat	382.00m x 314.25m @ 0.25m x 0.25m	385.25m x 314.25m @ 0.25m x 0.25m
2017	StRaphael_PortSantaLucia	1074.50m x 1094.25m @ 0.25m x 0.25m	1054.00m x 1059.50m @ 0.25m x 0.25m
2018	Cannes_Croisette	1021.50m x 478.75m @ 0.25m x 0.25m	1021.50m x 478.75m @ 0.25m x 0.25m
2018	Menton_PlagesS1S2	1369.50m x 1286.00m @ 0.25m x 0.25m	1340.75m x 1246.25m @ 0.25m x 0.25m
2018	Menton_PlagesS3	501.50m x 560.50m @ 0.25m x 0.25m	480.00m x 608.00m @ 0.25m x 0.25m
2018	Roquebrune_Plages	643.50m x 1144.00m @ 0.25m x 0.25m	672.00m x 1184.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Hyerès_Bona	448.00m x 1088.00m @ 0.25m x 0.25m	448.00m x 1088.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Hyerès_Canalisation	4171.50m x 2653.00m @ 0.25m x 0.25m	4170.50m x 2653.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Hyerès_Capte	210.00m x 546.25m @ 0.25m x 0.25m	209.50m x 546.25m @ 0.25m x 0.25m
2019	Hyerès_Gare	200.00m x 226.25m @ 0.25m x 0.25m	199.50m x 226.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Marseille_ParcBalneairePrado	860.50m x 700.00m @ 0.25m x 0.25m	858.50m x 699.75m @ 0.25m x 0.25m
2019	SaintCyr_Emissaire	1165.50m x 923.00m @ 0.25m x 0.25m	1165.25m x 922.75m @ 0.25m x 0.25m
2019	SaintLaurent_Port	1735.50m x 698.00m @ 0.25m x 0.25m	1735.00m x 697.50m @ 0.25m x 0.25m
2019	StTropez_Cimetiere	189.75m x 249.25m @ 0.25m x 0.25m	167.50m x 199.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Theoules_ParcMarin	2624.00m x 4032.00m @ 0.50m x 0.50m	2624.00m x 4000.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Theoules_Port	303.25m x 191.75m @ 0.25m x 0.25m	301.50m x 191.75m @ 0.25m x 0.25m
2020	Hyerès_LittoralCeinturon	985.50m x 1417.50m @ 0.25m x 0.25m	643.00m x 835.25m @ 0.25m x 0.25m
2020	LaSeyne_BaieSablette	False	525.75m x 1547.50m @ 0.25m x 0.25m

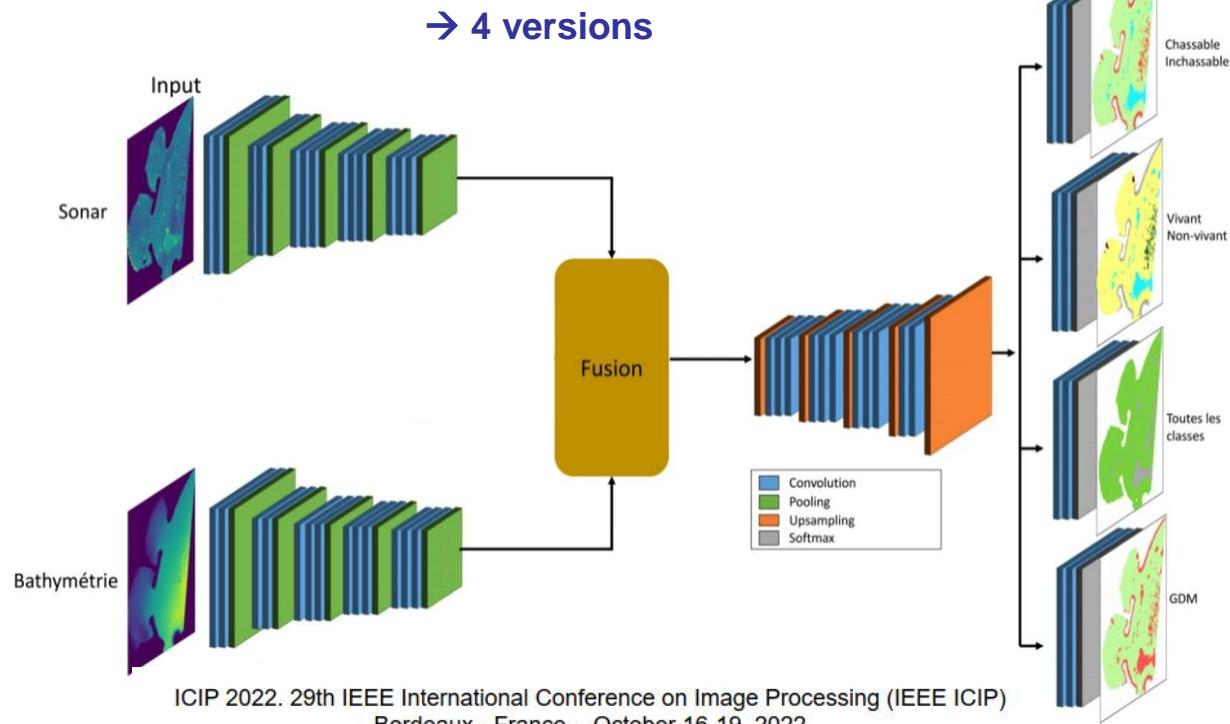
Objectifs : Carte segmentée des fonds marins dédiée à la GDM et au suivi environnemental



Cette présentation se focalise sur les aspects suivants :

- Labellisation**
- Expertise cartographie acoustique** des fonds marins
- Cercle vertueux Experts IA – Experts sonaristes** milieu marin

→ Développement du Réseau de Neurones (CF Conférence ICIP Oct 2022)



NEW ACTIVE LEARNING APPROACH FOR SEABED SEGMENTATION

Lionel Pibre⁺⁺

Jérôme Pasquet⁺⁺

Vincent Douzal[†]

Claire Noël^{*}

⁺AMIS, Université de Montpellier 3, Montpellier, France

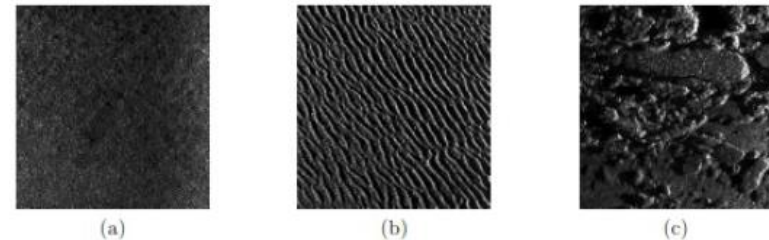
[†]TETIS - Inrae, AgroParisTech, Cirad, CNRS, Univ. Montpellier, Montpellier, France

^{*} Semantic TS, Sanary-sur-Mer, France

Analyse des données par rapport aux enjeux GDM & Environnement

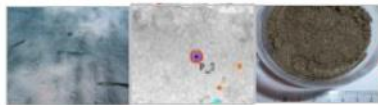
Classification selon les 3 grandes catégories de fonds marins impactant de manières distinctes les performances d'une chaîne ATR (Automatic Target Recognition)

Code	Classe / Libellé	Couleur
1	Homogène	Vert
2	Anisotrope	Bleu
3	Complexe	Rouge

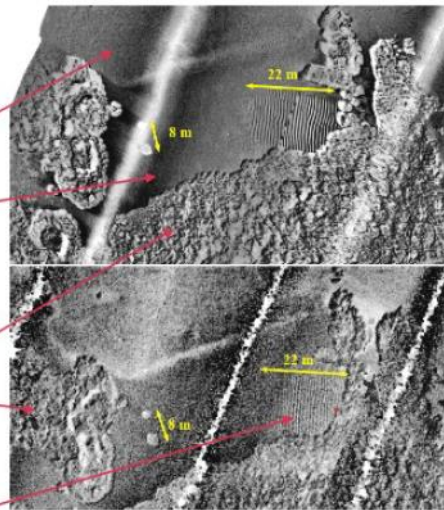
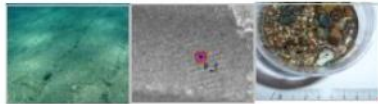
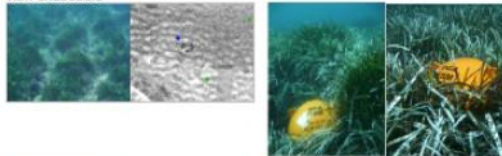


Exemple d'un fond homogène (a) - anisotrope (b) - complexe (c) (Extrait de [Picard 2017])

Chassable



Non chassable



Enjeux / environnement

9 classes d'habitat

Libellé	Code REAL	Code GDM 1-Homogene 2-Anisotrope 3-Complexe	Code LIFE
Posidonie	0	3	1
Enrochement	1	3	0
Matte	2	3	1
Anthropique	3	3	0
Cymodocee	4	3	1
Sediment	5	1	0
		1	0
		1	0
Roche	6	3	0
BlocGaletGravier	7	3	0
SedimentRide	8	2	0



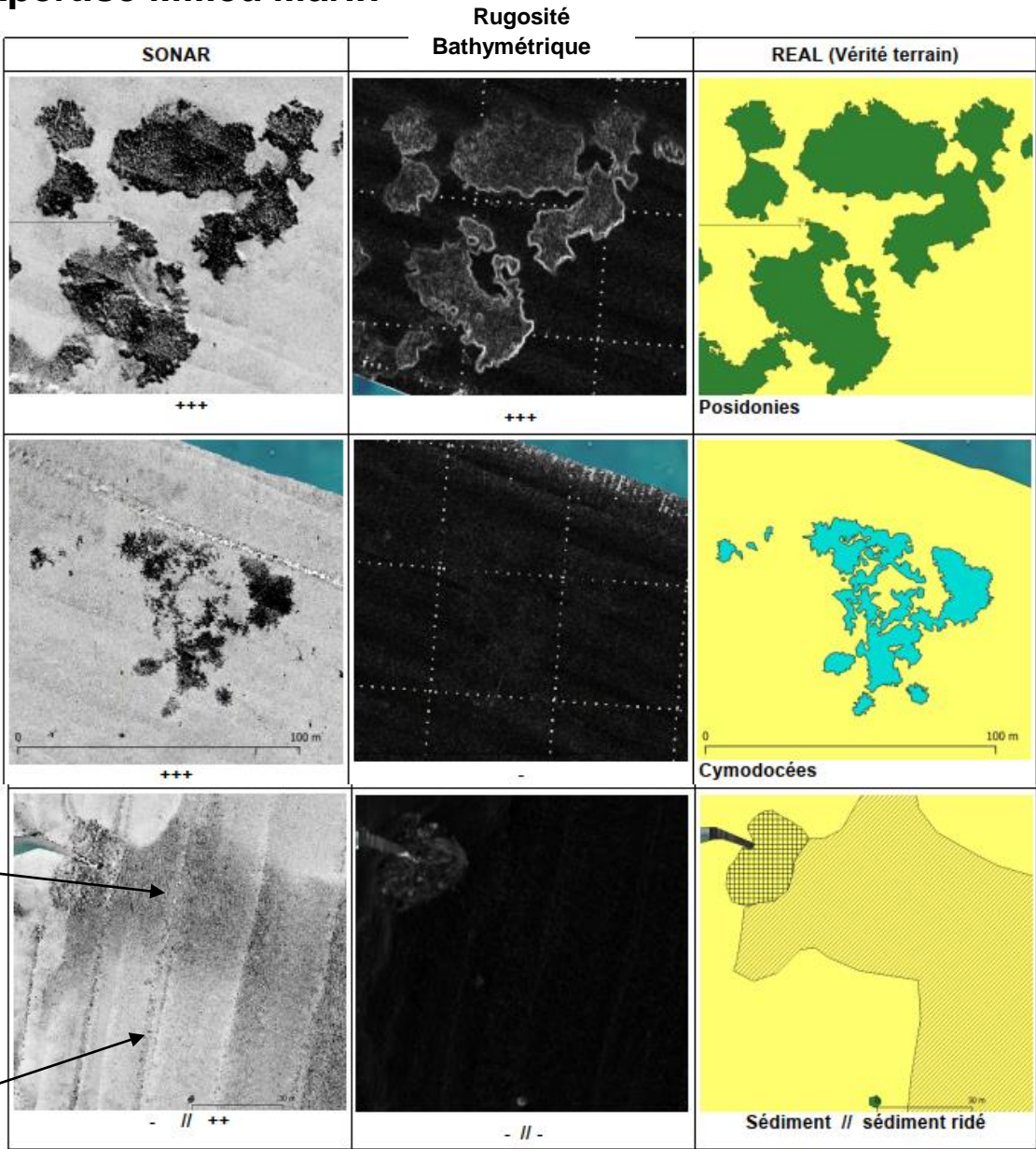
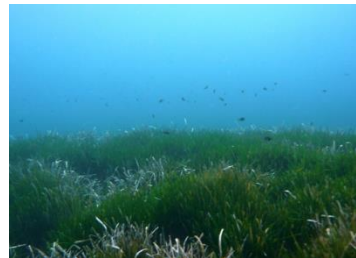
Spécifications / labellisation

Bilan:

9 classes ENV

3 classes GDM

Analyse des données & Expertise Milieu Marin



Forte
signature sur
SONAR &
BATHY

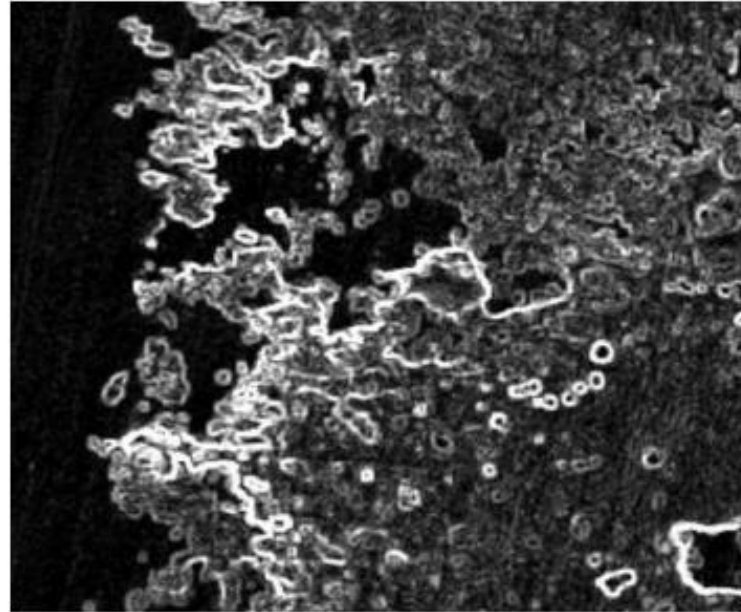
Forte
signature sur
SONAR

++ ou - forte
signature sur
SONAR

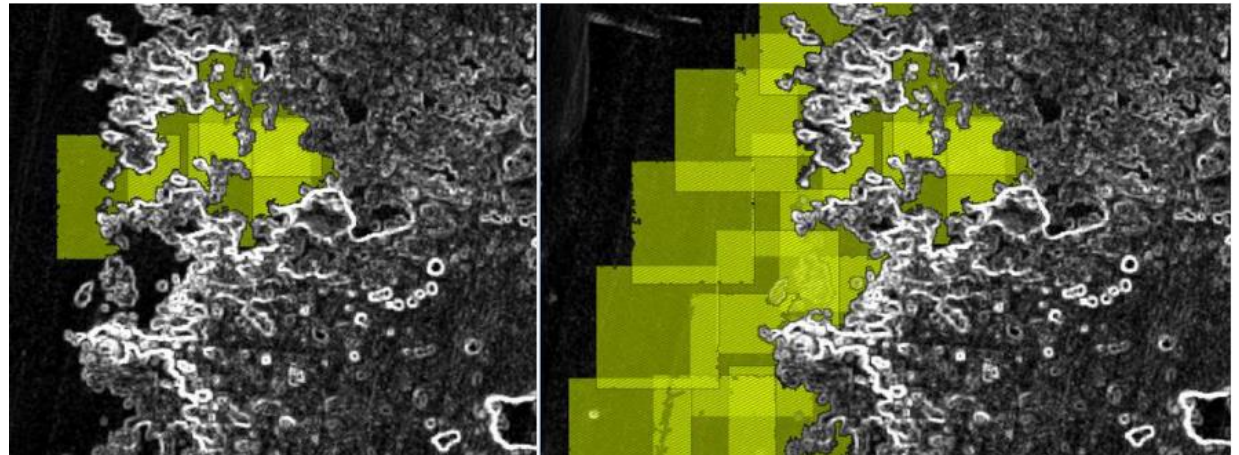
Outil de segmentation pour la labellisation



Imagerie sonar



Rugosité



Labellisation des données

Développement outils de visualisation des vidéos géo-référencées en post traitement sur un jeu de données bathymétriques et sonar latéral



Figure 22 : Système ENO SEMANTIC



Figure 23 : Système tracté de vidéo sous-marine géo-référencée

Développement outils de visualisation des vidéos géo-référencées en post traitement sur un jeu de données bathymétriques et sonar latéral

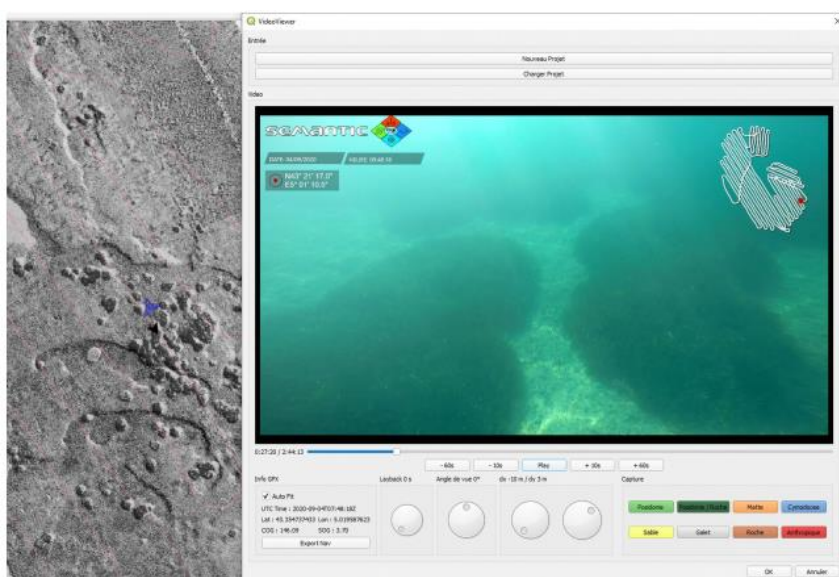
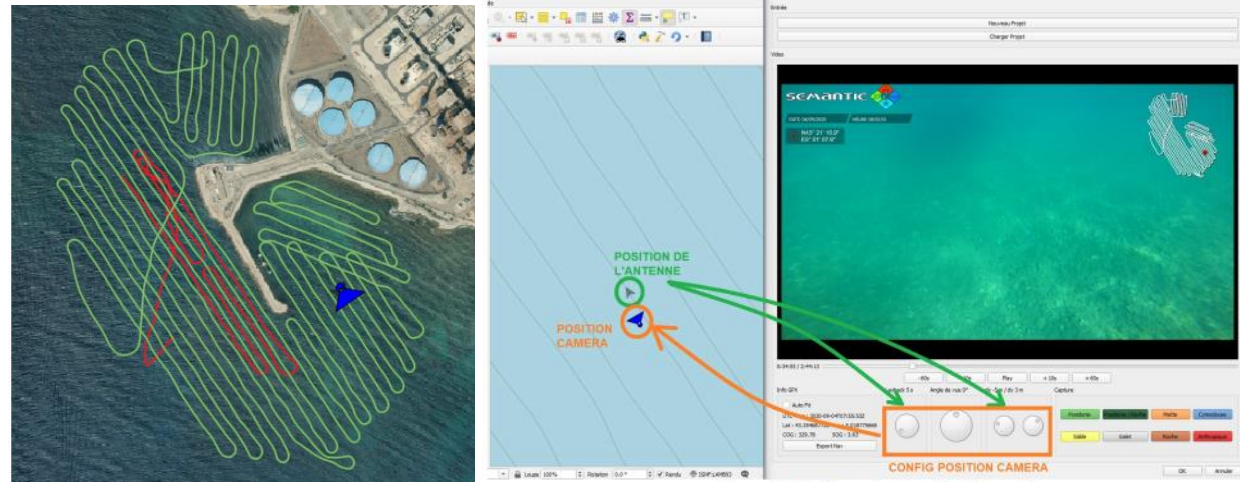


Illustration des vidéos géoréférencées sur la zone d'herbier

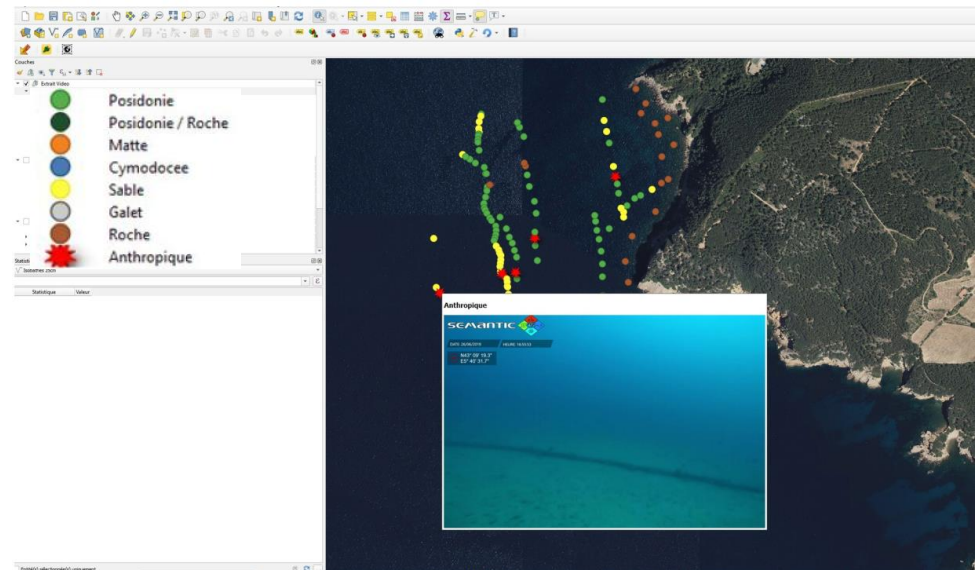
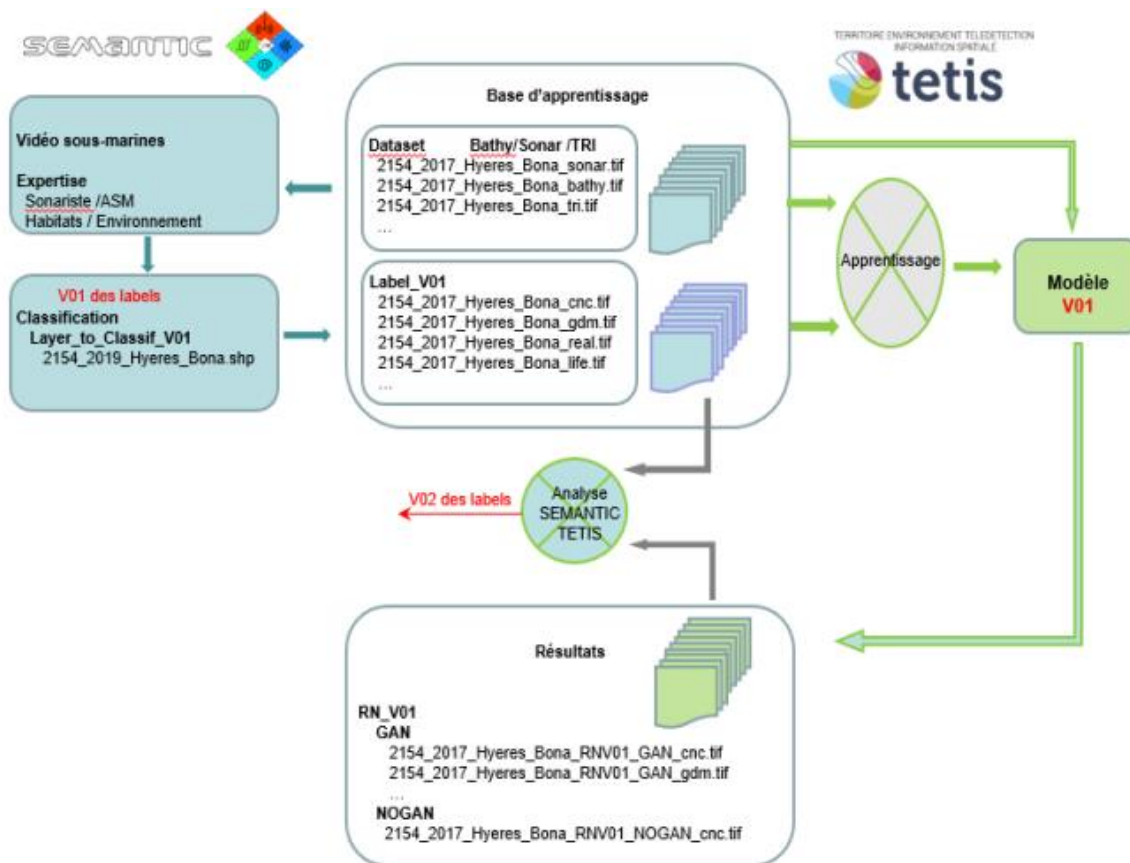


Illustration de points de labellisation par observation vidéo et report cartographique

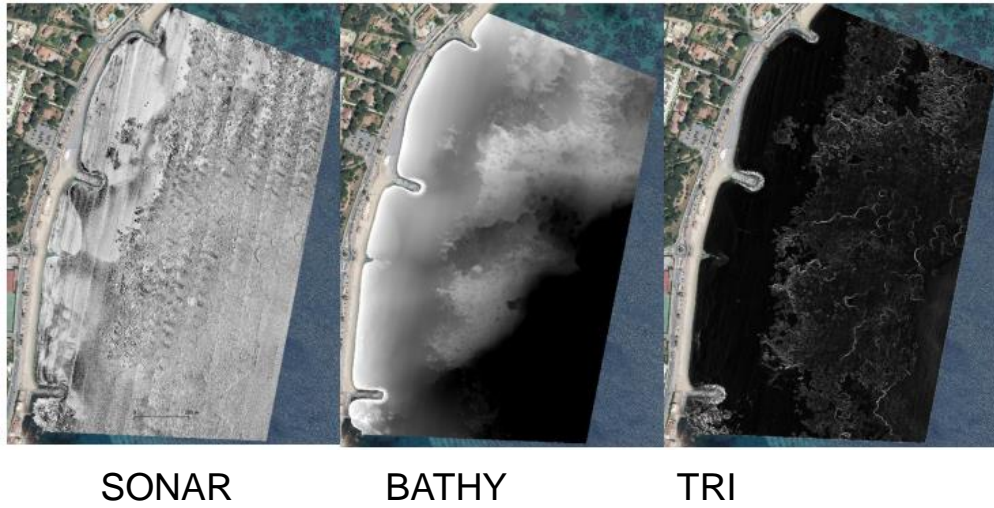
Le protocole d'alimentation des réseaux de neurones a été établi sur la boucle vertueuse suivante :

Labellisation Version n → Analyse résultats du RN → Labellisation Version n +1

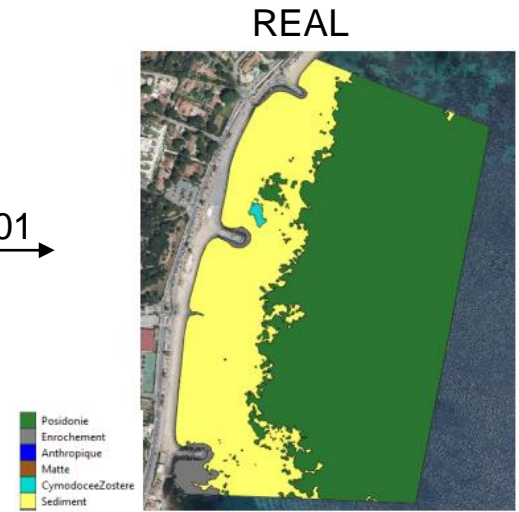
flux de données relatifs à l'alimentation du RN après la V01 de la labellisation



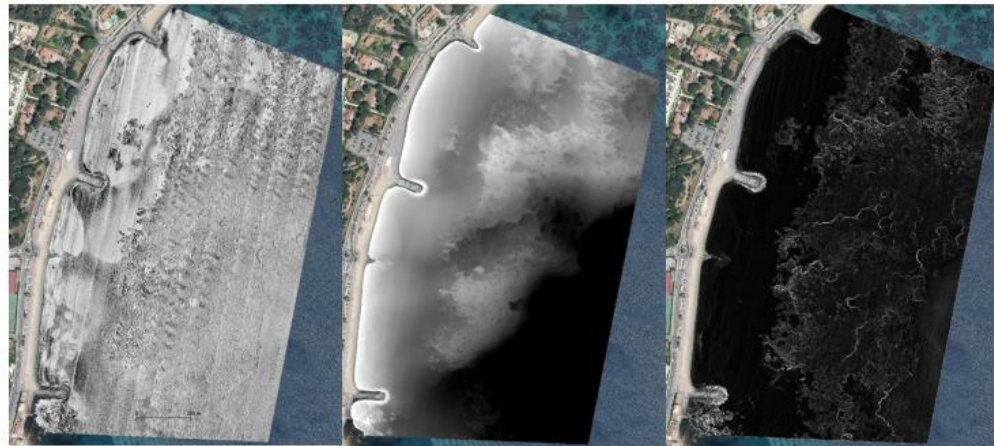
Labellisation



LABEL V01 →



Labellisation

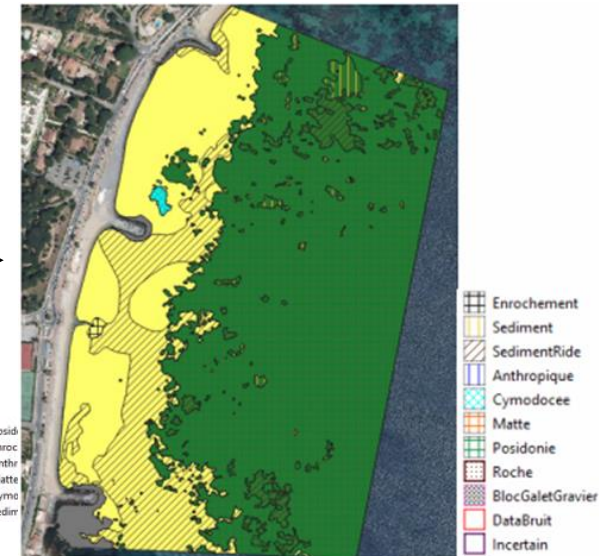


SONAR

BATHY

TRI

LABEL V01



REAL

LABEL V03

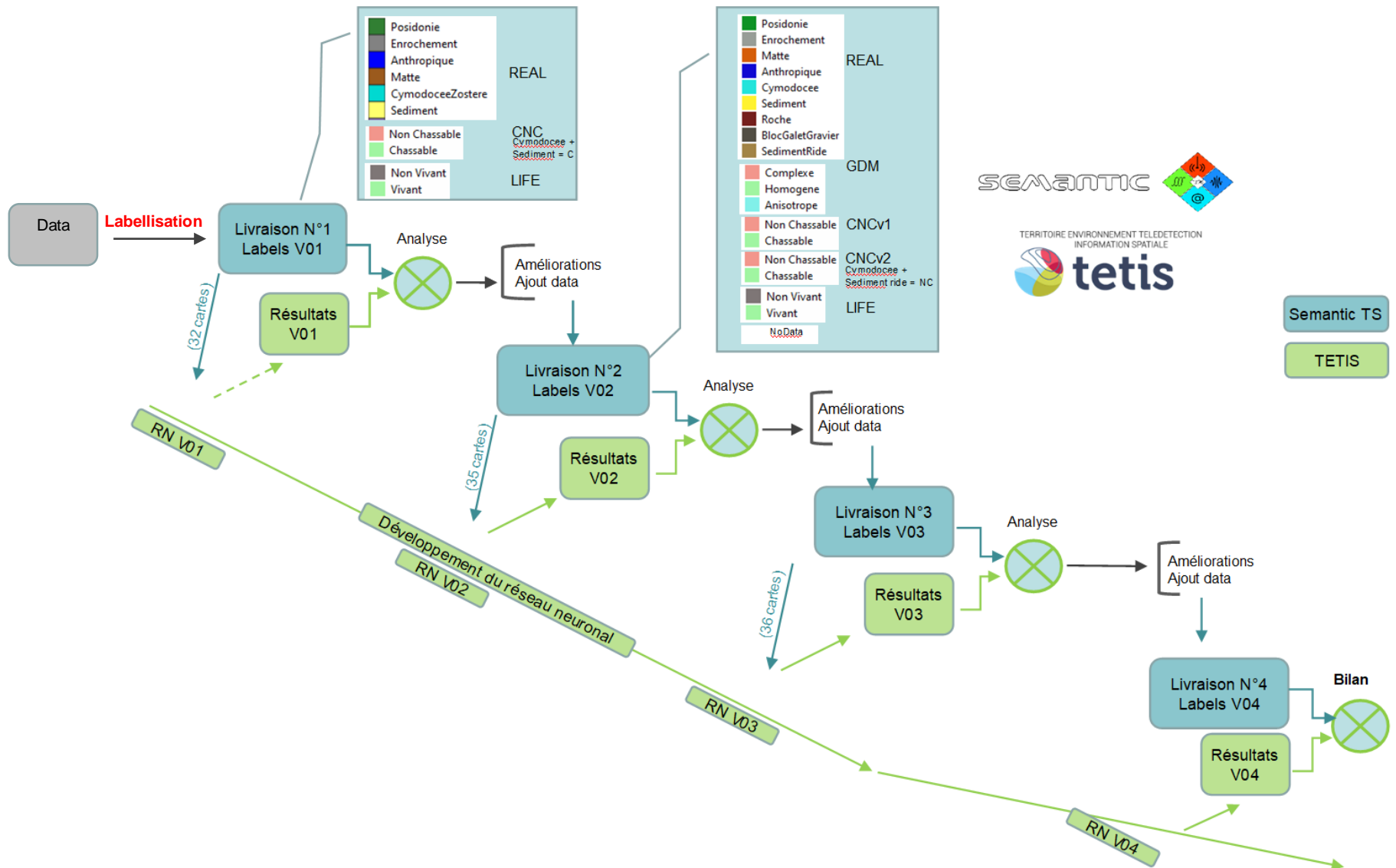
GMD



Des taux d'accuracy/pixels de 80% sont rapidement atteints sur les classes les plus représentées

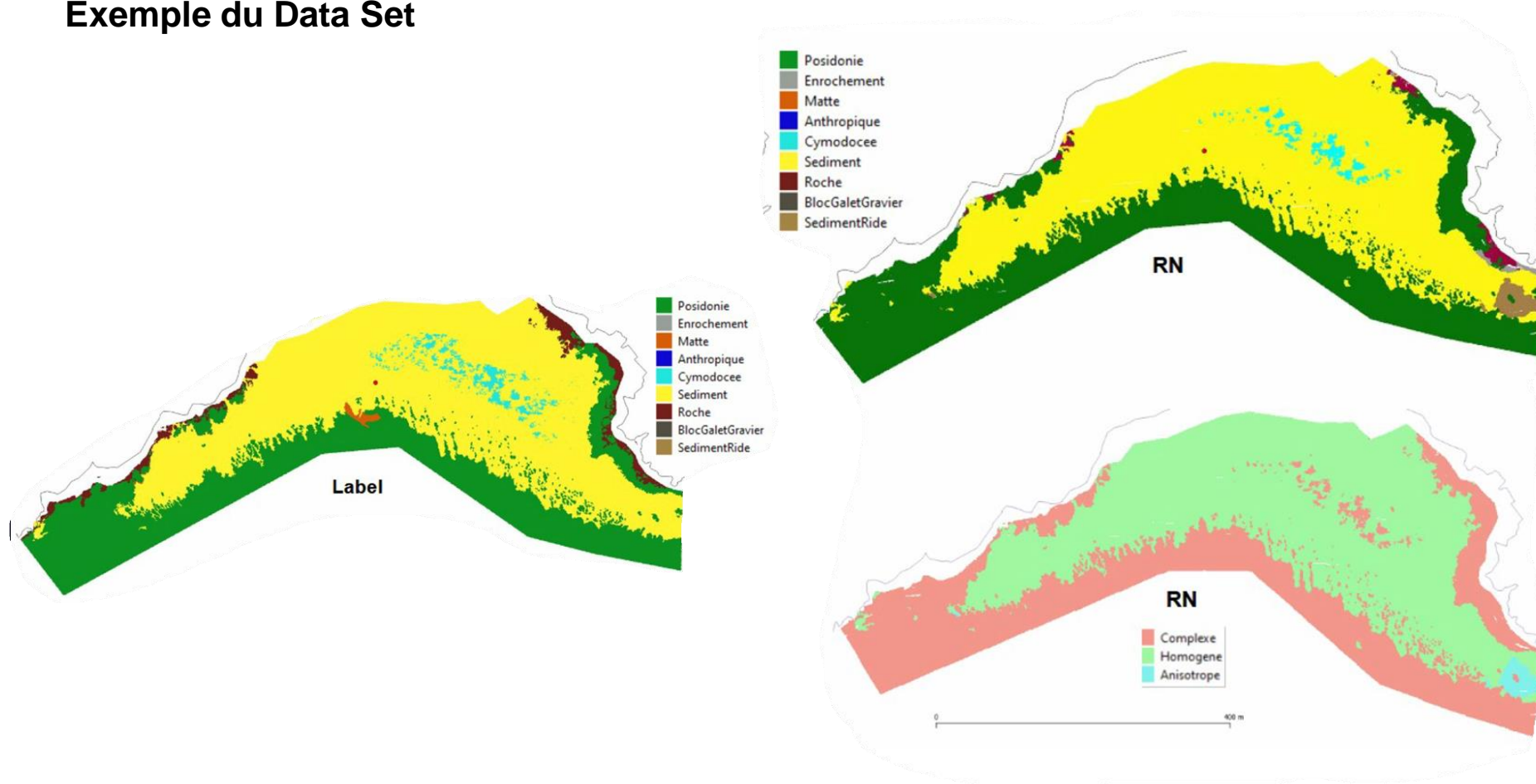
Mais :

- Erreurs d'interprétations globales → la définition de classes supplémentaires



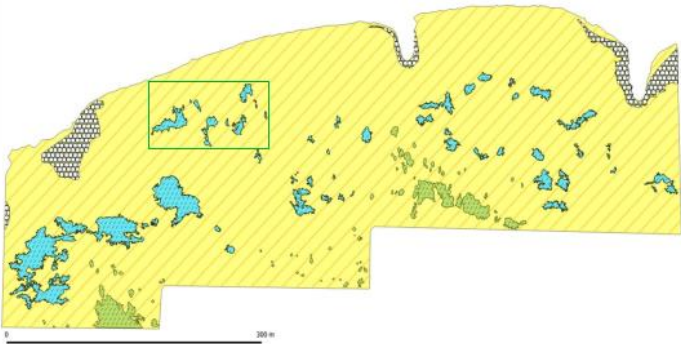
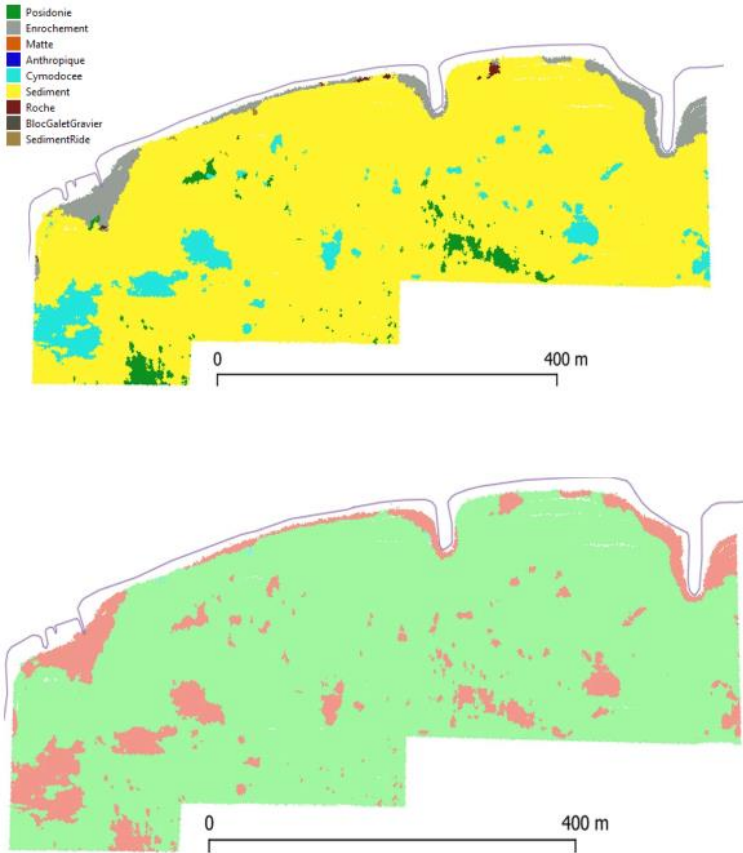
Résultats

Exemple du Data Set



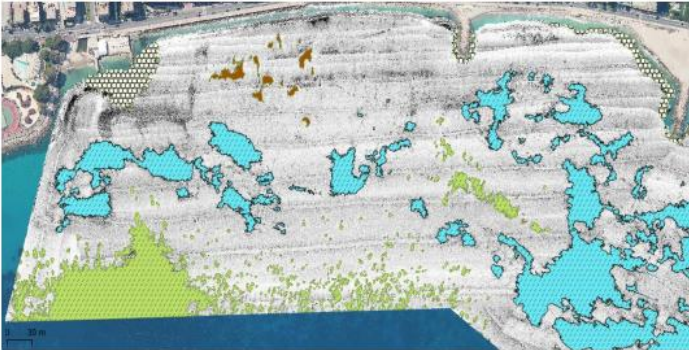
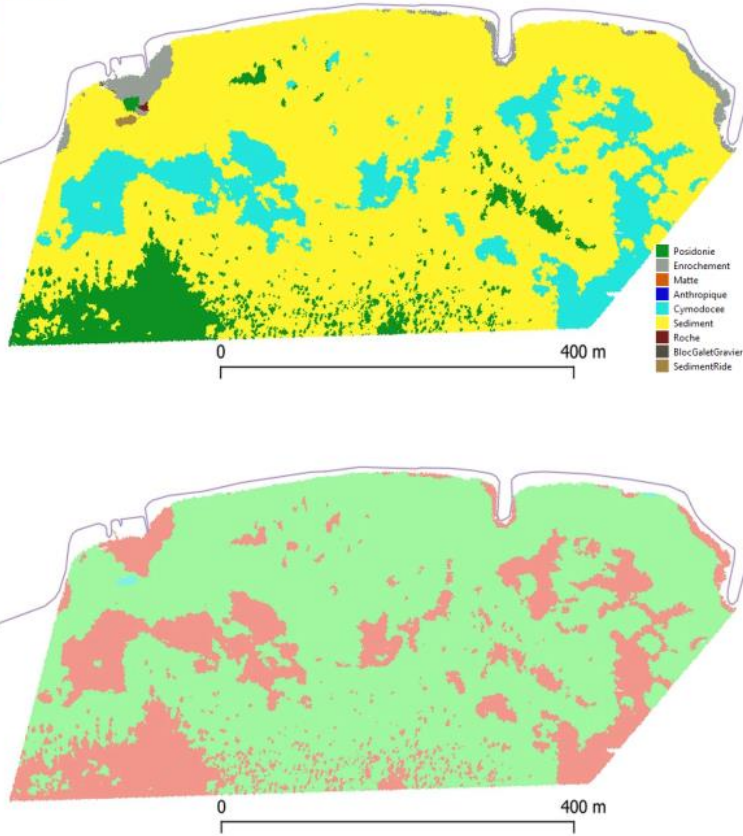
Résultats

Exemple du Data Test

NOM	Carte des habitats	RN_V03
2020_Menton_PlageS1	 <p>Excellents résultats du RN en REAL *sauf petite tache de cymodocées identifiée en posidonies par le RN, interprétée en cymodocées en 2020, et qui s'avérera (en 2021) être en réalité de la matte morte → RN très perspicace donc</p> <p>Excellents résultats en GDM</p>	

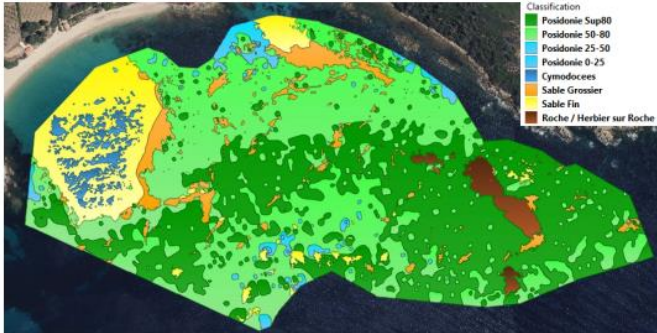

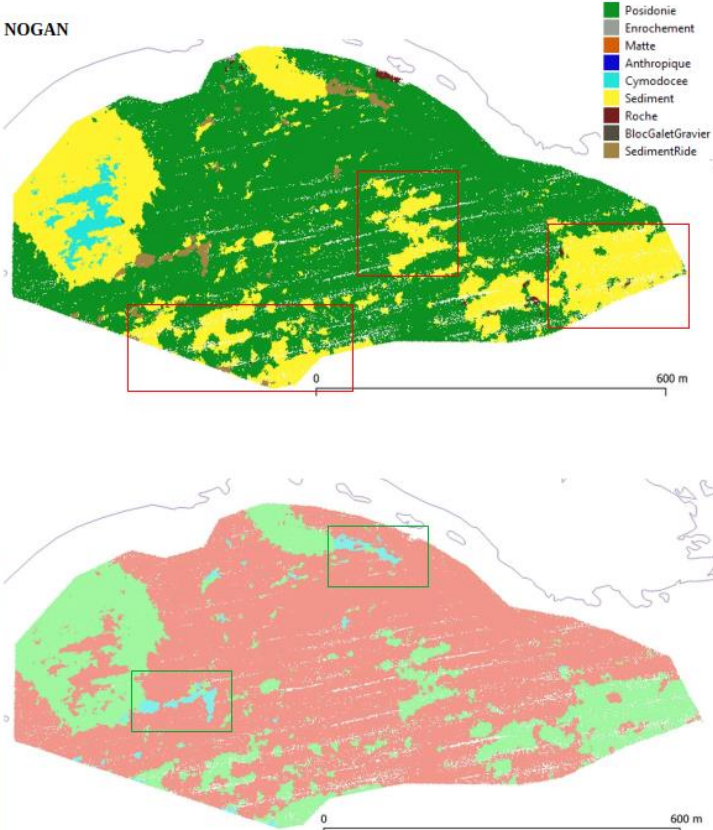
Résultats

Exemple du Data Test

NOM	Carte des habitats	RN_V03
2021_Menton_PlageS1	 <p>Excellents résultats du RN en REAL</p> <p>Excellents résultats en GDM</p>	<p>NOGAN</p>  <ul style="list-style-type: none"> Posidonie Enrochement Matte Anthropique Cymodoceae Sédiment Roche Bloc/Galet/Graier SédimentRide

Résultats

Exemple du Data Test

NOM	Carte des habitats	RN_V03
2021_Cavalaire_Briande	 <p>RN trouve plus de sédiment que VT Globalement correct sauf en bas de zone Le RN détecte bien le sable ridé La densité de l'herbier de posidonies n'est pas homogène sur ce secteur Le secteur est complexe (fortes diversité et inhomogénéité)</p> 	<p>NOGAN</p> 

Conclusions

108 Go de données.

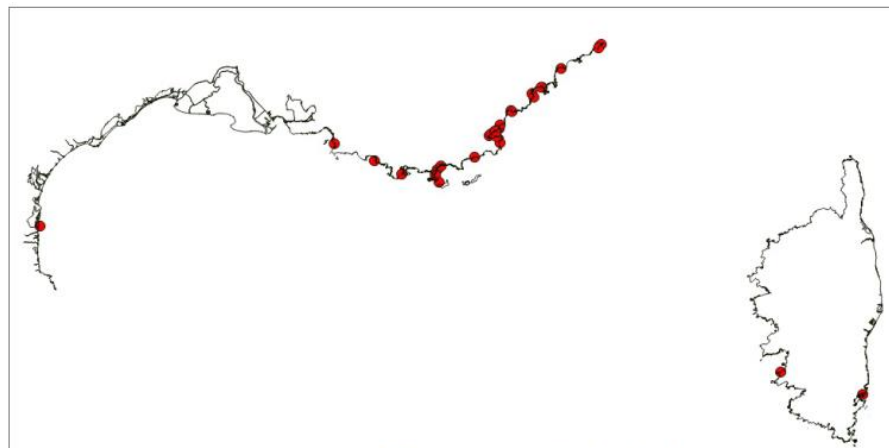
Un dossier architecturé a été réalisé sous QGIS.

Le dossier comprend :

- 33 cartes avec résultats complets du RN-V03
- et en moyenne pour chaque carte :
- Label : 4 couches
 - Classification : 2 couches
 - Data source : 3 couches
 - Résultats
 - GAN : 4 couches
 - NOGAN : 4 couches

Le nombre de cartes analysées est d'environ 560 cartes ($33 * 17 = 561$)

Chaque carte présente entre 9 et 3 classes.



Localisation des data constituant le DataSet

- ☐ 2015_SteMaxime_Croisette
- ☐ 2015_SteMaxime_Garonette
- ☐ 2015_SteMaxime_Nartelle
- ☐ 2015_SteMaxime_StHilaire
- ☐ 2016_SteMaxime_NartelleSud
- ☐ 2016_SteMaxime_PortBaie
- ☐ 2017_BaiePampelonne_Herbiers
- ☐ 2017_Cannes_Croisette
- ☐ 2017_Cannes_DiguePort
- ☐ 2017_CotiChiavari_Portigliolo
- ☐ 2017_Hyeres_Bona
- ☐ 2017_Hyeres_Capte
- ☐ 2017_Hyeres_Gare
- ☐ 2017_Lecci_BaieSaintCyprien
- ☐ 2017_StRaphael_PlageVeillat
- ☐ 2018_Cannes_Croisette
- ☐ 2018_Menton_PlagesS1S2
- ☐ 2018_Menton_PlagesS3
- ☐ 2018_Roquebrune_Plages
- ☐ 2019_Hyeres_Bona
- ☐ 2019_Hyeres_Capte
- ☐ 2019_Hyeres_Gare
- ☐ 2019_SaintCyr_Emissaire
- ☐ 2019_SaintLaurent_Port_noRNV3
- ☐ 2019_StRaphael_PortSantaLucia_noRNV3
- ☐ 2019_StTropez_Cimetiere
- ☐ 2019_Theoules_ParcMarin
- ☐ 2019_Theoules_Port
- ☐ 2019_Marseille_ParcBalneairePrado
- ☐ 2020_Hyeres_LittoralCeinturon
- ☐ 2021_Canadel_Plage
- ☐ 2021_Grimaud_StPons
- ☐ 2021_Grimaud_VM
- ☐ 2021_Leucate_Herbier

Conclusions

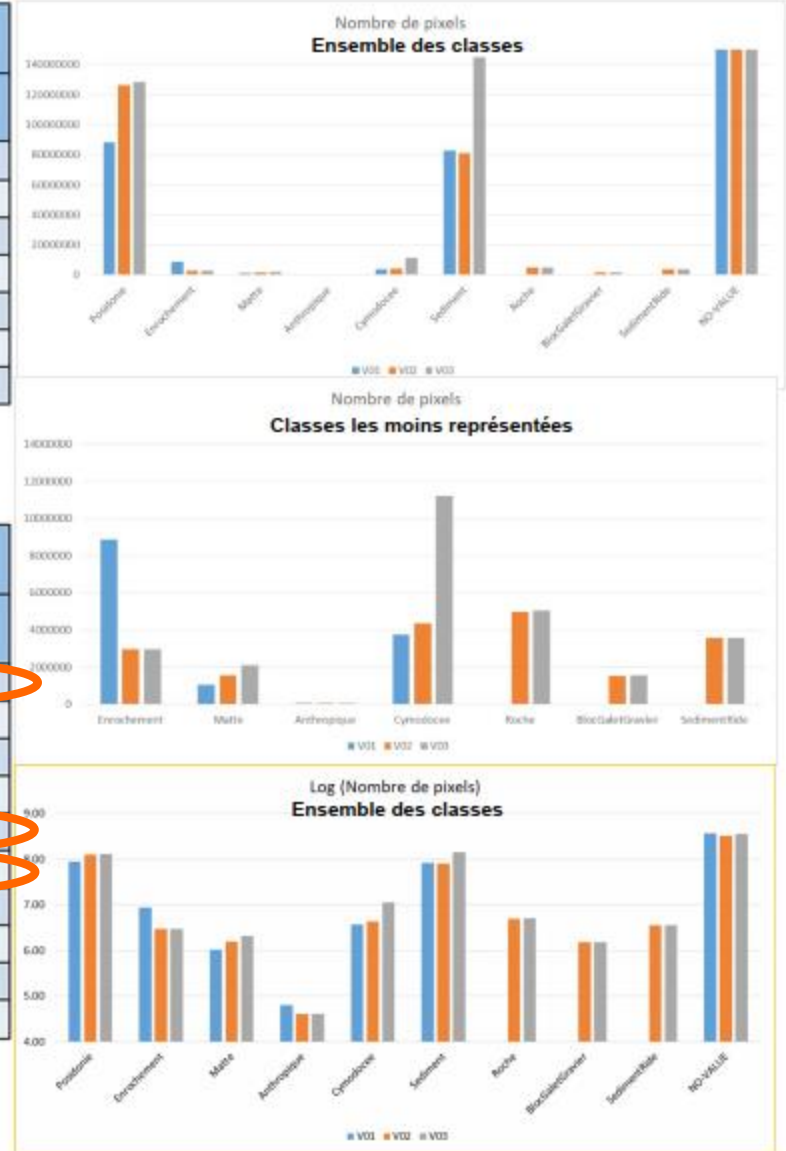
V01	
CLASSES	#PIXELS
Posidonie	88,362,461
Enrochement	8,199,706
Matte	1,056,044
Anthropique	62,772
Coralligene	674,676
Zostere	11,088
Cymodocee	3,738,292
Sediment	82,657,688
NO-VALUE	373,119,672

V01 regroupe	
CLASSES	#PIXELS
Posidonie	88,362,461
Enrochement	8,874,382
Matte	1,056,044
Anthropique	62,772
Cymodocee	3,749,380
Sediment	82,657,688
NO-VALUE	373,119,672

V02	
CLASSES	#PIXELS
Posidonie	126,375,219
Enrochement	2,941,260
Matte	1,569,278
Anthropique	40,611
Cymodocee	4,343,787
Sediment	81,245,321
Roche	4,956,349
BlocGaletGravier	1,531,863
SedimentRide	3,559,600
NO-VALUE	331,319,111

V03	
CLASSES	#PIXELS
Posidonie	128,337,503
Enrochement	2,941,621
Matte	2,118,059
Anthropique	40,645
Cymodocee	11,226,658
Sediment	145,111,715
Roche	5,056,930
BlocGaletGravier	1,540,421
SedimentRide	3,565,197
NO-VALUE	361,517,967

Evolution du nombre de pixels par classe à l'issue du remplissage du Dataset et des différentes versions de labellisation



Conclusions

Taux d'accuracy

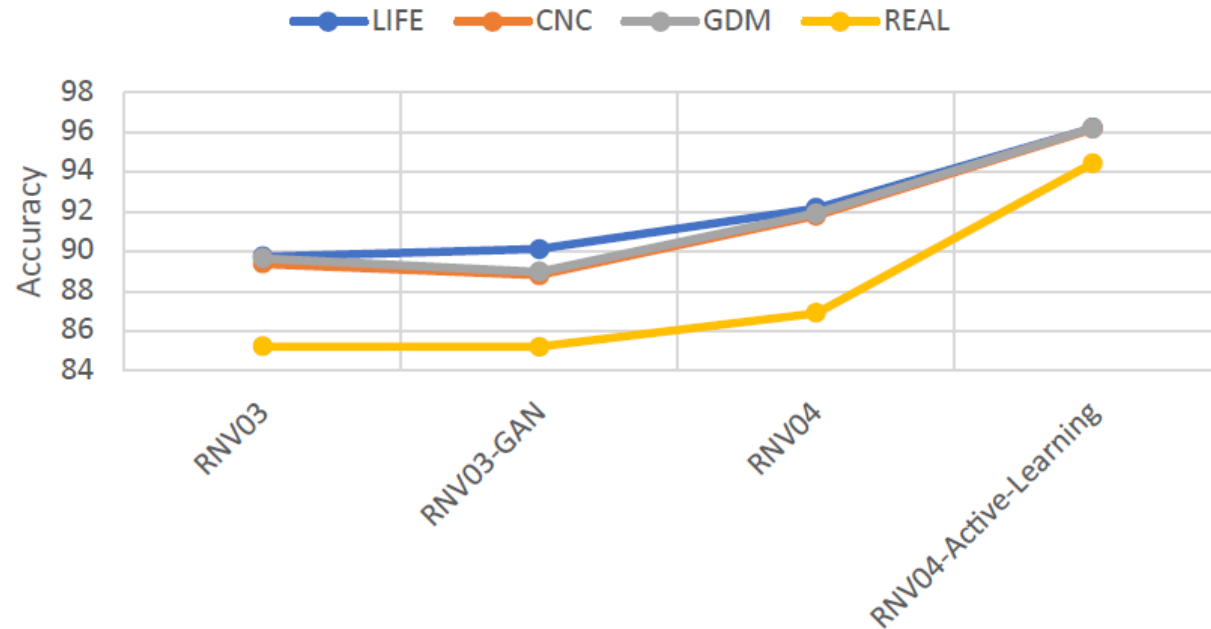
V04

Apprentissage actif

RESULTAT (ACCURACY) SUR UN ENSEMBLE DE 3 MODELES AVEC LES IMAGES S'ORIGINES + GAN

LIFE	90,12	92,18	96,22
CNC	88,80	91,81	96,19
GDM	88,99	91,92	96,20
TRUE	85,19	86,90	94,44

Évolution des résultats



Conclusions

Taux d'accuracy

En termes de d'objectifs de classification pour la GDM

- Très bons résultats en GDM Homogène-Anisotrope-Complexe
- Excellents sur Homogène-Complexe
 - Les seuls problèmes constatés concernent le sable ridé, parfois non détecté et pourtant présent sur les data labellisées. Sur rides de faible amplitude → ne constitue pas un problème opérationnel. Il faudrait tester le RN sur des secteurs de sable comportant des rides plus marquées, pour pouvoir mieux le qualifier.

Conclusions

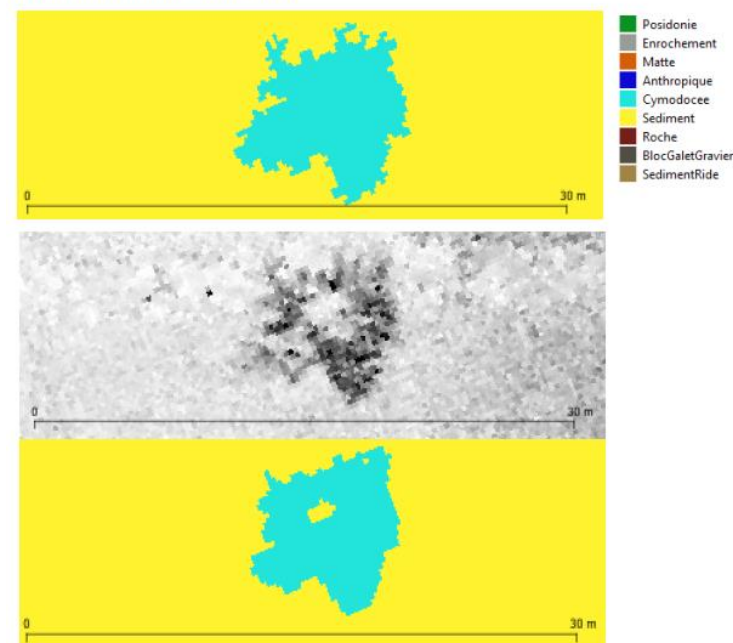
- **En termes de d'objectifs de classification pour les habitats (REAL)**

- Excellents résultats sur les classes posidonies, sédiment et cymodocées (classes les plus représentées dans les data source).

- Excellentes performances sur la classe cymodocées pour lequel le RN est capable d'atteindre un meilleur niveau de segmentation que les labels. (Le RN est en capacité de restituer la prairie avec des zones d'exclusion intérieures, pour peu que le contraste sur la mosaïque sonar latéral soit suffisant. Dans ce cas le RN peut même apporter des informations meilleures que la labellisation, ce que le taux d'accuracy calculé par pixel ne met pas en évidence.)

- Résultats moyens à mauvais sur les autres classes comme la matte morte ou pour la différenciation posidonies & roche, liés au fait de la faible représentativité de ces classes dans la base d'apprentissage et/ou à l'insuffisance d'informations intrinsèques contenues dans les données acoustiques sources.

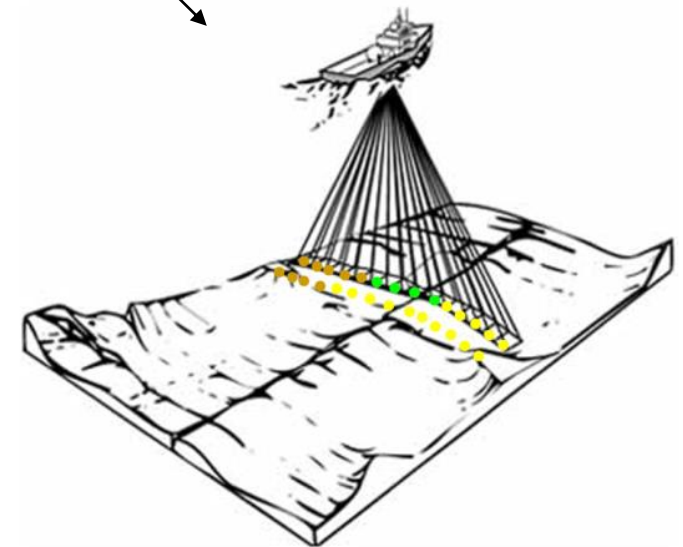
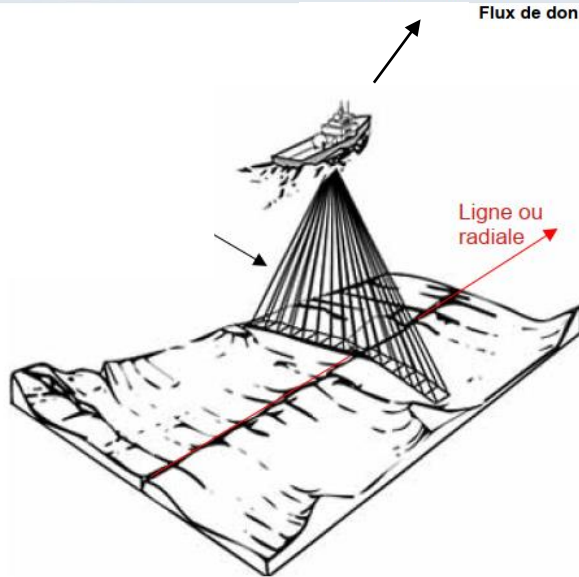
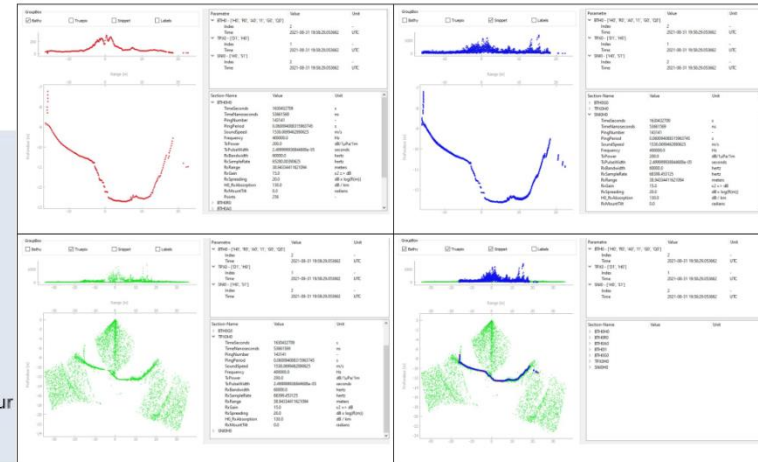
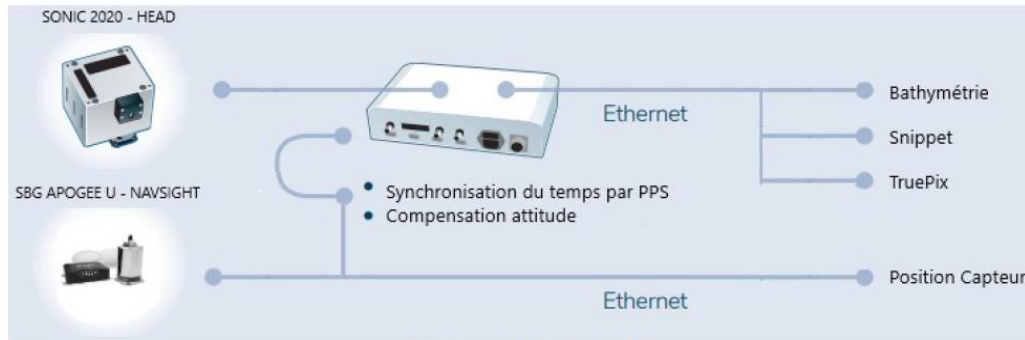
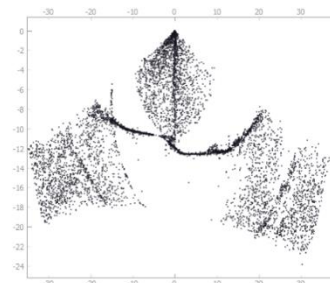
Le RN peut être même meilleur que le label (capable de segmenter une tache de sable au centre de tache de cymodocées)



Objectifs Travaux en cours

Détection changement

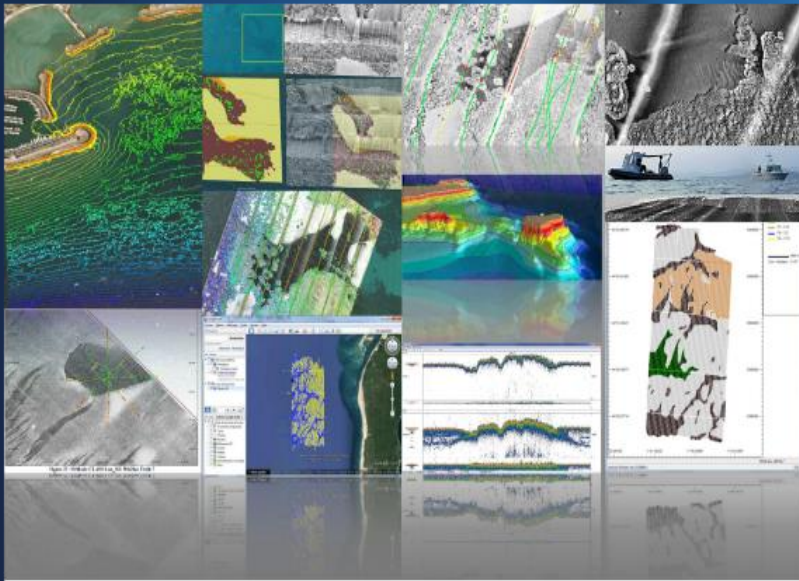
Raw data & Temps-réel



Merci de votre attention !

SEMANTIC TS

Bureau d'Études en Océanographie Acoustique



**Territoires, Environnement,
Télédétection et
Information Spatiale**

Unité Mixte de Recherche
AgroParisTech - Cirad
CNRS - INRAE