

Télédétection environnementale en Polynésie française

Apport de la classification SVM pour la cartographie
du couvert végétal en milieu insulaire tropical



Demande d'habilitation à diriger des recherches
Présentée le 11 juin 2014 sur le campus d'Outumaoro
par **Dr. Benoît Stoll**
Université de la Polynésie française

Plan de l'exposé



• **Présentation du candidat**

- Parcours
- Enseignements
- Responsabilités et administration
- Encadrements
- Financements
- Production scientifique

• **Activités de recherche**

- Préambule
 - Thématique
 - Contexte géographique
- Analyse de données de télédétection
 - Données optiques
 - Information spectrale
 - Information texturale
 - Détection d'objets
 - Données radars
 - Polarisation linéaires simples
 - Polarimétrie
 - Données ancillaires
- Aspects méthodologiques
 - L'algorithme SVM
 - Utilisation conjointe de données hétérogènes
- Aspects applicatifs
 - Cocoteraies
 - Forêt de nuages
 - Espèces envahissantes / espèces rares

• **Conclusion**

- Synthèse
- Perspectives
- Conclusion

Parcours

Dr. Benoît Stoll



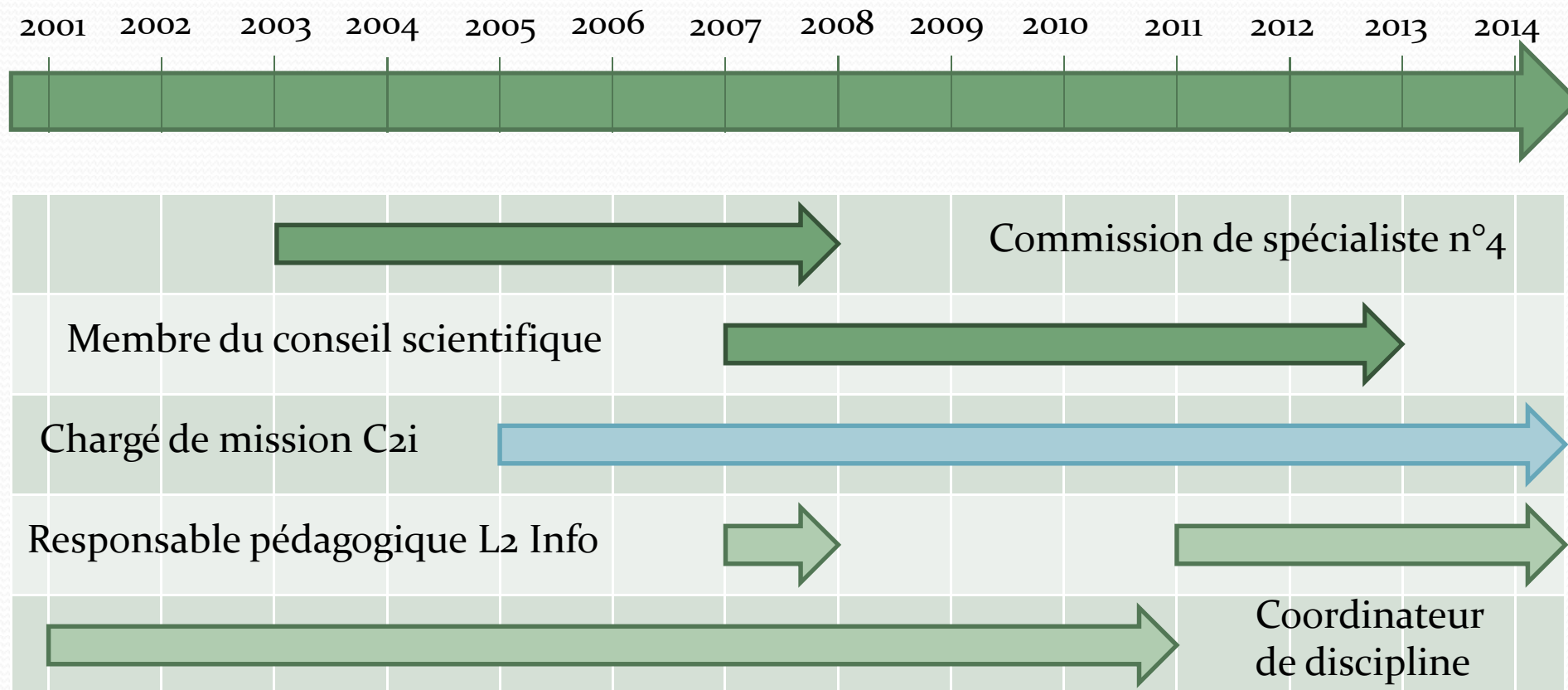
- Naissance : 1^{er} mai 1971 à Toulon
- 1989 : Bac C
- 1991 : DUT GEII
- 1991-1993 : Technicien supérieur en électronique
- 1994 : Licence Ingénierie Electrique
- 1995 : Maîtrise EEA
- 1996 : DEA Optique, Signal et Image (Image)
- **Jan. 2000 : Doctorat de l'UTV en séparation de sources**
- 2000-2001 : ATER IUT Mesures Physiques de Grenoble
- Aout 2001 : Maître de conférences en informatique et télédétection à l'université de la Polynésie française

Activités d'enseignements

Enseignement	Niveau	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	
Informatique générale	L1	Introduction à l'informatique								CRCT					
Techniques informatiques	L1														
Bureautique	L2														
C2i niveau 1	L2														
HTML/javascript	L2	Technologies web													
HTML/css	L1														
Javascript	L2														
Edition de pages web avancée	L3														
Conception web multimédia	L3														
Introduction aux réseaux	L1	Réseaux													
Algorithmique niveau 1	L1	Algorithmique et programmation C													
Algo. et prog. C niveau 1	L1														
Algo. et prog. C niveau 2	L2														
Algo. et prog. C avancée	L2 - L3														
Calcul scientifique	L3	Programmation Scilab													
Volume eq. TD		236h	224h	242h	285h	258h	258h	220h	235h	251h	98h	312h	330h	288h	
Delta (%)		23%	17%	26%	48%	34%	34%	15%	22%	31%	-49%	63%	72%	50%	

En moyenne 262h eq.TD (+36%)

Responsabilités et administration



Encadrements de thèses

Date	Thésard	Sujet	Université
09/12/2008	Cédric Lardeux	Apport de la polarimétrie radar à la cartographie thématique du couvert végétal.	Université de Paris-Est, Marnes-La-Vallée
15/09/2009	Raimana Teina	Caractérisation de la cocoteraie des Tuamotu à partir d'images satellites à très haute résolution spatiale.	Université Pierre et Marie Curie
07/11/2011	Robin Pouteau	Étude de la phytogéographie des îles hautes de Polynésie française par classification SVM d'images multi-sources.	Université de la Polynésie française

Encadrements de stages

Année	Stagiaire	Sujet	Université
2003	Johann Thomas	Étude de la cartographie du couvert végétal des îles hautes polynésiennes.	ENSG-IGN IT ₂
2004	Rémi Provin	Cartographie de la végétation des îles australes à partir d'images AirSAR ou MASTER.	ENSG-IGN IT ₂
2005	Cédric Lardeux	Apport de la polarimétrie radar à la cartographie thématique en Polynésie française.	ENSG-IGN, M ₂ SIG
2009	Manuel Castela	Étude comparative d'attributs et descripteur de texture et application à la classification d'images optiques haute résolution du plateau de Taravao – TAHITI.	INPG (ENSE ₃) M ₂ ATIS
2010	Élise Desmier	Étude de la cocoteraie des Tuamotu par fouille de données.	INSA Toulouse
2010	Romuald Ballet	Cartographie de la végétation de l'île de Tahiti dans un contexte d'érosion sur données SPOT₅.	ENSIETA Brest
2011	Jean-Baptiste Goujeon	Optimisation de la classification de donnée multi-spectrale satellitaire THR, application sur les îles hautes polynésiennes.	groupe ESEO: Anger

Financements

Contrats de recherche

Année	Sujet	Organisme	Montant
2006	Cocoteraie de Tikehau	Service du développement rural	4 200€
2009	Moorea Biocode	Délégation à la recherche	12 500€

Financements de stages

Année	Stagiaire	Billet avion	<i>Perdiems</i>
2003	Johann Thomas	SEOM	SEOM
2004	Rémi Provin	Délégation à la recherche	-
2005	Cédric Lardeux	ENSG	ENSG
2009	Manuel Castela	IRD	-
2010	Romuald Ballet	ENSIETA	ENSIETA
2010	Elise Desmier	PPF UNC	PPF UNC



• Présentation du candidat

- Parcours
- Enseignements
- Responsabilités et administration
- Encadrements
- Financements
- Production scientifique

• Activités de recherche

- Préambule
 - Thématique
 - Contexte géographique
- Analyse de données de télédétection
 - Données optiques
 - Information spectrale
 - Information texturale
 - Détection d'objets
 - Données radars
 - Polarisation linéaires simples
 - Polarimétrie
 - Données ancillaires
- Aspects méthodologiques
 - L'algorithme SVM
 - Utilisation conjointe de données hétérogènes
- Aspects applicatifs
 - Cocoteraies
 - Forêt de nuages
 - Espèces envahissantes / espèces rares

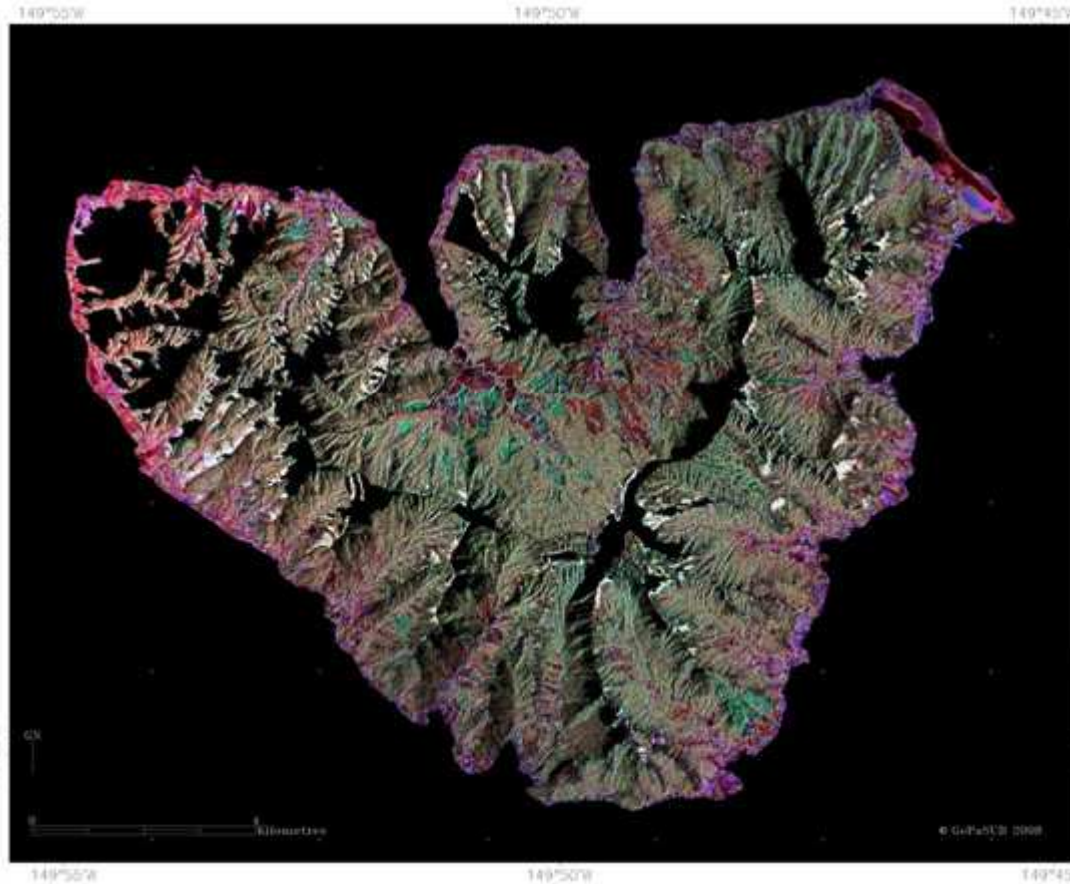
• Conclusion

- Synthèse
- Perspectives
- Conclusion

Thématique de recherche

Travaux de thèse en séparation de sources

Reconversion thématique en télédétection → recherche appliquée au territoire:



Données radar - campagne JPL-AirSAR PACRIM II (2000)

Radar → milieu terrestre

Télédétection environnementale en Polynésie française

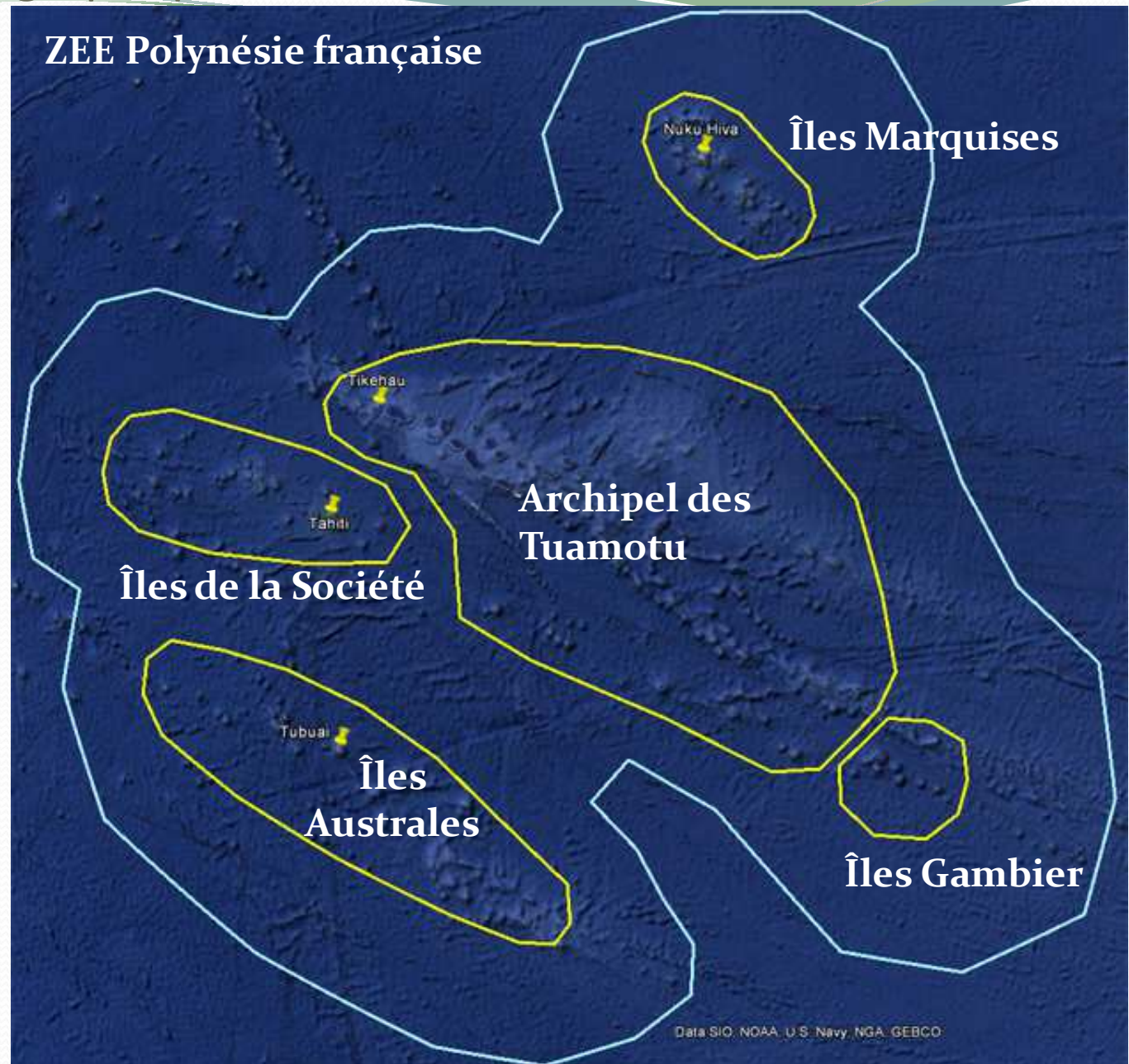
Etude de la répartition spatiale
de la végétation polynésienne

Article 9 de la charte de
l'environnement de 2004 :

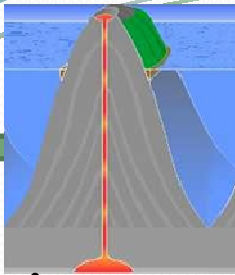
*La recherche et l'innovation doivent
apporter leur concours à la
préservation et à la mise en valeur de
l'environnement.*

Contexte géographique

- La Polynésie française est située au milieu du pacifique sud.
- ZEE : ~5 millions km²
- 5 archipels :
 - ~120 îles
 - ~4000 km²



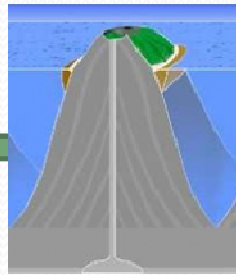
Genèse des îles polynésiennes



Îles hautes
sans récif



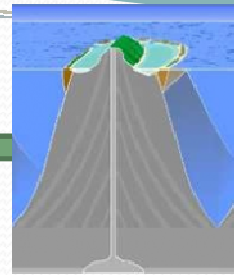
Fatu Hiva - Marquises



Îles hautes avec
récif frangeant



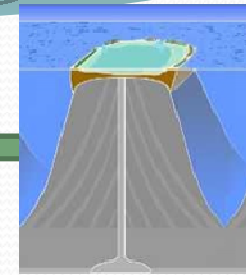
Rurutu - Australes



Îles hautes avec
récif barrière



Tubuai
Australes



Atolls



Vahitahi
Tuamotu

- îles hautes polynésiennes
 - Surface « réduite » (1 000 km² max)
 - Topographie escarpée (> 1 000 m)
 - Végétation « complexe »

- Atolls
 - Peu de reliefs
 - Végétation « simple »

Répartition spatiale de la végétation

La **répartition spatiale** des espèces végétales sur les îles hautes polynésiennes résulte de nombreux facteurs d'origines naturelles ou anthropiques.

Paysage de Tubuai - Australes

Goyavier de Chine

Metrosideros

Herbacées

Pinus

Aïto

Falcata

Bananiers

Cocotiers

Purau

Cultures

Répartition spatiale de la végétation

La **Phytogéographie** analyse l'action du milieu sur la répartition des plantes selon 2 groupes de facteurs :

- **Facteurs abiotiques**

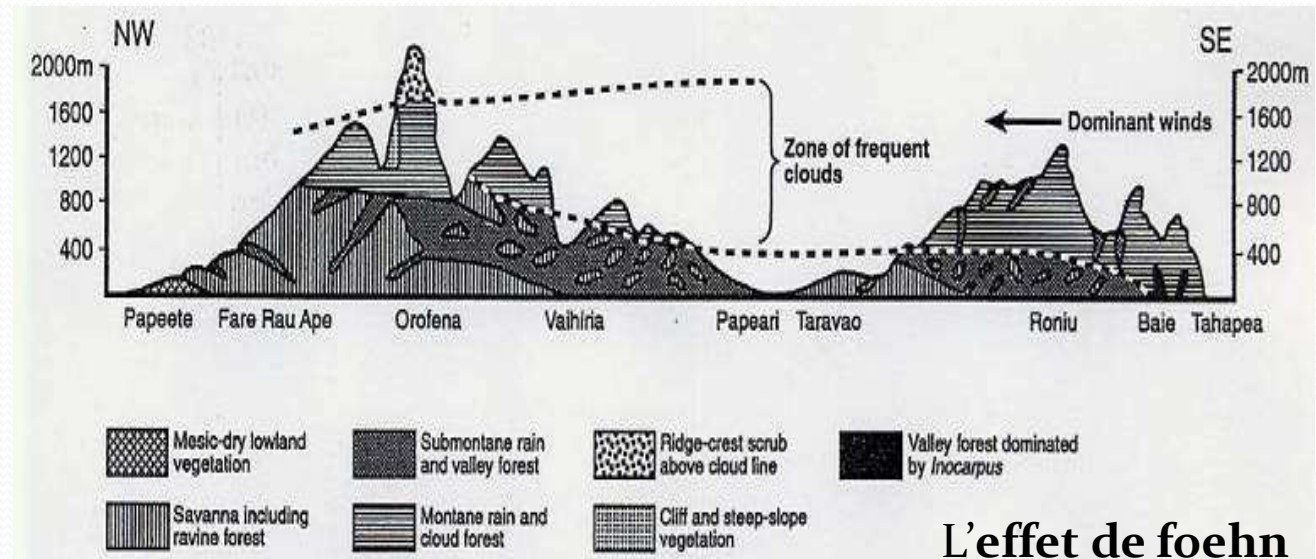
(facteurs non vivants influant sur les conditions de vie des plantes) :

- Température,
- Pluviométrie,
- Évapotranspiration,
- Illumination solaire,
- Altitude,
- Exposition à l'est,
- ...

- **Facteurs biotiques**

(action du vivant sur le vivant) :

- Ressources alimentaires,
- Relations trophiques de prédation, de coopération, compétition, parasitisme, ...



L'effet de foehn

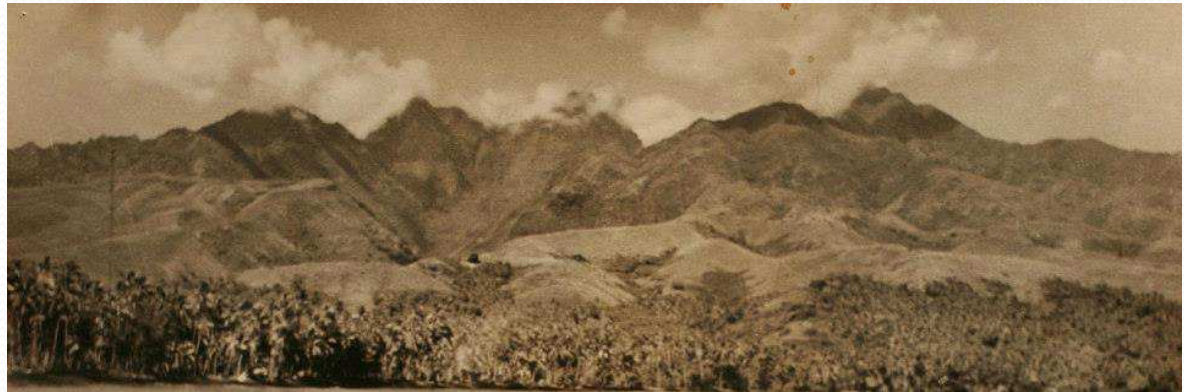
Papy, 1951-1954 in Mueller-Dombois et Fosberg, 1998

Répartition spatiale de la végétation

Règles écologiques
+ topographie marquée

spatialisation « naturelle »

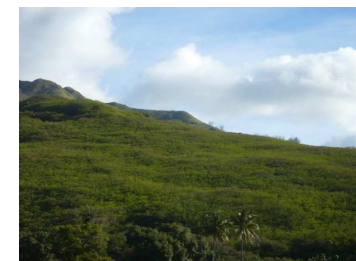
→ **équilibre relatif**



Tahiti depuis la pointe venus (1960)

• 1960: Centre d'essais du Pacifique (CEP) → Aéroport + port autonome → pression anthropique croissante:

- Urbanisation
- Plantations forestières
- Agriculture,
- Incendies,
- Plantes envahissantes,
- ...



→ **Complexification des paysages**

Espèces indigènes et exogènes

1800 espèces exogènes



57 espèces envahissantes



890 espèces indigènes

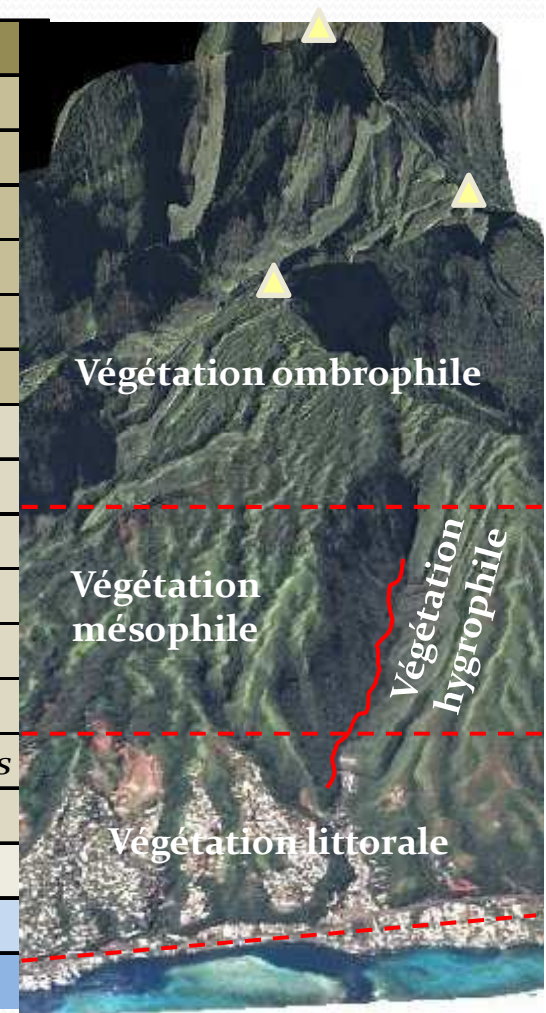
570 espèces endémiques



**Végétation hétérogène
Equilibre écologique bouleversé**

Typologie de la végétation

Type	Ensemble	pluviométrie	Nom
Zonale	Végétation ombrophile	3000 à 9000 mm/an	Forêt de nuages
	Végétation hygrophile	> 3000 mm/an	Matrice à <i>Hibiscus</i>
			Forêts à <i>Neonauclea</i>
			Faciès à <i>Aleurites</i>
			Bambouseraies
			Ripisylve à <i>Inocarpus</i>
			Faciès à <i>Spathodea</i>
	Végétation mésophile	1500 à 3000 mm/an	Forêts à <i>Metrosideros</i>
			Bosquet à <i>Casuarina</i>
			Bosquets à <i>Falcataria</i>
			Brousses à <i>Leucaena</i>
			Plantations à <i>Pinus</i>
			Forêts à <i>Mangifera</i>
			Landes à <i>Dichranopteris</i>
			Savanes à <i>Miscanthus</i>
végétation littorale			
Azonale	Marécages à <i>Typha</i>		
	Cocoteraies		





• Présentation du candidat

- Parcours
- Enseignements
- Responsabilités et administration
- Encadrements
- Financements
- Production scientifique

• Activités de recherche

- Préambule
 - Thématique
 - Contexte géographique
- Analyse de données de télédétection
 - Données optiques
 - Information spectrale
 - Information texturale
 - Détection d'objets
 - Données radars
 - Polarisation linéaires simples
 - Polarimétrie
 - Données ancillaires
- Aspects méthodologiques
 - L'algorithme SVM
 - Utilisation conjointe de données hétérogènes
- Aspects applicatifs
 - Cocoteraies
 - Forêt de nuages
 - Espèces envahissantes / espèces rares

• Conclusion

- Synthèse
- Perspectives
- Conclusion

Donnée optique



Bandes spectrales

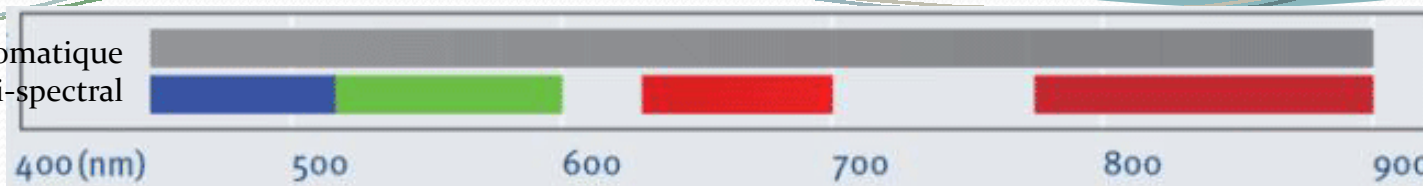
Texture

Détection d'objets

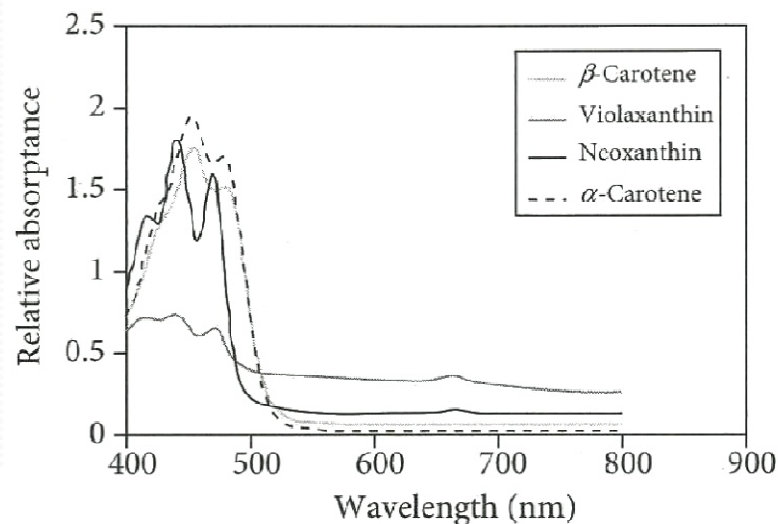
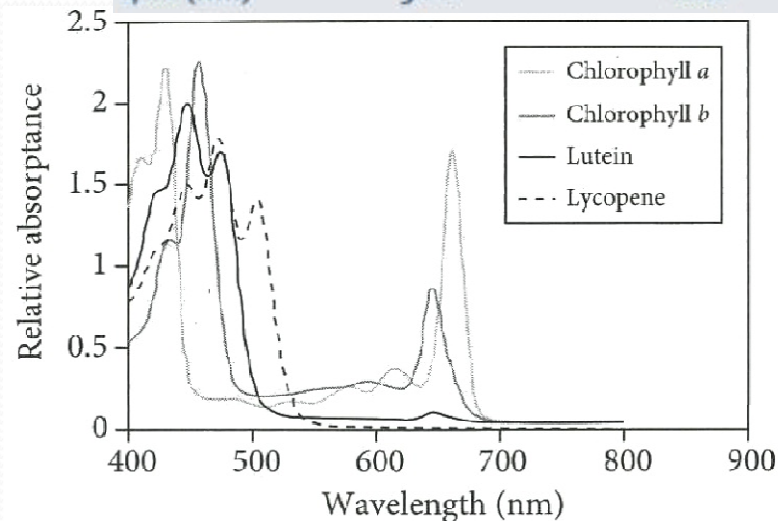
Image Quickbird de Tubuai (2004)

Donnée optique

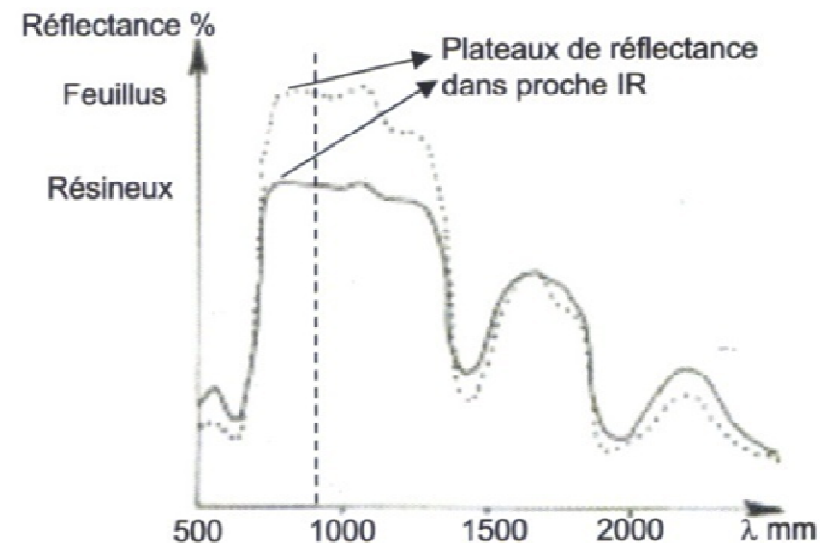
Panchromatique
Multi-spectral



Bandes
Quickbird



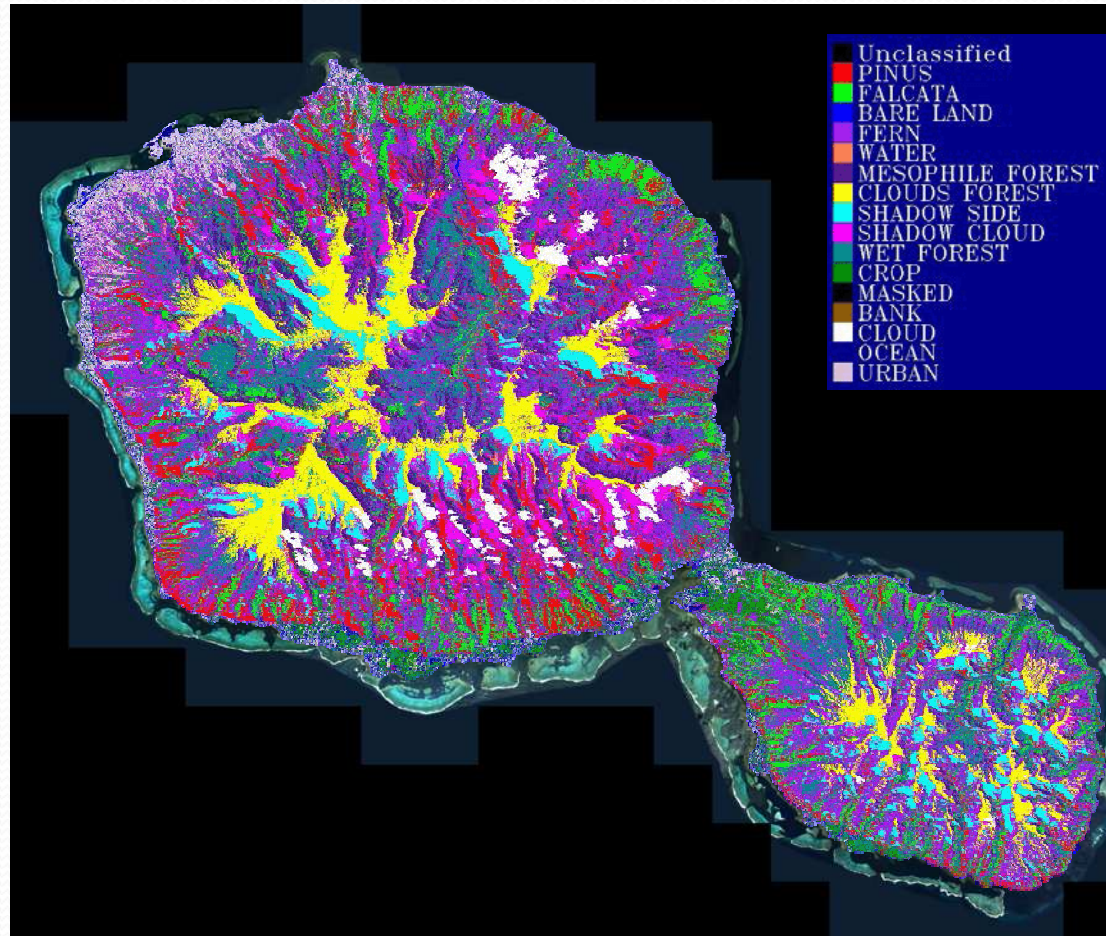
- Capacité à discriminer la végétation sur :
 - Teneur en pigment des feuilles (visible)
 - **fougères, ...**
 - Anatomie des feuilles (infrarouge)
 - **falcata ≠ pinus**



Boureau (2008)

Classification de donnée optique

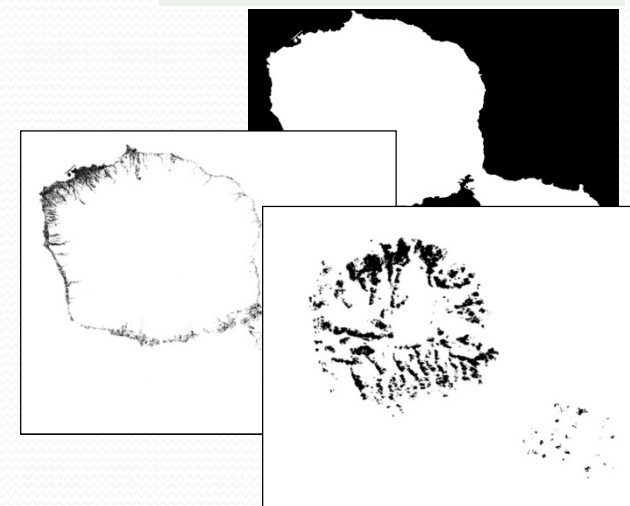
Quickbird (2,5m-R,V,B,NIR)- Classification - max. de vraisemblance



Jeu de classes QB

- Forêt de nuages
- Forêt mésophile
- Forêt hygrophile
- Plantations *Pinus***
- Plantations *Falcata***
- Landes à fougères**
- Cultures et pâturages
- Eau
- Berges
- Terrains nus
- Ombres versants
- Ombres nuages
- Zone urbaines
- Nuages

Optique : réponse spectrale de la végétation
→ jeu de classe réduit (grands ensembles + quelques espèces)



Apport de la texture

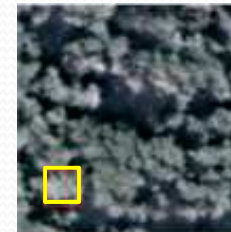
- Texture → **information contextuelle** dans un voisinage immédiat du pixel



Forêt ombrophile
Micro-texture
3x3 pixels



Pinus
Mésotexture
9x9 pixels



Falcataria
Macro-texture
15x15 pixels

- Comparaison des classifications SVM d'une image Quickbird et d'attributs de textures multi-échelle GLCM.

	Quickbird	Texture
MPA	62.7%	83.1%

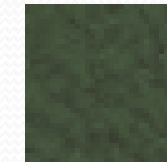
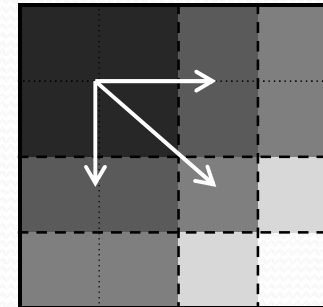
- Echantillonnage terrain → 2 contraintes fortes en milieu tropical :
 - Vignettes représentatives des classes → *zones homogènes suffisamment grandes*
 - Nombre suffisant* de vignettes par classe

Les bases de donnée de vérité terrain sont **réduites**, baisse des performances

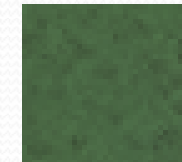
Problématique terrain pour la texture

- Solution → **sous-échantillonner les vignettes terrain**

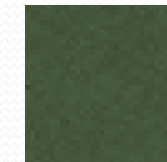
Extraction de N sous-vignettes pour chaque vignette
→ augmentation du nombre de vignettes



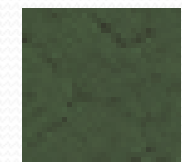
Casuarina



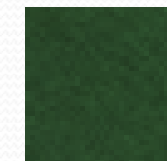
Dicranopteris



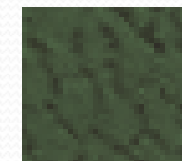
Leucaena



Falcata



Marécages



Pinus

Base	Vignettes	Taille	Vignettes / classe	Attributs GLCM
B1	60	32X32	10	15X4=60
B2	3840	25X25	640	15X4=60

- Comparaison des classifications utilisant les bases d'apprentissages B1 et B2 :

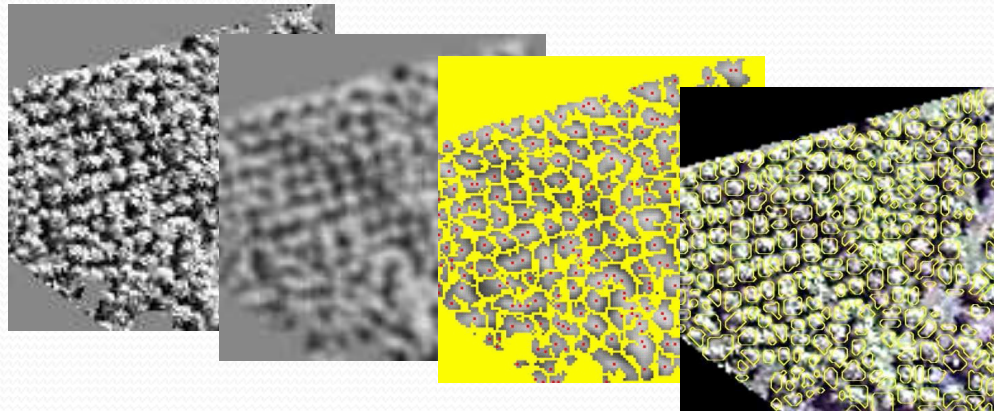
	Base B1	Base B2
Taux GRP	93%	100%

Le sous-échantillonnage permet de simplifier avantageusement les missions terrain.

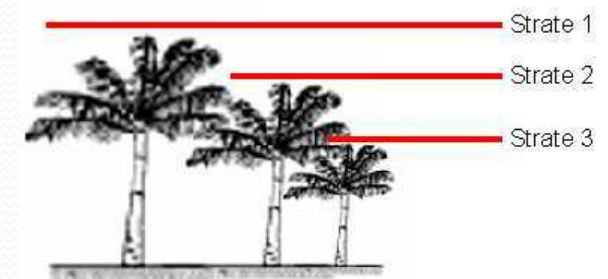
Détection d'objets

Comment détecter les cocotiers sur des images THR ?

- Images Ikonos: 80cm, R,V,B,IR
- Segmentation des cocotiers par algorithme de ligne de partage des eaux



- Recensement des cocotiers selon 3 strates S_1 , S_2 et S_3
- Tous les cocotiers visibles (S_1) sont détectés
- Le taux moyen de détection $S_1/(S_1+S_2+S_3) = 60\%$
- Il varie fortement en fonction du type de cocoteraie.



Détection d'objets

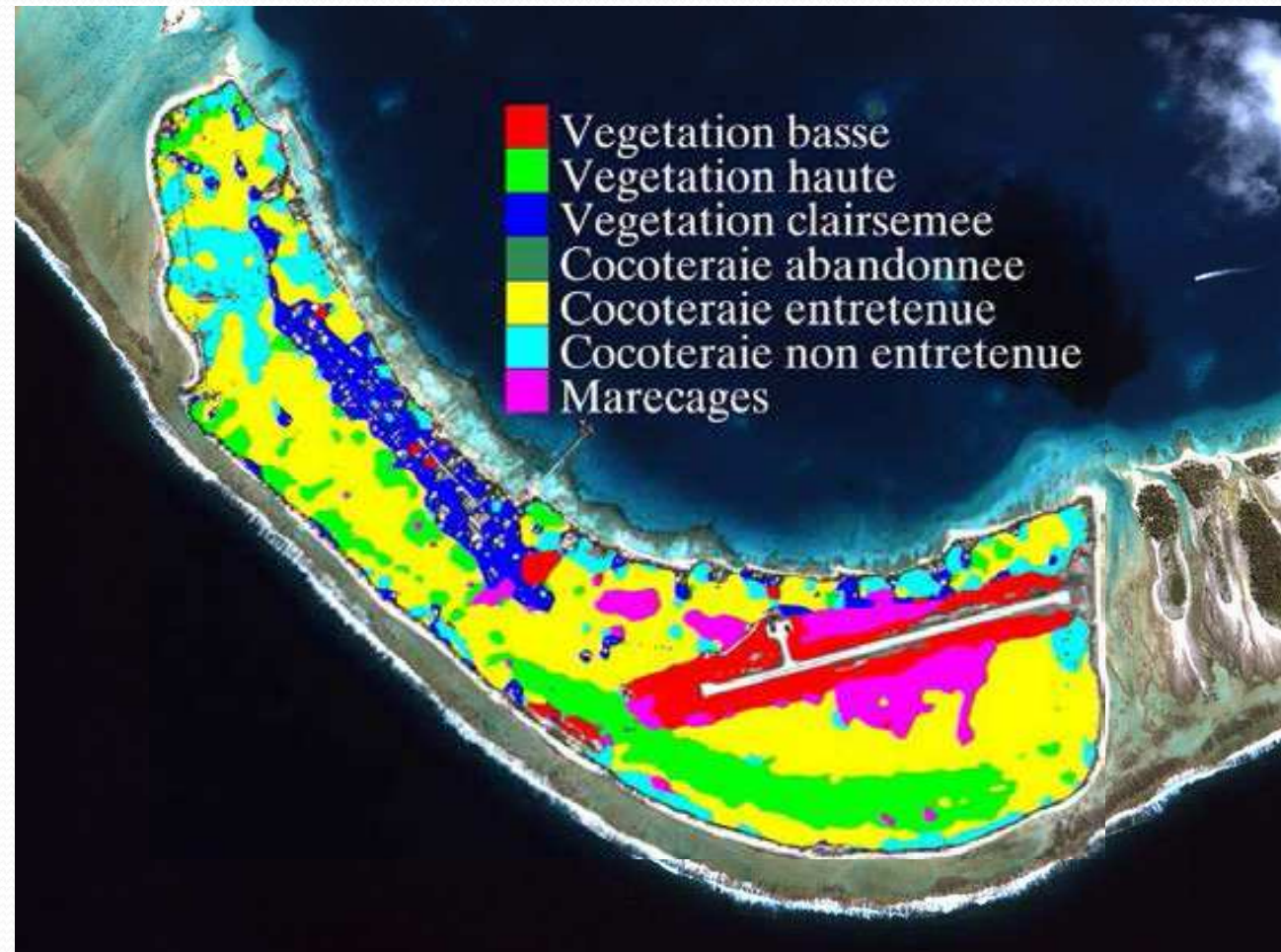
- Segmentation de la cocoteraie

- Abandonnée
- Non entretenue
- Entretienue

- Taux de détection pour chaque classe (mission terrain)

- → Estimation du nombre de cocotiers de S_2 et S_3

Ikonos - Tikehau - Classification SVM (optique + textures) de la cocoteraie



150 630 cocotiers détectés, et 217 792 cocotiers estimés



• Présentation du candidat

- Parcours
- Enseignements
- Responsabilités et administration
- Encadrements
- Financements
- Production scientifique

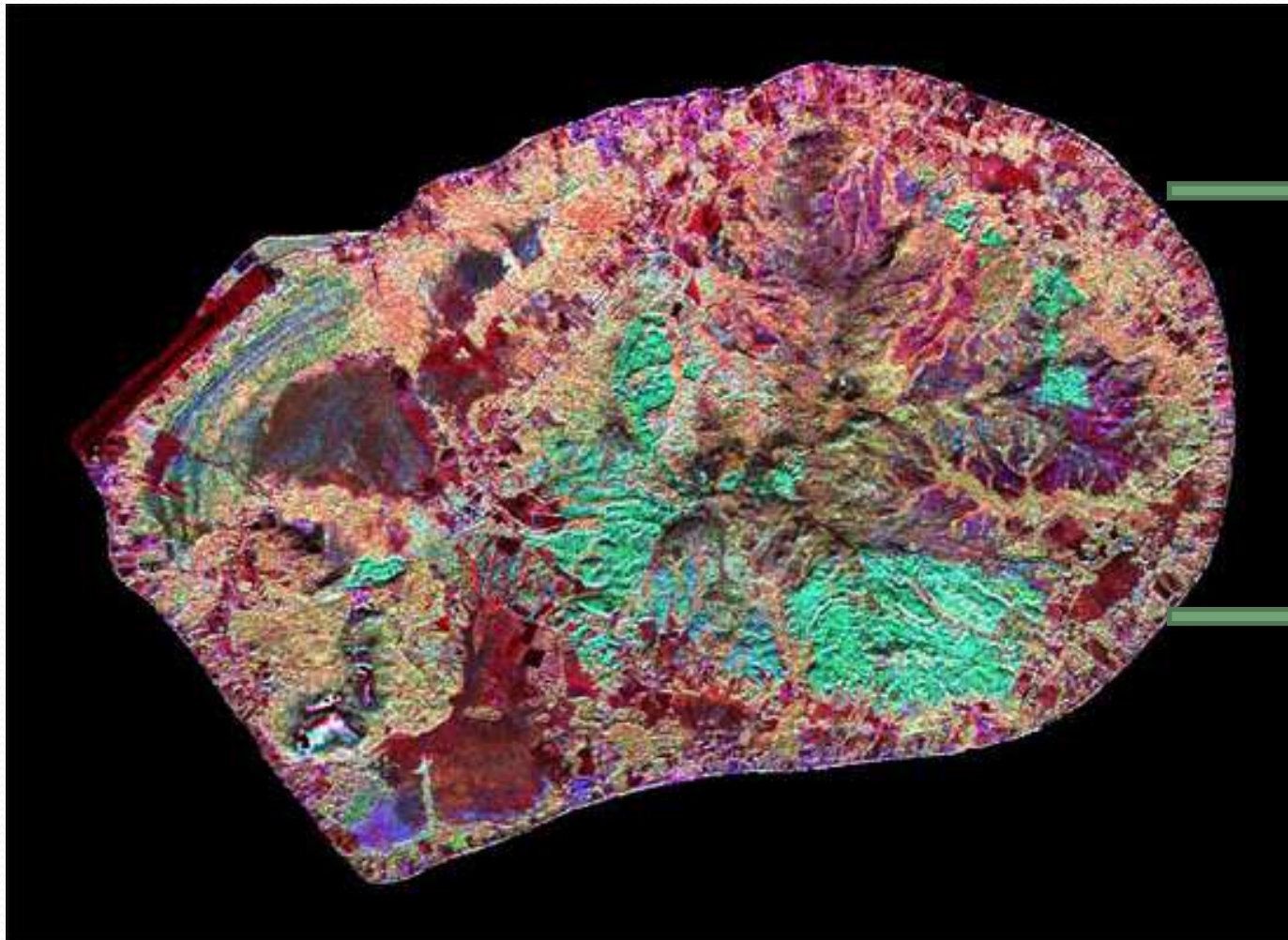
• Activités de recherche

- Préambule
 - Thématique
 - Contexte géographique
- Analyse de données de télédétection
 - Données optiques
 - Information spectrale
 - Information texturale
 - Détection d'objets
 - Données radars
 - Polarisation linéaires simples
 - Polarimétrie
 - Données ancillaires
- Aspects méthodologiques
 - L'algorithme SVM
 - Utilisation conjointe de données hétérogènes
- Aspects applicatifs
 - Cocoteraies
 - Forêt de nuages
 - Espèces envahissantes / espèces rares

• Conclusion

- Synthèse
- Perspectives
- Conclusion

Apport de la donnée radar



Polarisations
linéaires simples

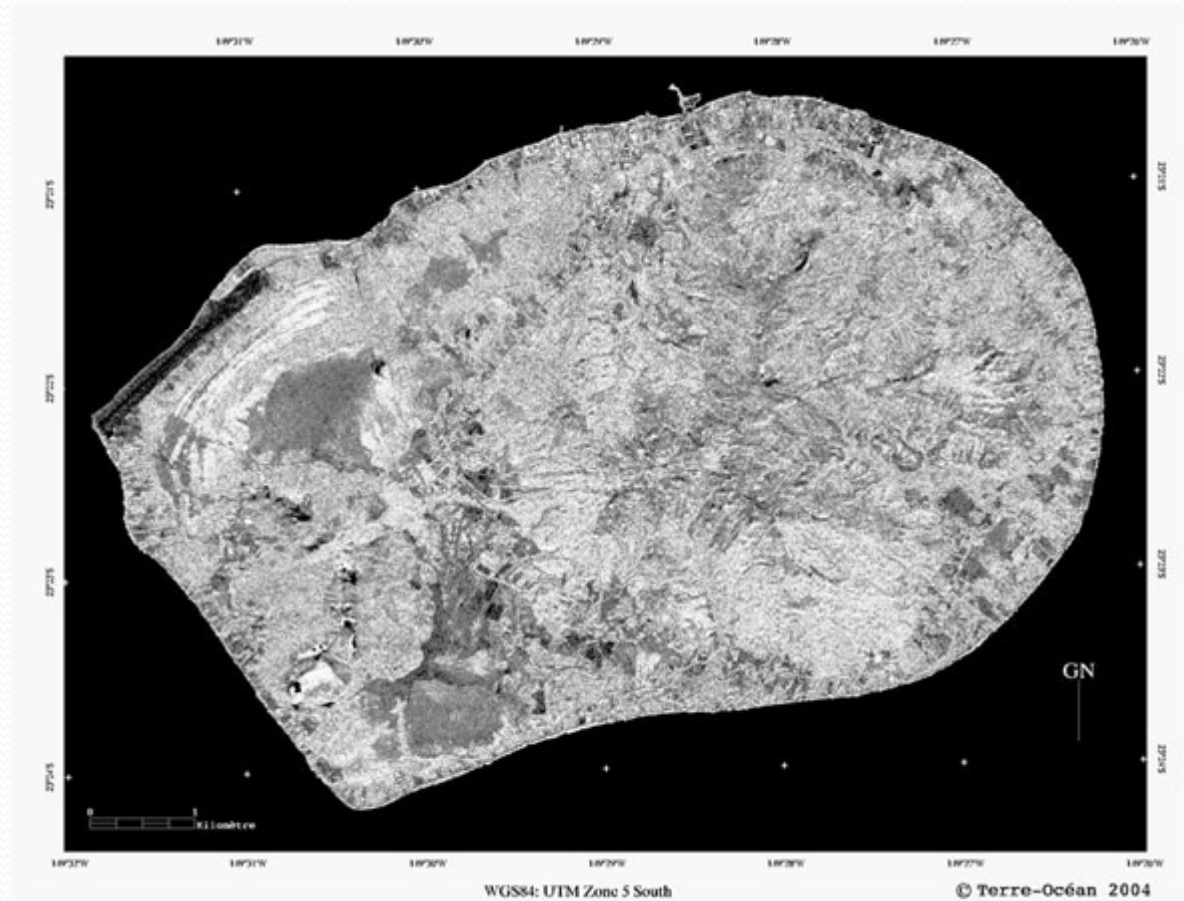
Polarimétrie

Image AirSAR de Tubuai (2000)

Apport de la donnée radar

- Donnée radar JPL-AirSAR - PACRIM II (2000)
- Bandes C (TopSAR) + bandes L et P (PolSAR):
- Résolution 5m

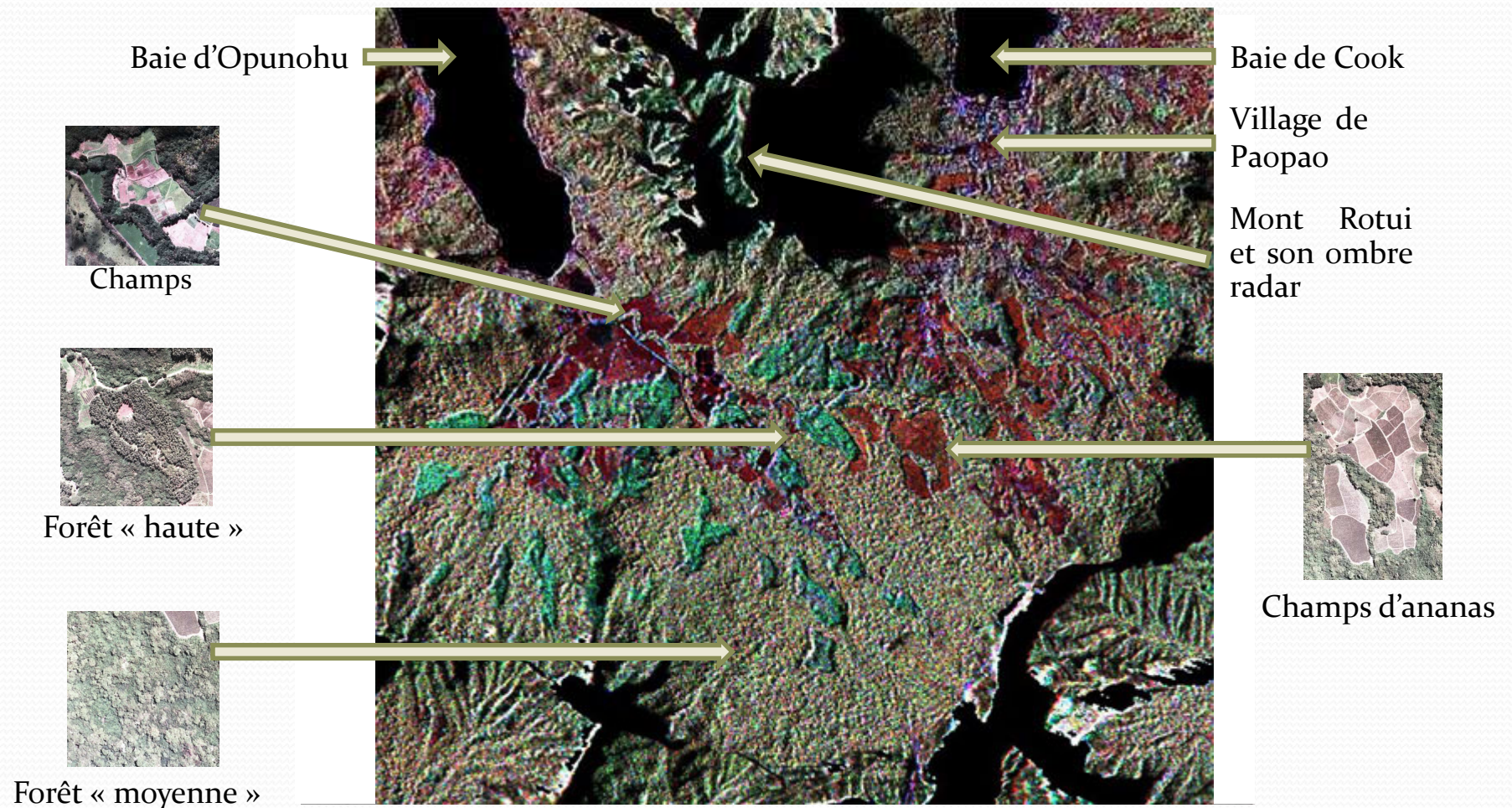
C - TopSAR	C_{VV}
	Inc.Angle
	Corr. Coef.
	MNT
L - PolSAR	L_{HH}
	L_{HV}
	L_{VV}
P - PolSAR	P_{HH}
	P_{HV}
	P_{VV}



Tubuai – Australes – Polarisation linéaires simples

Classification de polarisations linéaires simples

- Donnée JPL-AirSAR de Moorea (2000), bandes C , L et P
- Etude sur le domaine d'Opunohu



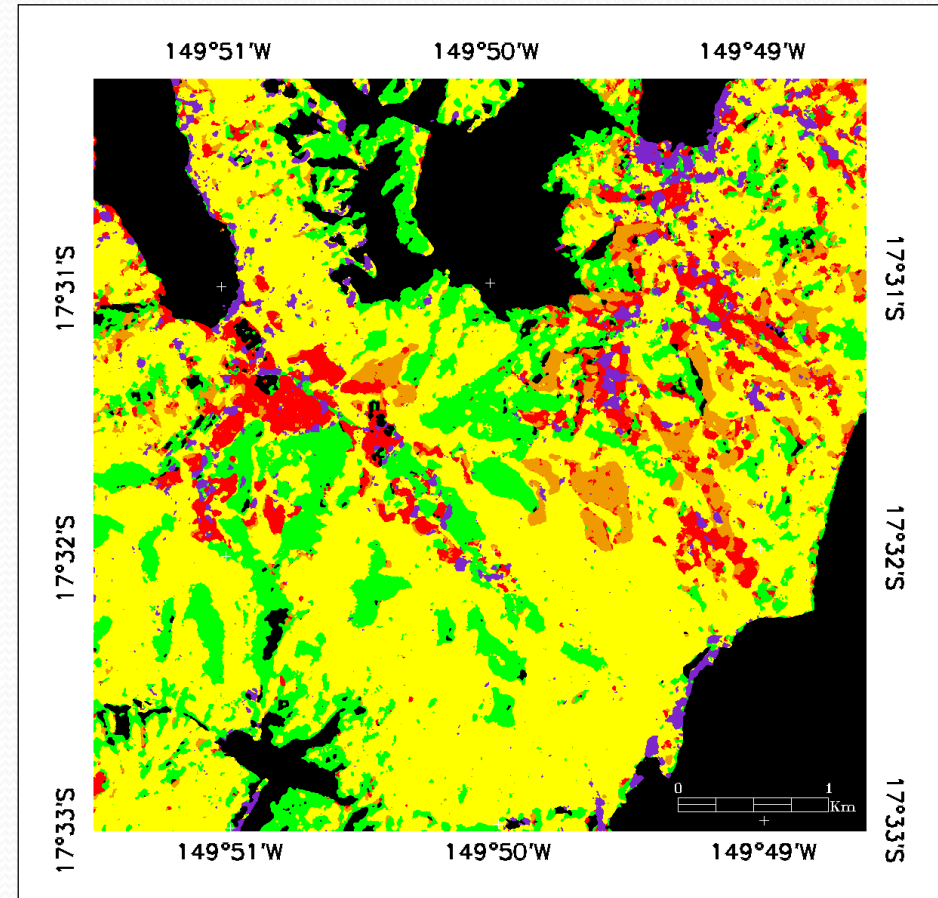
Composite RVB (C_{VV} , L_{HV} , L_{HH})

Classification de polarisations linéaires simples

- Classification par maximum de vraisemblance des bandes C_{VV} , L_{VV} , L_{HV} , et L_{HH}
- Jeu de classe basé sur des catégories simples de couverts végétaux.

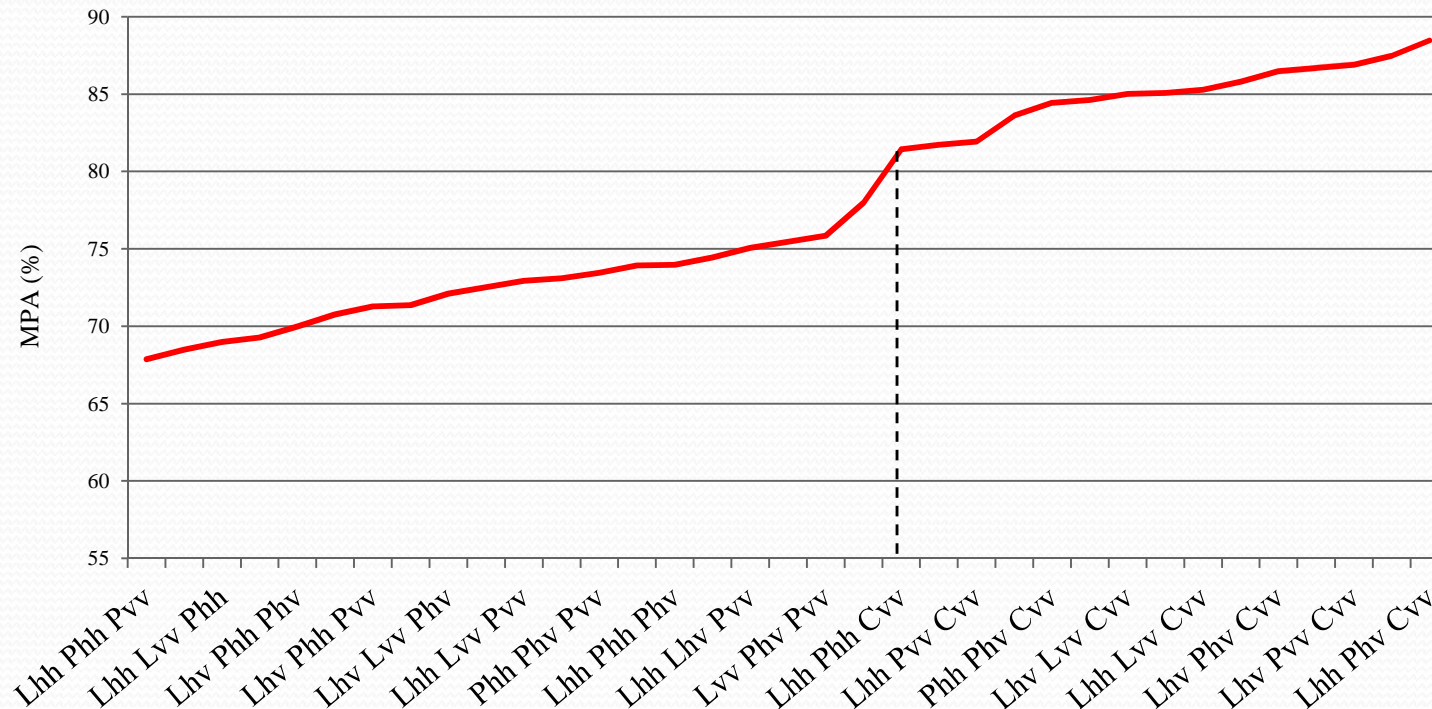
Classes

Non-classifié
Zone urbaine
Forêt moyenne
Forêt haute
Champ d'ananas
végétation basse



Etude comparative des bandes radar

Quelles bandes radar sont les plus discriminantes ?



Classifications de triplets de bandes radar en polarisation linéaire simple.

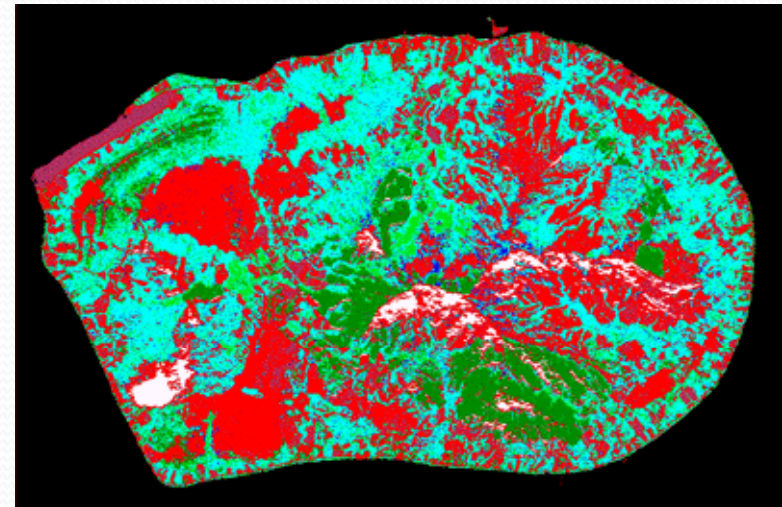
- Intérêt de la bande C_{VV} (textures fines de la canopée)
- Les 3 bandes L_{HH} , P_{HV} , C_{VV} obtiennent le meilleur résultat
- Perte de ~2% par rapport à une classification des 7 bandes.

Apport de la polarimétrie radar

Intérêt des indices polarimétriques ?

Donnée radar polarimétrique → Matrice de cohérence T → Indices polarimétriques

- Les IP permettent de mettre en avant des propriétés particulières de la cible.
- Calcul de 17 IP → Classifications SVM



Pinus	Falcata	Purau
Goyavier de Chine	Végétation Basse	Pas de Végétation

	T(L)	T(P)	T+IP(L)	T+IP(P)	T+IP(L+P)	T+IP (L+P)+Cvv
MPA	62.6%	61.6%	69.5%	72.7%	84.3%	93%

Rajouter de l'information améliore la précision,
mais augmente le temps de calcul et la complexité du problème.

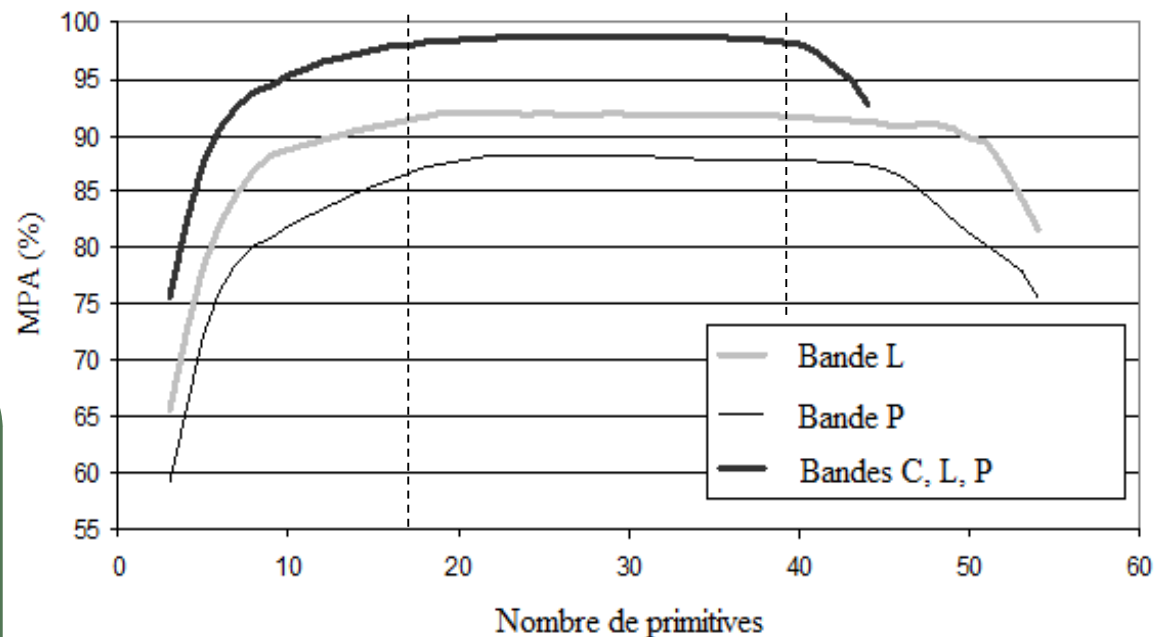
Contribution relative des indices polarimétriques

- Etude quasi-exhaustive sur 54 indices polarimétriques

Quels indices apportent les meilleures performances ?

- → Méthode d'analyse de Greedy Backward et Greedy Forward

Un classement des IP les plus discriminants et les moins discriminants a été proposé dans la thèse de Cédric Lardeux.



Etude comparative des modes polarimétriques partiels

- AirSAR capteur aéroporté
- Contraintes dues à la technologie satellite → **modes polarimétriques partiels**
- Simulation à partir de la donnée AirSAR
- Classifications SVM du mode FP (54IP) et des modes partiels $\Pi/4$, duales et alternés.

	FP	Polarimétrie duale			$\pi/4$	Polarimétrie duale			Polarimétrie alternée			Polarimétrie alternée		
		HH/HV HH/VV	VV/HV HH/VV	HH/HV VV/HV		HH/VV	HH/HV	VV/HV	HH/HV HH/VV	VV/HV HH/VV	HH/HV VV/HV	HH/VV	HH/HV	VV/HV
L	90	83	84	80	78	74	72	69	72	72	72	62	64	62
P	90	84	84	83	78	72	71	73	74	75	74	58	64	68
L+C	98	96	96	95	94	92	92	89	92	92	92	86	88	86
P+C	97	95	96	94	93	91	89	90	91	91	91	83	85	87
L+P	98	97	97	97	93	90	87	88	90	91	90	80	80	82
L+P+C	99	99	99	99	98	98	96	96	97	97	97	94	94	95

- Le mode FP obtient les meilleures performances,
- Certains modes polarimétriques partiels permettent d'obtenir des précisions équivalentes (plusieurs fréquences).

Point de vue sur les modes polarimétriques partiels satellitaires



• Présentation du candidat

- Parcours
- Enseignements
- Responsabilités et administration
- Encadrements
- Financements
- Production scientifique

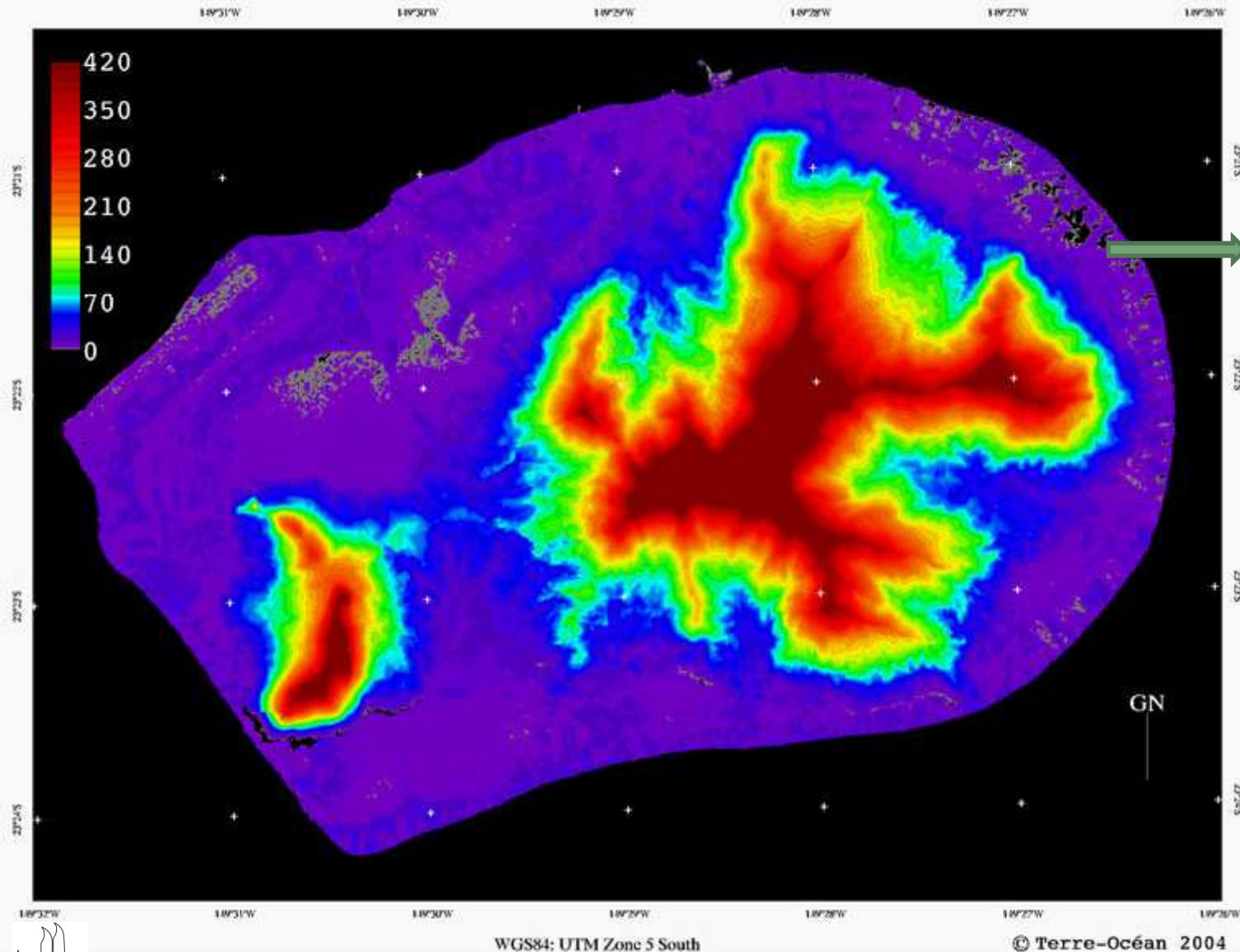
• Activités de recherche

- Préambule
 - Thématique
 - Contexte géographique
- Analyse de données de télédétection
 - Données optiques
 - Information spectrale
 - Information texturale
 - Détection d'objets
 - Données radars
 - Polarisation linéaires simples
 - Polarimétrie
 - Données ancillaires
- Aspects méthodologiques
 - L'algorithme SVM
 - Utilisation conjointe de données hétérogènes
- Aspects applicatifs
 - Cocoteraies
 - Forêt de nuages
 - Espèces envahissantes / espèces rares

• Conclusion

- Synthèse
- Perspectives
- Conclusion

Apport des données ancillaires



Tirer profit de la
phytogéographie?

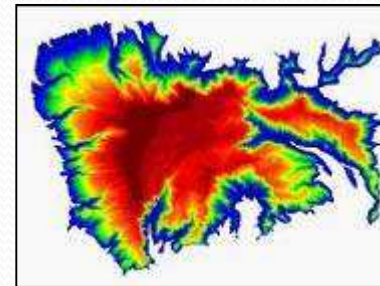
Apport des données ancillaires

Informations sur les lieux de vie des plantes → amélioration des classifications ?

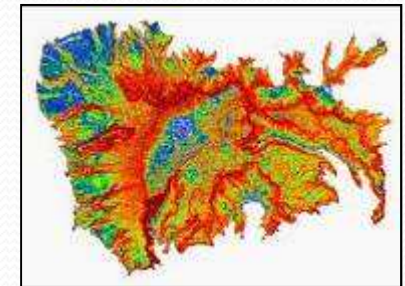
Quelles données ancillaires ?

- **Facteurs abiotiques** (tirés du MNE)

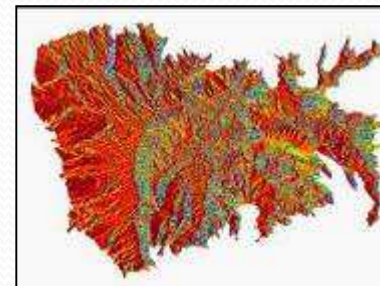
- Elévation : → température
- Pente : → vitesse d'écoulement
- Exposition : → évapotranspiration
- Indice topographique composé (CTI) :
→ drainage de l'eau
- Exposition aux vents dominants : → effet de foehn
- Insolation annuelle potentielle (API) : → énergie solaire
- Précipitations : → apport direct en eau



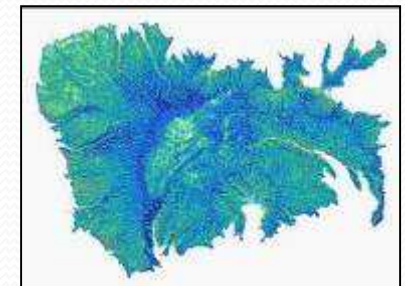
Elévation (m)



Pente (°)



Exposition



CTI

- **Facteurs biotiques** (difficiles à cartographier)

- **Carte du couvert végétal dominant** : affecte la température, la lumière, l'apport en eau et la quantité de nutriments disponible en sous-bois.

Modélisation de la niche écologique de *Miconia*

- Les techniques de télédétection mono-sources directes sont peu adaptées pour détecter le *Miconia calvescens*.

- Pousse en sous-bois (optique)
- Signature optique non-discriminante (optique)
- Pousse dans les zones à l'ombre le matin (optique)
- Caractéristiques structurelles non-discriminantes (radar)
- Pousse sur les fortes pentes (radar)



- La modélisation de niches écologiques permet de cartographier les habitats potentiels.

Certaines plantes poussent uniquement dans des milieux spécifiques déterminés par des caractéristiques géomorphologiques précises.

**Peut-on modéliser la niche écologique du *Miconia* ?
L'algorithme SVM peut-il servir à cet effet ?**

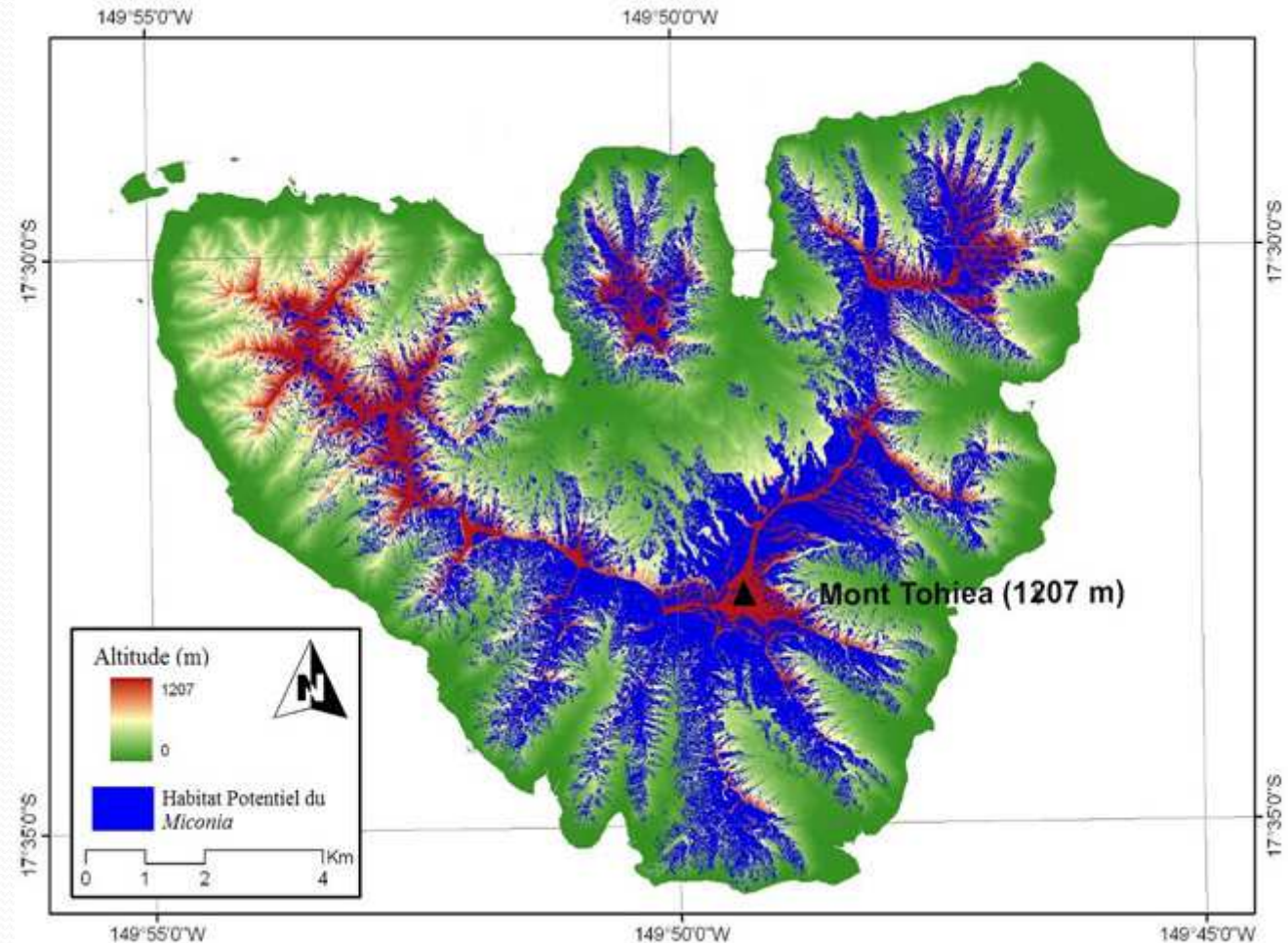
Modélisation de la niche écologique de *Miconia*

Comparaison du modèle GARP avec une classification SVM binaire (présence ou absence du *Miconia*).

Variables :

- élévation,
- pente,
- aspect,
- exposition aux vents,
- indice d'humidité.

	GARP	SVM
MPA	72.5%	92.5%



Intérêt des données ancillaires
et des méthodes de **détections indirectes.**



• Présentation du candidat

- Parcours
- Enseignements
- Responsabilités et administration
- Encadrements
- Financements
- Production scientifique

• Activités de recherche

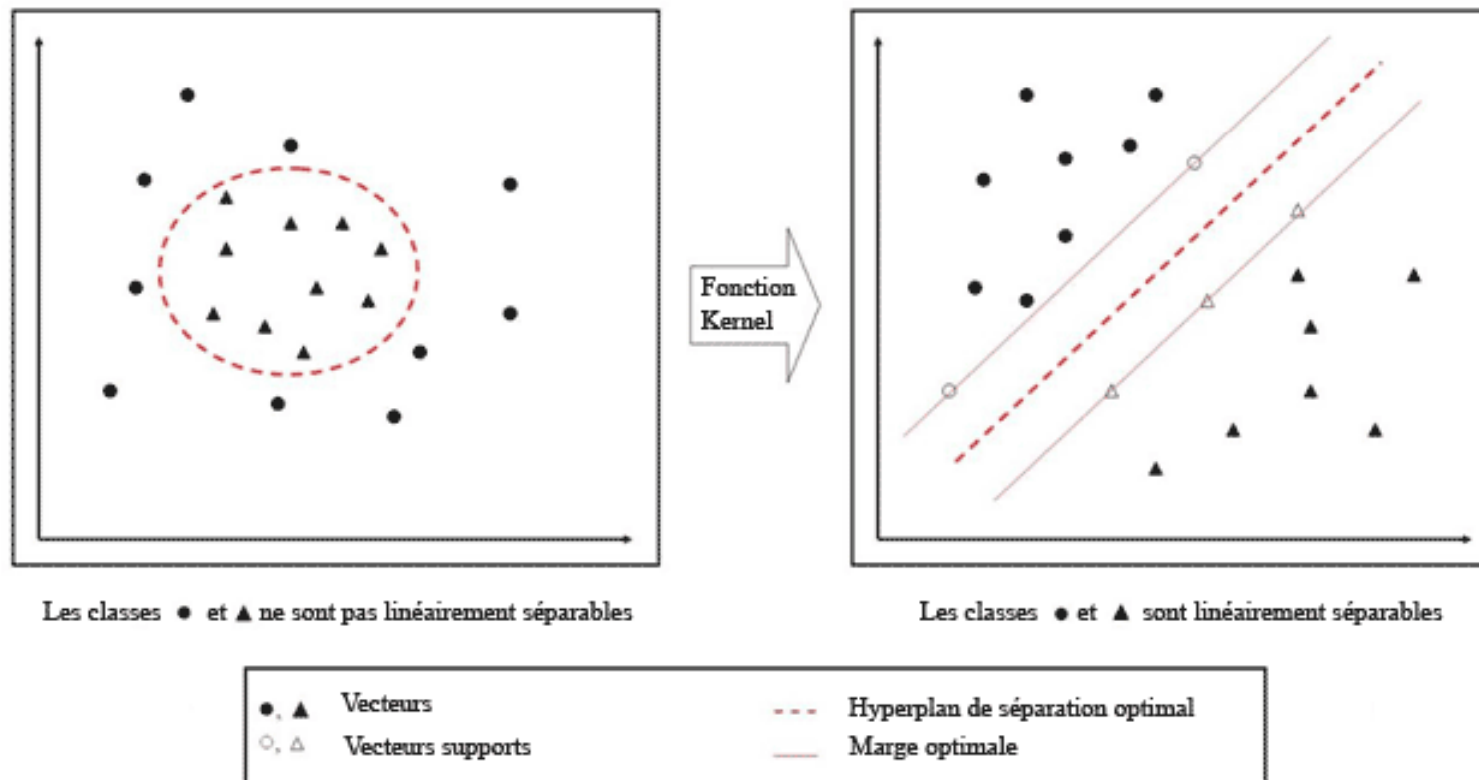
- Préambule
 - Thématique
 - Contexte géographique
- Analyse de données de télédétection
 - Données optiques
 - Information spectrale
 - Information texturale
 - Détection d'objets
 - Données radars
 - Polarisation linéaires simples
 - Polarimétrie
 - Données ancillaires
- Aspects méthodologiques
 - L'algorithme SVM
 - Utilisation conjointe de données hétérogènes
- Aspects applicatifs
 - Cocoteraies
 - Forêt de nuages
 - Espèces envahissantes / espèces rares

• Conclusion

- Synthèse
- Perspectives
- Conclusion

Algorithme Séparateur à Vaste Marge (SVM)

- Algorithme de classification binaire: optimiser hyperplan de séparation entre 2 classes
→ maximiser la distance (marge) entre vecteurs supports et hyperplan de séparation.
- Classes non-linéairement séparables
→ projection (fonction noyau) dans un espace de dimension supérieure
→ linéairement séparables.



Algorithme Séparateur à Vaste Marge (SVM)

- Fonctions noyaux :

- **RBF (Gaussian Radial Basis),**
- Linéaire,
- Sigmoid,
- Polynomial.

- Extension multi-classe :

- « un contre tous »,
- « **un contre un** »,
- classe finale obtenue par **vote majoritaire**.

- Inconvénients des SVM :

- **Temps de calcul conséquent**, augmente (log) avec le nombre d'échantillons d'apprentissages.
- **Optimisation complexe**

- Avantages :

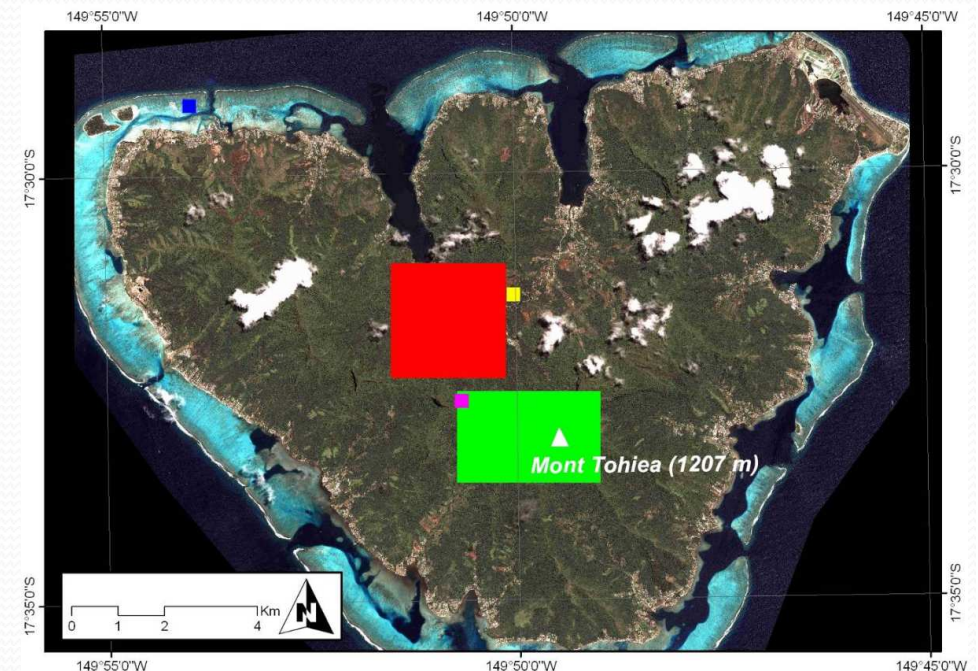
- N'estiment pas la distribution des données → données hétérogènes
- Adaptés aux cas non-linéaires et grandes dimensions
- Peu d'échantillons d'apprentissage nécessaires (si proches de l'hyperplan)

Comparaison multi-échelle d'algorithmes de classification

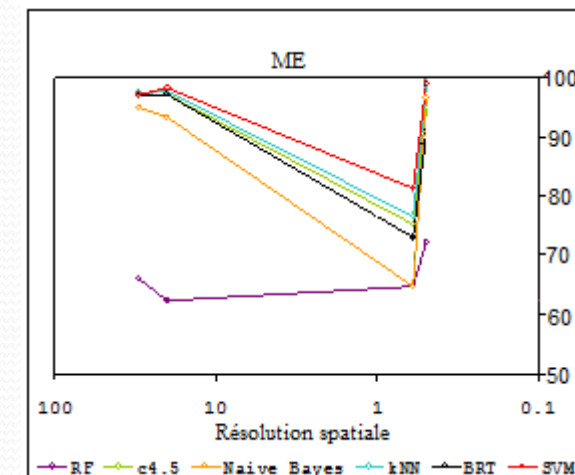
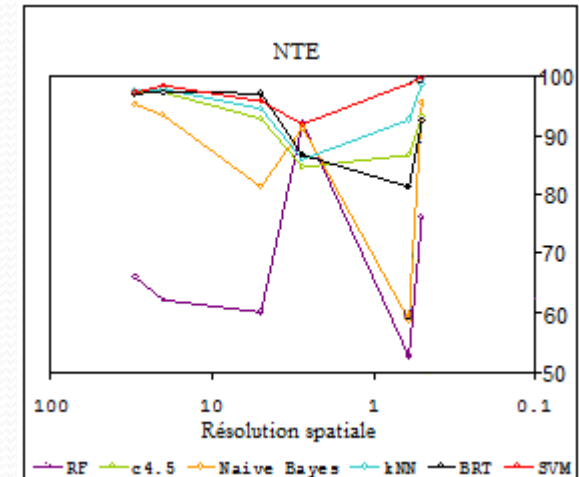
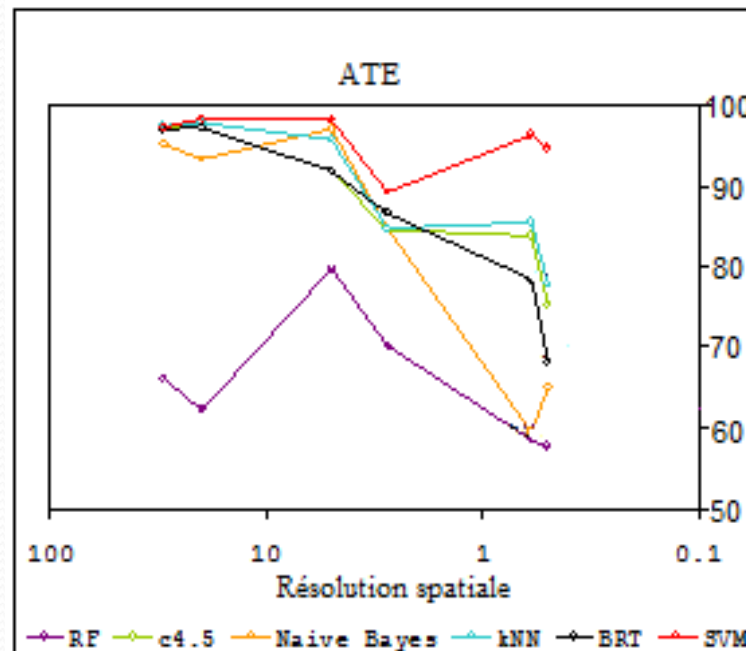
Quel(s) algorithme(s) de classification ?

- Algorithmes neuronaux récents :
 - SVM,
 - Naïve Bayes,
 - C4.5,
 - Random forest,
 - Boosted regression tree,
 - K plus proches voisins.
- Echelles différentes: multi-capteurs, multi-résolutions
- Ecosystèmes différents :
 - Ecosystèmes anthropogéniques terrestres (ATE),
 - Ecosystèmes naturels terrestres (NTE) - Forêts primaires
 - Ecosystèmes marins (ME).

Capteur	Résolution (m)	Bandes
Landsat7 - ETM+	30	3
Spot	20	3
AirSAR	5	4
TerraSAR-X	2.75	2
Quickbird	0.6	4
Worldview2	0.5	8



Comparaison multi-échelle d'algorithmes de classification



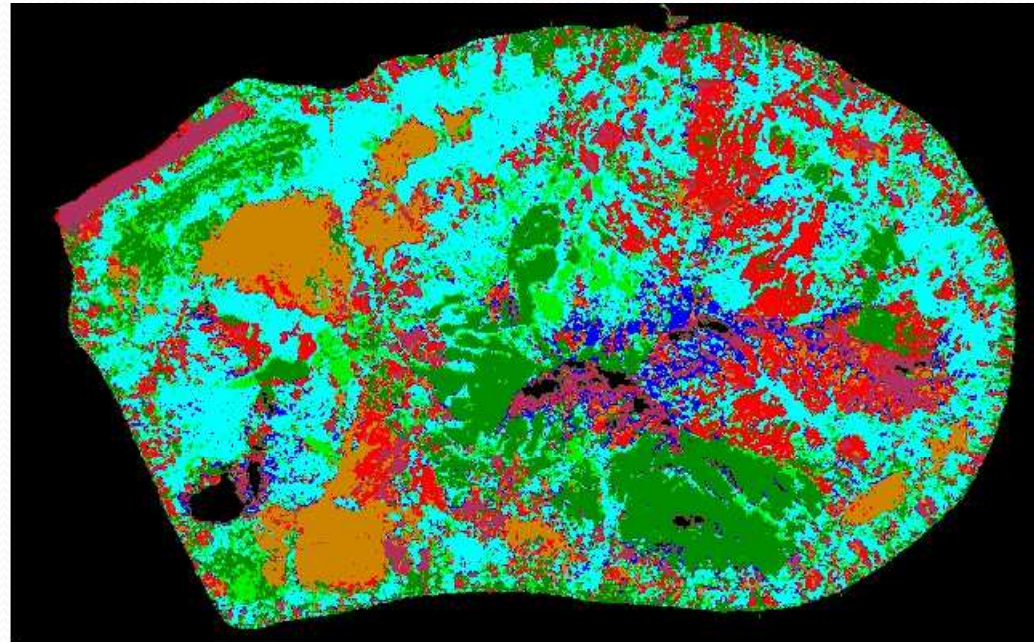
- SVM est meilleur dans 75% des cas.
- L'augmentation de la complexité du problème dégrade la précision des classifications, mais dans une moindre mesure pour les SVM.

SVM est un choix pertinent pour des études en milieu naturel polynésien.

Classification SVM de données radar

SVM est-il adapté pour classifie de la donnée radar ?

→ Comparaison avec l'algorithme de maximum de vraisemblance basée sur la distribution de Wishart (adaptée à la donnée radar).



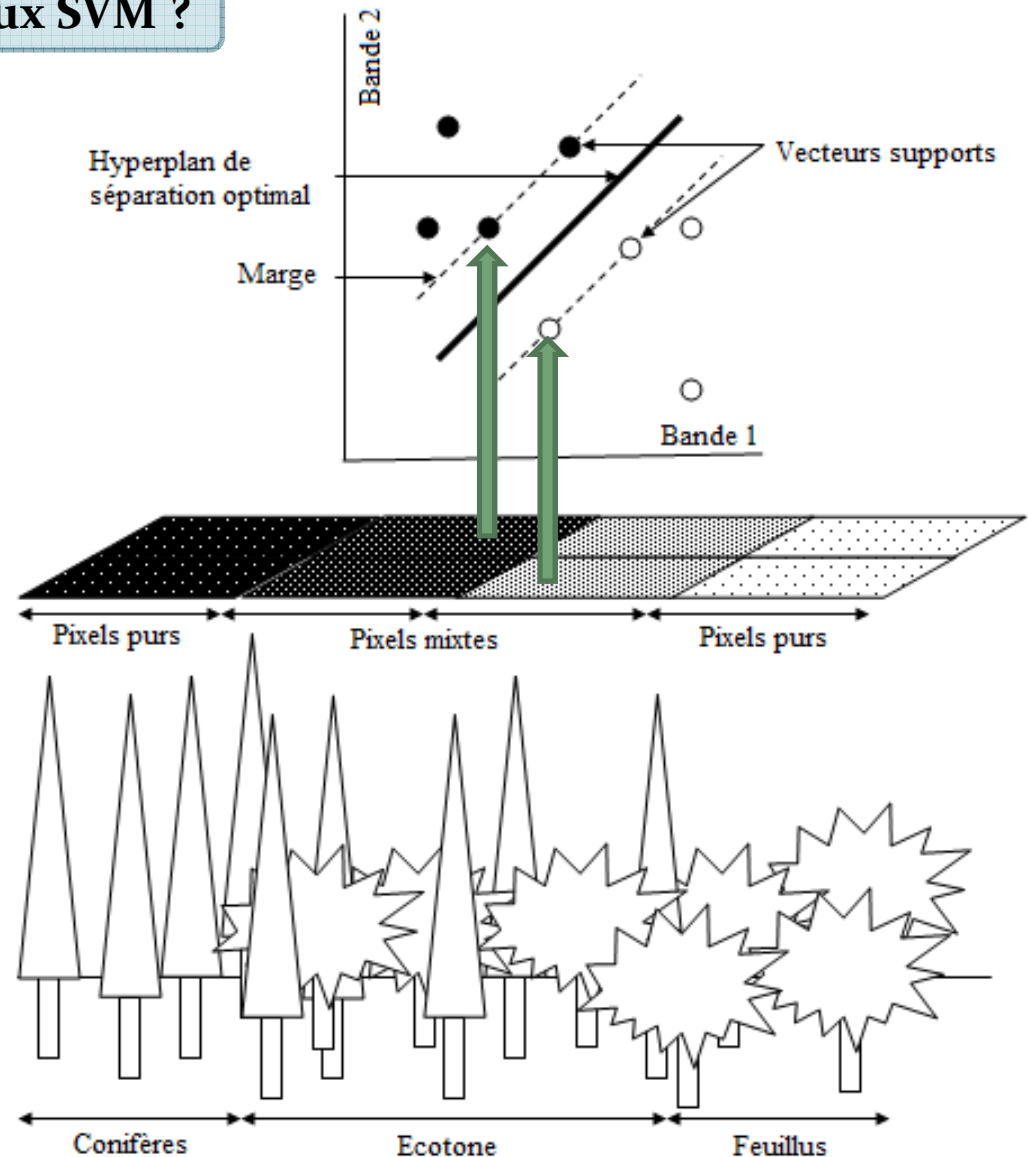
Classes	L		P		L+P+C _{vv}	
	Wishart	SVM	Wishart	SVM	Wishart	SVM
Pinus	32%	74%	56%	71%	81%	99%
Falcata	69%	80%	37%	64%	75%	99%
Purau	48%	78%	61%	85%	75%	98%
Goyavier de Chine	76%	88%	66%	74%	74%	100%
Lande à fougère	62%	93%	49%	88%	56%	98%
Marais	85%	97%	92%	93%	95%	99%
Sol nu	90%	98%	91%	96%	91%	99%
MPA	66%	87%	62%	82%	78%	99%

Oui...

Vérité terrain et SVM

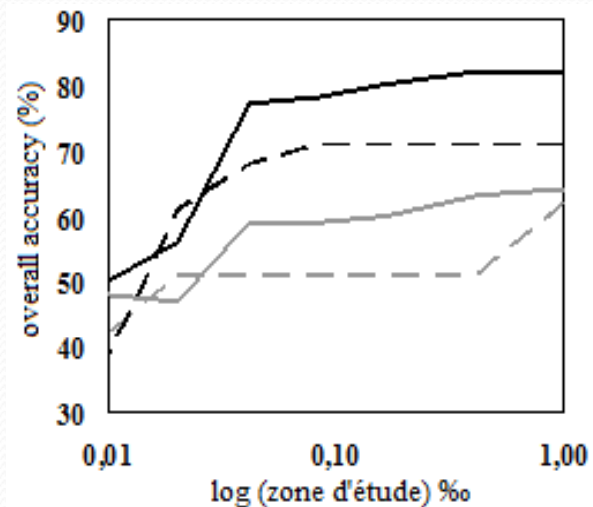
Protocole de vérité terrain adapté aux SVM ?

- Algorithmes statistiques:
 - La précision augmente avec le nombre de pixels d'apprentissage.
 - L'apprentissage sur pixels mixtes est meilleur que sur pixels purs.
 - SVM :
 - Peu de pixels d'apprentissage sont nécessaires s'ils sont représentatifs des vecteurs supports.
- Hypothèse : Les vecteurs supports sont issus des écotones.
- L'apprentissage sur écotone devrait permettre d'optimiser la recherche de vecteurs supports.



Vérité terrain et SVM

- Comparaison croisée : **Maximum de vraisemblance *versus* SVM**
Pixels purs *versus* pixels mixtes.



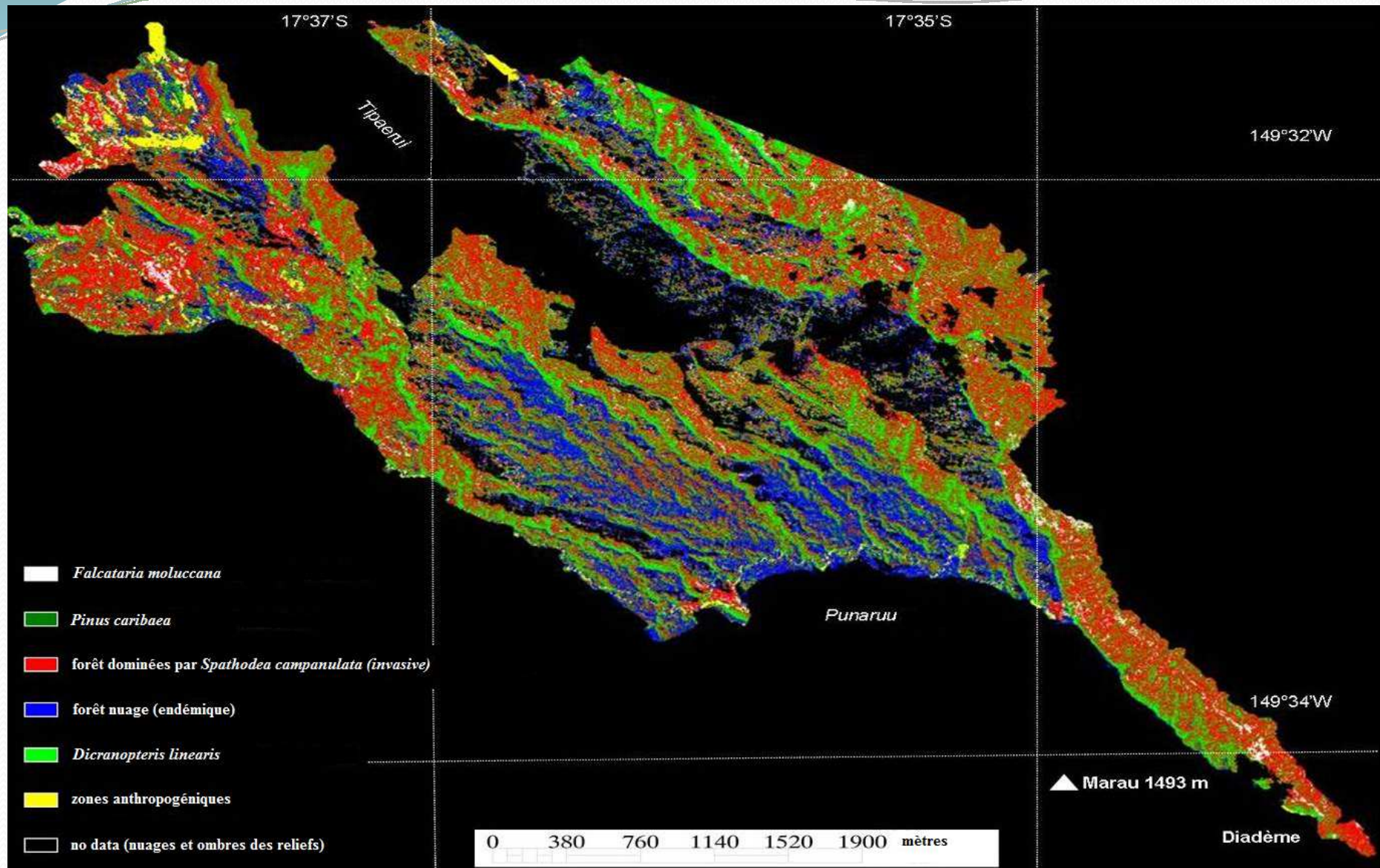
- SVM (noir)
- Max. de vraisemblance (gris)
- Apprentissage sur pixels mixtes (continu)
- Apprentissage sur pixels purs (pointillé)

	Maximum de vraisemblance		SVM	
Purs	+9% ↓	62%	+2% →	64%
Mixtes		71%	+11% →	82%
				+18% ↓

- Echantillonner sur les écotones
→ meilleurs résultats
- Particulièrement pour les SVM

Le choix de la méthode de vérité terrain est aussi important (*sinon plus*) que le choix de l'algorithme de classification.

Vérité terrain et SVM



Classification SVM du Mont Marau (Quickbird) - échantillonnage sur les écotones



• Présentation du candidat

- Parcours
- Enseignements
- Responsabilités et administration
- Encadrements
- Financements
- Production scientifique

• Activités de recherche

- Préambule
 - Thématique
 - Contexte géographique
- Analyse de données de télédétection
 - Données optiques
 - Information spectrale
 - Information texturale
 - Détection d'objets
 - Données radars
 - Polarisation linéaires simples
 - Polarimétrie
 - Données ancillaires
- Aspects méthodologiques
 - L'algorithme SVM
 - Utilisation conjointe de données hétérogènes
- Aspects applicatifs
 - Cocoteraies
 - Forêt de nuages
 - Espèces envahissantes / espèces rares

• Conclusion

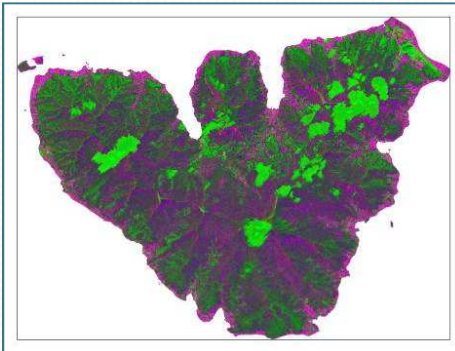
- Synthèse
- Perspectives
- Conclusion

Utilisation conjointe de données

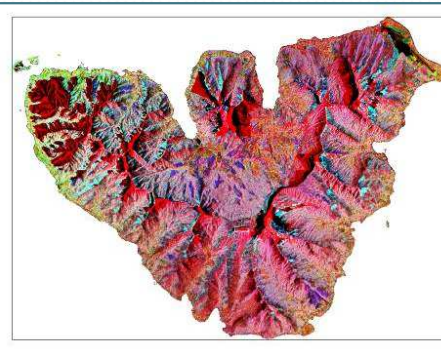
Chaque type d'image apporte des **informations complémentaires** sur les espèces végétales mais celles-ci sont individuellement **insuffisantes** pour les discriminer.



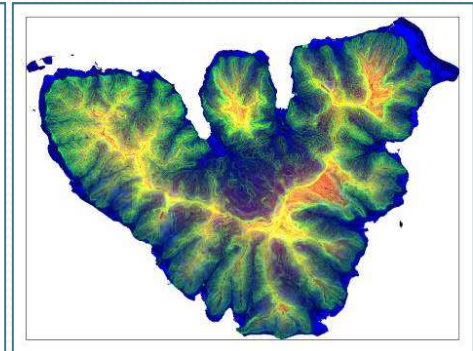
Optique



Texture



Radar



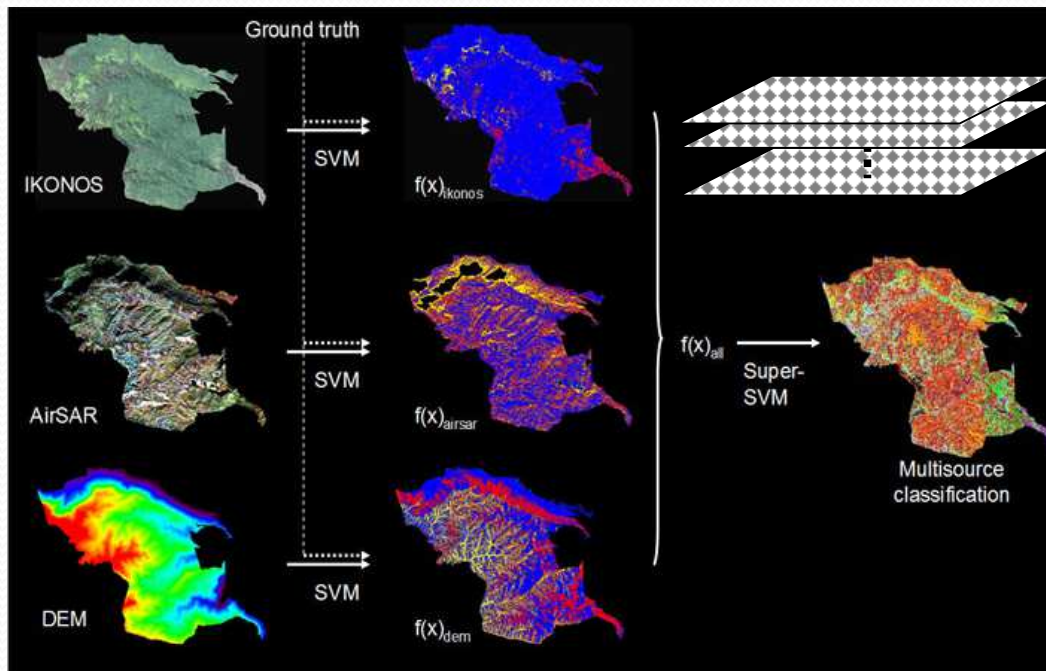
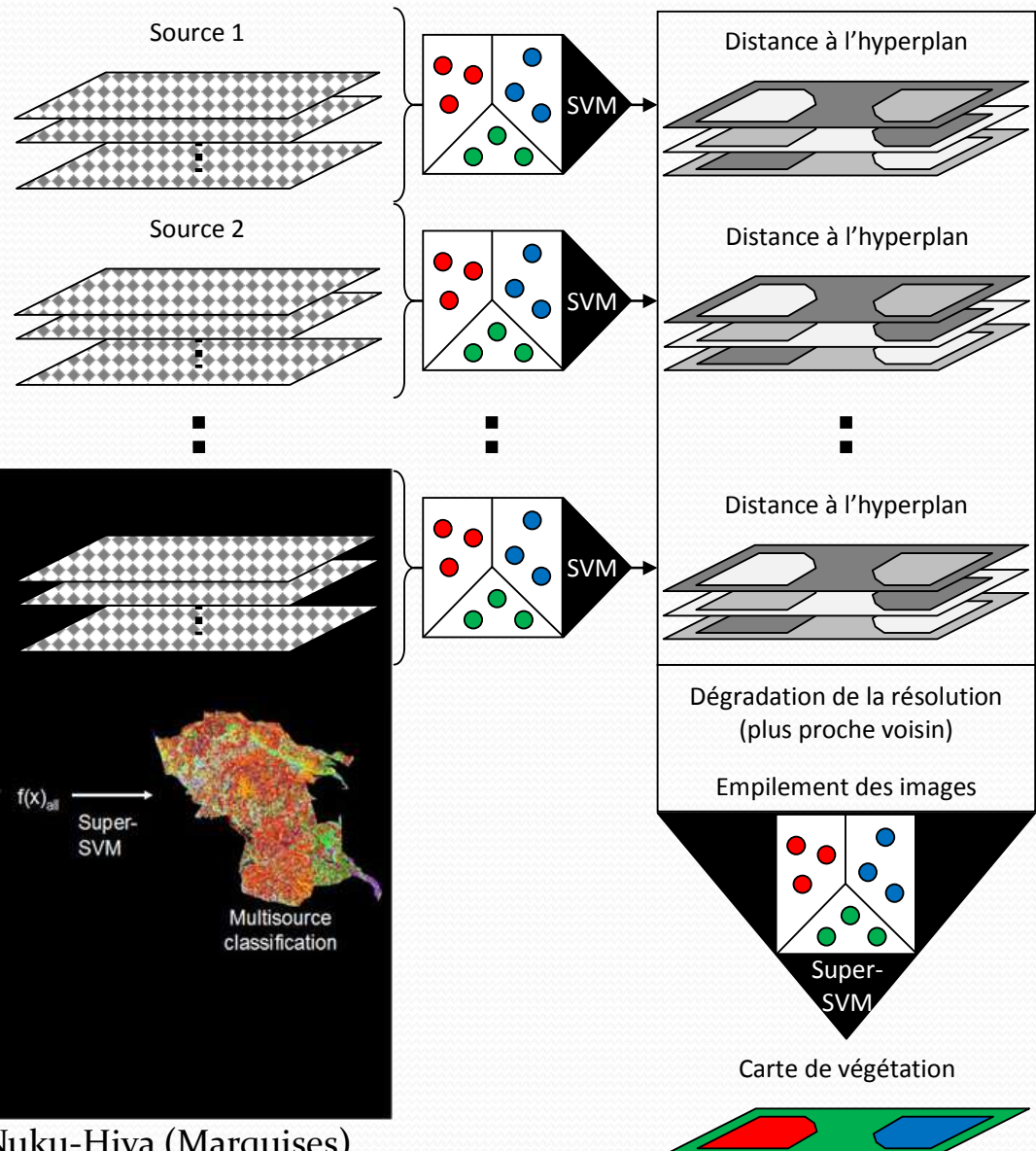
Ancillaires

Peut-on envisager une utilisation conjointe de ces différents types de données ?

Fusion SVM systématique

Quel outil pour intégrer ces images aux caractéristiques hétérogènes ?

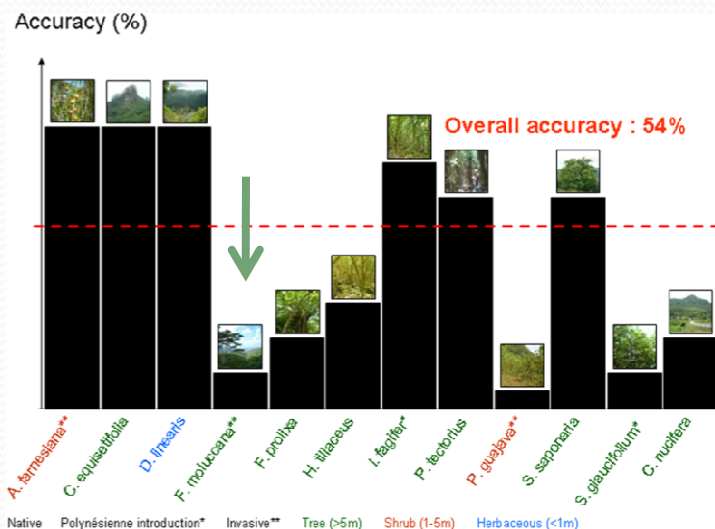
→ Fusion multi-source SVM
Waske et Benediktsson (2007)



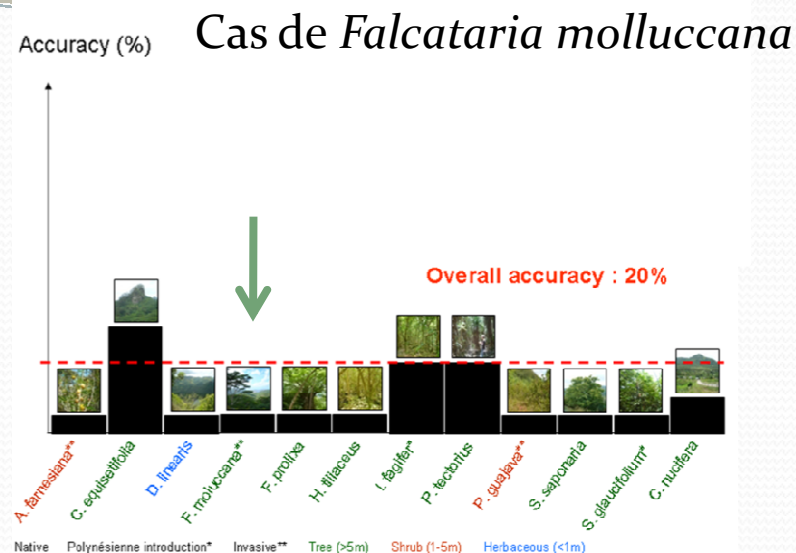
Validation: domaine des contrôleurs à Nuku-Hiva (Marquises)

Fusion SVM systématique

IKONOS

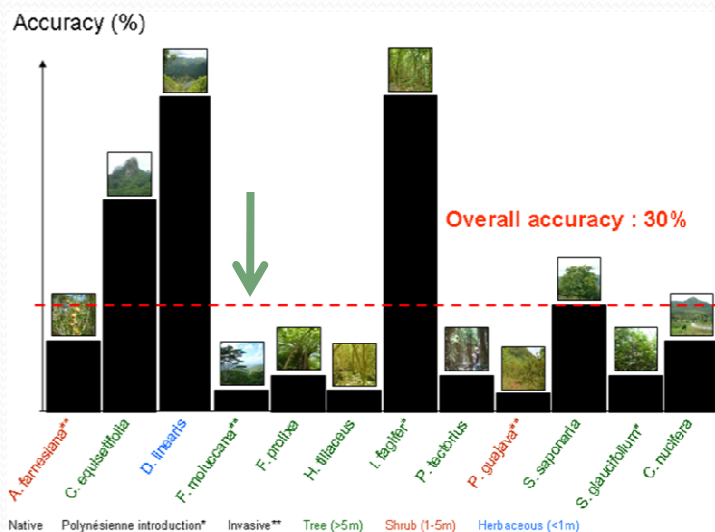


AirSAR

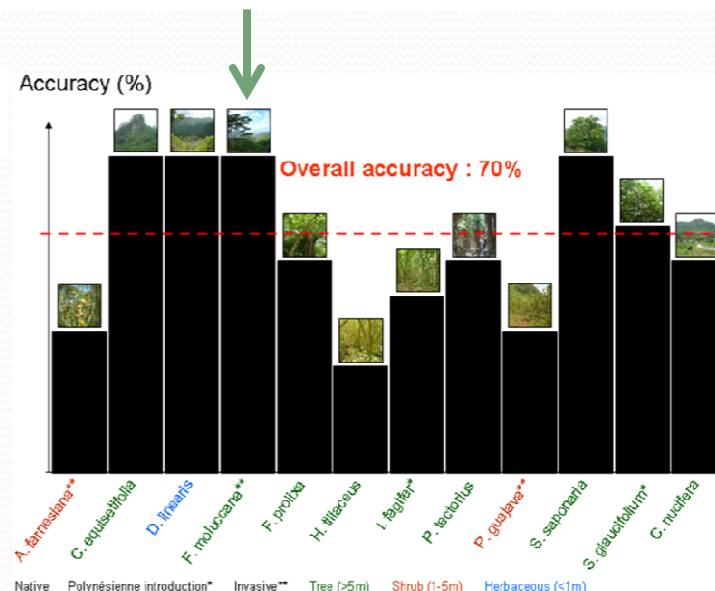


Certaines classes bénéficient de la fusion SVM (schéma de confusion)

MNE

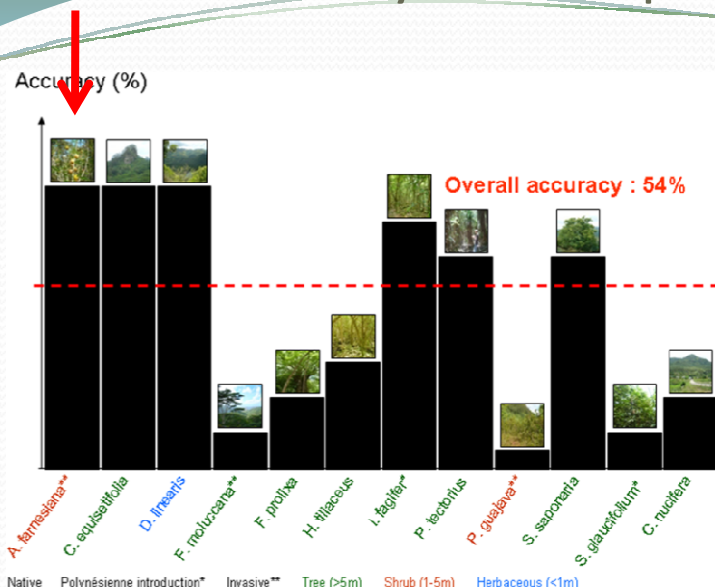


IKONOS+AirSAR+MNE

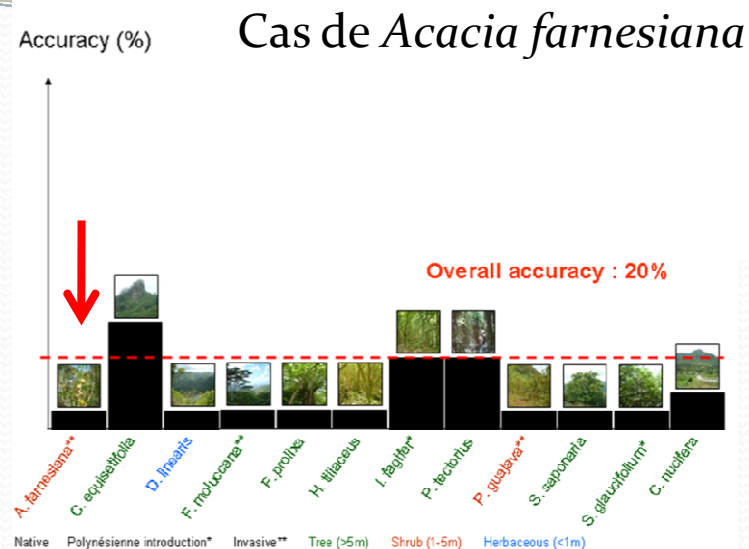


Fusion SVM systématique

IKONOS

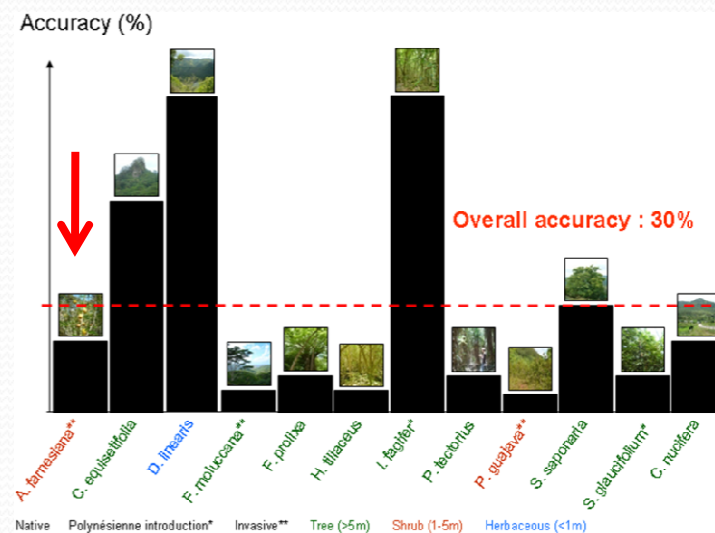


AirSAR

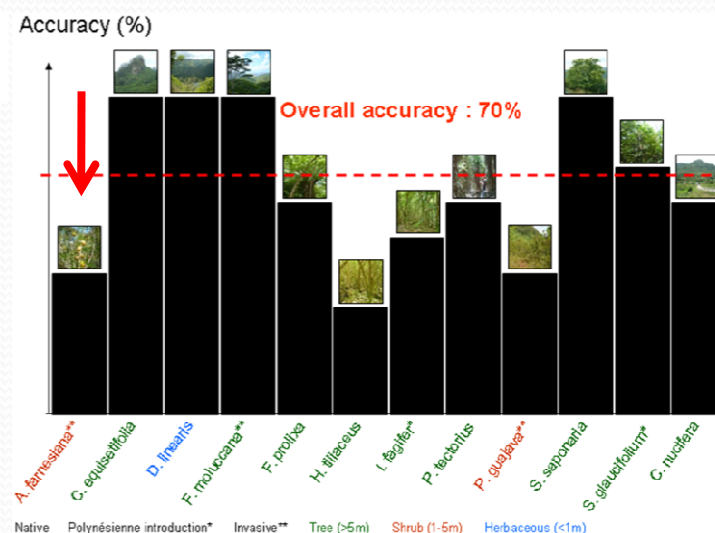


Certaines classes ne bénéficient pas de la fusion SVM

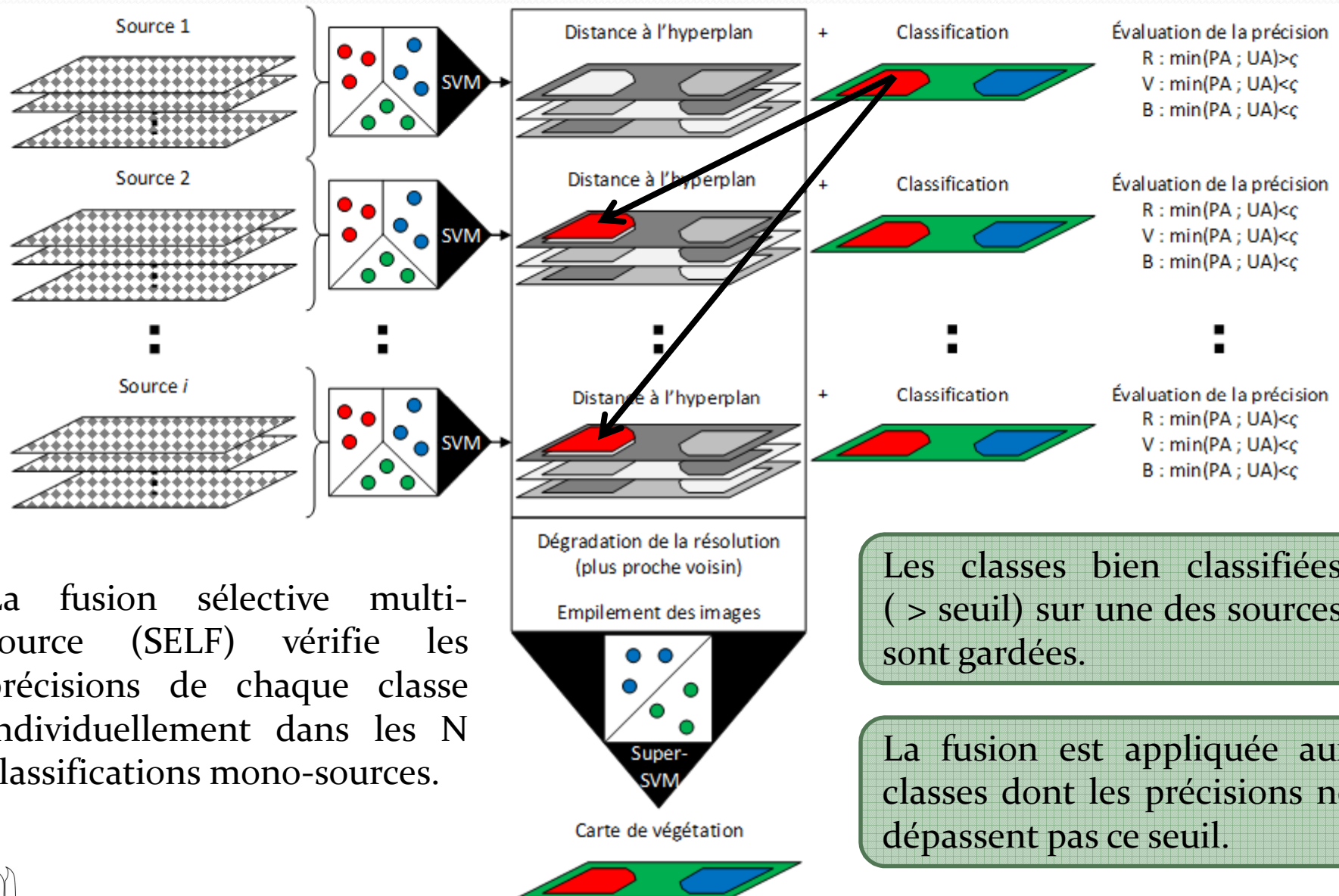
MNE



IKONOS+AirSAR+MNE



Fusion SVM sélective (SELF)



La fusion sélective multi-source (SELF) vérifie les précisions de chaque classe individuellement dans les N classifications mono-sources.

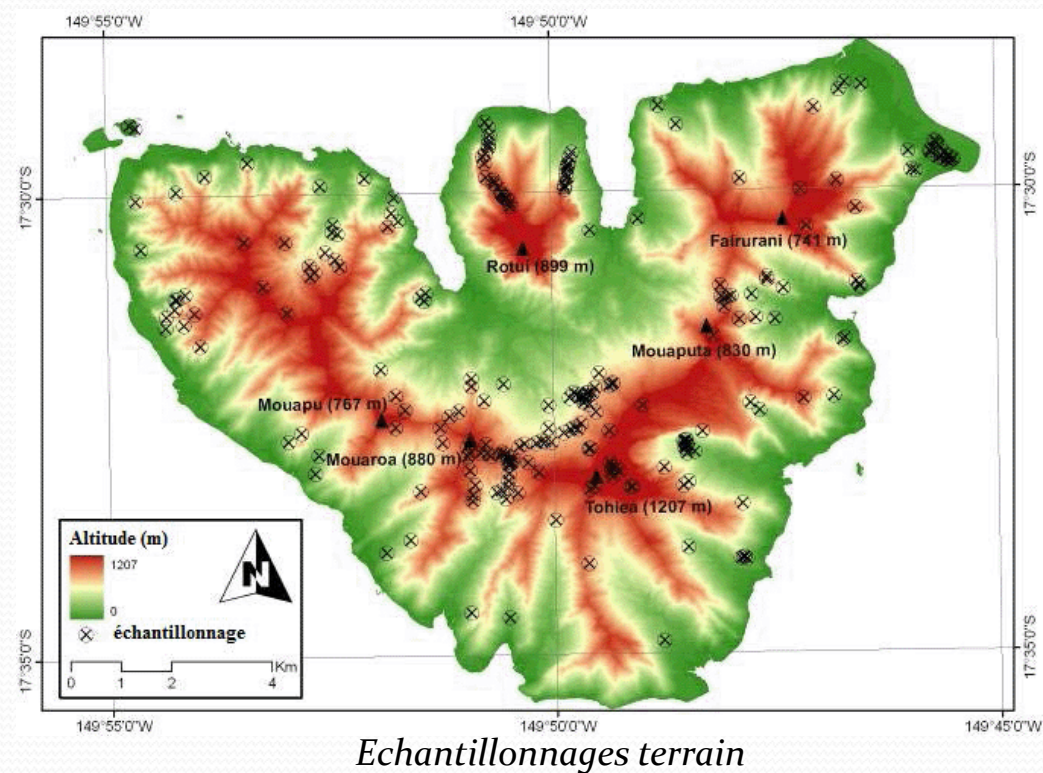
Les classes bien classifiées ($> \text{seuil}$) sur une des sources sont gardées.

La fusion est appliquée aux classes dont les précisions ne dépassent pas ce seuil.

Fusion SVM sélective (SELF)

Classes
Marécages à <i>Typha</i>
Cocoteraies
Forêts à <i>Metrosideros</i>
Bosquets à <i>Casuarina</i>
Bosquets à <i>Falcataria</i>
Brousses à <i>Leucaena</i>
Plantations de <i>Pinus</i>
Forêts anthropiques à <i>Mangifera-Syzygium</i>
Landes à <i>Dicranopteris</i>
Savanes à <i>Miscanthus-Melinis-Psidium-Dodonaea</i>
Matrice à <i>Hibiscus</i>
Forêts à <i>Neonauclea</i>
Faciès à <i>Aleurites</i>
Ripisylves à <i>Inocarpus</i>
Faciès à <i>Spathodea</i>
Forêts ombrophiles
Végétation subalpine

- Moorea Biocode : inventaire exhaustif de toutes les formes de vie non-microbiennes.
→ carte des milieux naturels de Moorea



Fusion SVM sélective (SELF)

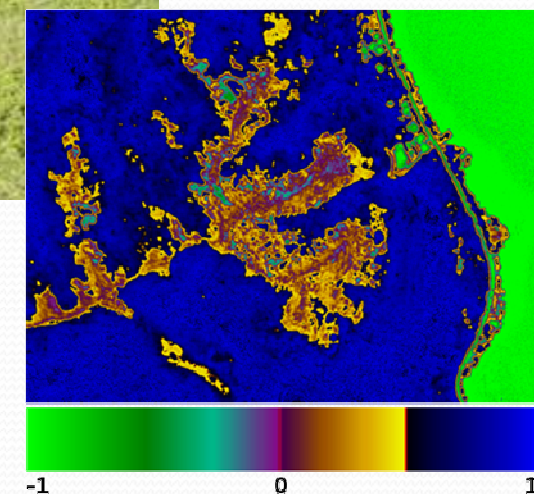
Classes	Source (+précise)
Marécages à <i>Typha</i>	Ancillaires
Cocoteraies	Ancillaires
Forêts à <i>Metrosideros</i>	Ancillaires
Bosquets à <i>Casuarina</i>	Texture
Bosquets à <i>Falcataria</i>	Texture
Brousses à <i>Leucaena</i>	Texture
Plantations de <i>Pinus</i>	Texture
Forêts anthropiques à <i>Mangifera-Syzygium</i>	Ancillaires
Landes à <i>Dicranopteris</i>	Texture
Savanes à <i>Miscanthus-Melinis-Psidium-Dodonaea</i>	Quickbird
Matrice à <i>Hibiscus</i>	Texture
Forêts à <i>Neonauclea</i>	Texture
Faciès à <i>Aleurites</i>	Texture
Ripisylves à <i>Inocarpus</i>	Texture
Faciès à <i>Spathodea</i>	Texture
Forêts ombrophiles	Ancillaires
Végétation subalpine	Ancillaires

Classifications mono-sources de Moorea

Quickbird	Texture	TerraSar-X & AirSAR	Ancillaires
62.7%	83.1%	63.3%	64.2%



NDVI



Savanes anthropiques

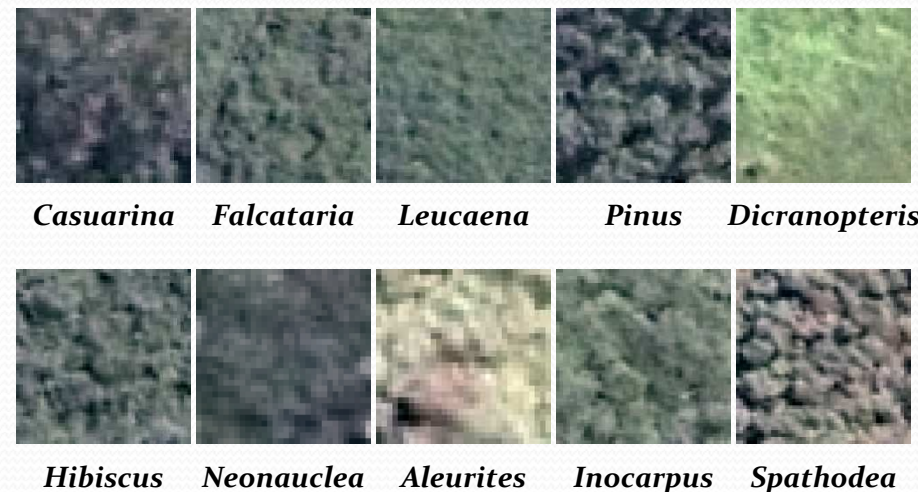
Fusion SVM sélective (SELF)

Classes	Source (+précise)
Marécages à <i>Typha</i>	Ancillaires
Cocoteraies	Ancillaires
Forêts à <i>Metrosideros</i>	Ancillaires
Bosquets à <i>Casuarina</i>	Texture
Bosquets à <i>Falcataria</i>	Texture
Brousses à <i>Leucaena</i>	Texture
Plantations de <i>Pinus</i>	Texture
Forêts anthropiques à <i>Mangifera-Syzygium</i>	Ancillaires
Landes à <i>Dicranopteris</i>	Texture
Savanes à <i>Miscanthus-Melinis-Psidium-Dodonea</i>	Quickbird
Matrice à <i>Hibiscus</i>	Texture
Forêts à <i>Neonauclea</i>	Texture
Faciès à <i>Aleurites</i>	Texture
Ripisylves à <i>Inocarpus</i>	Texture
Faciès à <i>Spathodea</i>	Texture
Forêts ombrophiles	Ancillaires
Végétation subalpine	Ancillaires

Classifications mono-sources de Moorea

Quickbird	Texture	TerraSar-X & AirSAR	Ancillaires
62.7%	83.1%	63.3%	64.2%

Vignettes de textures

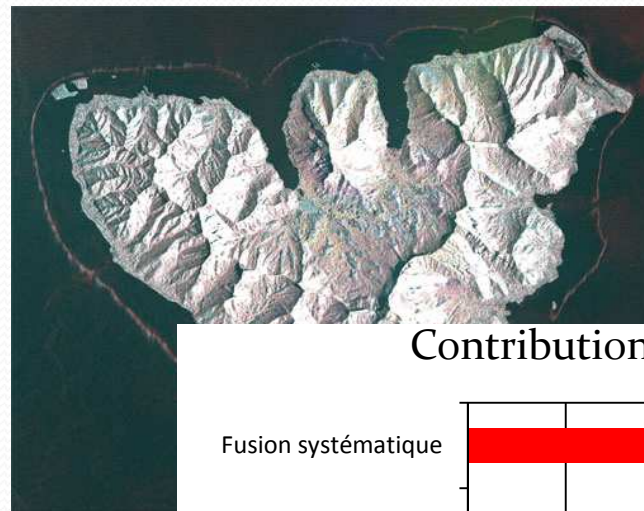


Fusion SVM sélective (SELF)

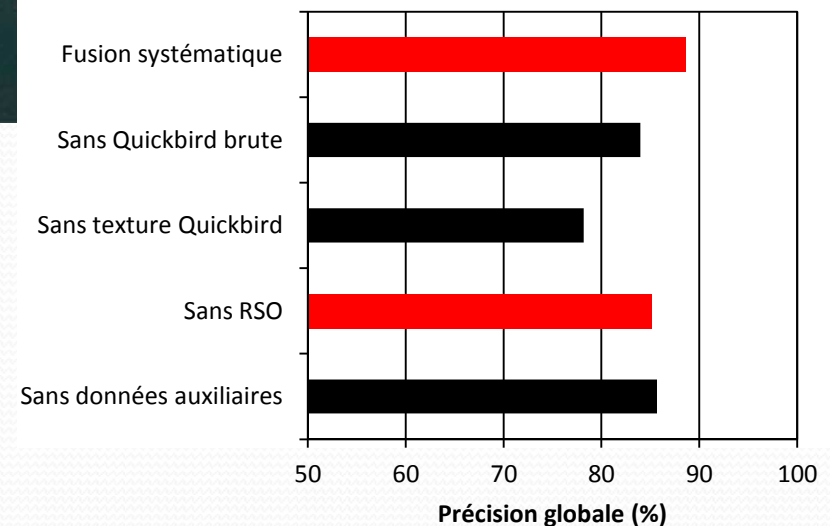
Classes	Source (+précise)
Marécages à <i>Typha</i>	Ancillaires
Cocoteraies	Ancillaires
Forêts à <i>Metrosideros</i>	Ancillaires
Bosquets à <i>Casuarina</i>	Texture
Bosquets à <i>Falcataria</i>	Texture
Brousses à <i>Leucaena</i>	Texture
Plantations de <i>Pinus</i>	Texture
Forêts anthropiques à <i>Mangifera-Syzygium</i>	Ancillaires
Landes à <i>Dicranopteris</i>	Texture
Savanes à <i>Miscanthus-Melinis-Psidium-Dodonea</i>	Quickbird
Matrice à <i>Hibiscus</i>	Texture
Forêts à <i>Neonauclea</i>	Texture
Faciès à <i>Aleurites</i>	Texture
Ripisylves à <i>Inocarpus</i>	Texture
Faciès à <i>Spathodea</i>	Texture
Forêts ombrophiles	Ancillaires
Végétation subalpine	Ancillaires

Classifications mono-sources de Moorea

Quickbird	Texture	TerraSar-X & AirSAR	Ancillaires
62.7%	83.1%	63.3%	64.2%



Contribution relative des sources



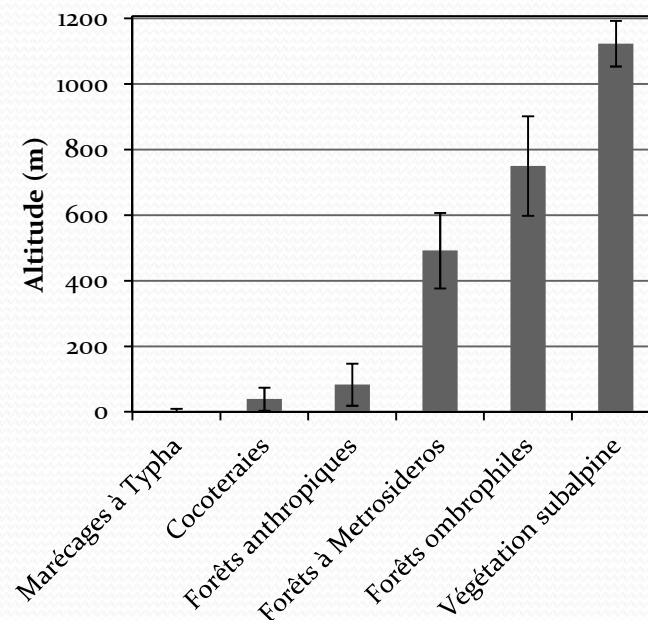
Fusion SVM sélective (SELF)

Classes	Source (+précise)
Marécages à <i>Typha</i>	Ancillaires
Cocoteraies	Ancillaires
Forêts à <i>Metrosideros</i>	Ancillaires
Bosquets à <i>Casuarina</i>	Texture
Bosquets à <i>Falcataria</i>	Texture
Brousses à <i>Leucaena</i>	Texture
Plantations de <i>Pinus</i>	Texture
Forêts anthropiques à <i>Mangifera-Syzygium</i>	Ancillaires
Landes à <i>Dicranopteris</i>	Texture
Savanes à <i>Miscanthus-Melinis-Psidium-Dodonaea</i>	Quickbird
Matrice à <i>Hibiscus</i>	Texture
Forêts à <i>Neonauclea</i>	Texture
Faciès à <i>Aleurites</i>	Texture
Ripisylves à <i>Inocarpus</i>	Texture
Faciès à <i>Spathodea</i>	Texture
Forêts ombrophiles	Ancillaires
Végétation subalpine	Ancillaires

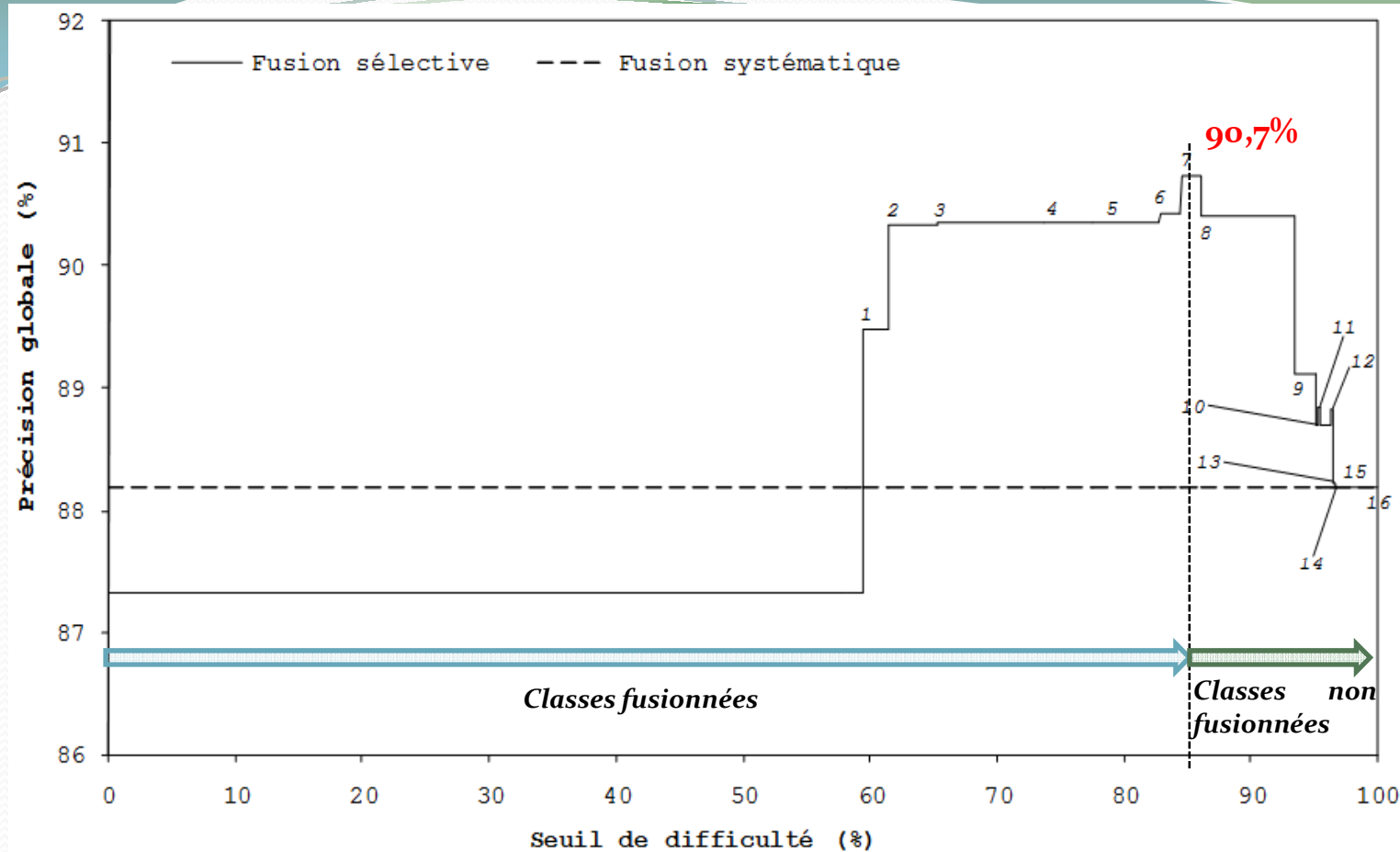
Classifications mono-sources de Moorea

Quickbird	Texture	TerraSar-X & AirSAR	Ancillaires
62.7%	83.1%	63.3%	64.2%

Gamme altitudinale par classe



Fusion SVM sélective (SELF)

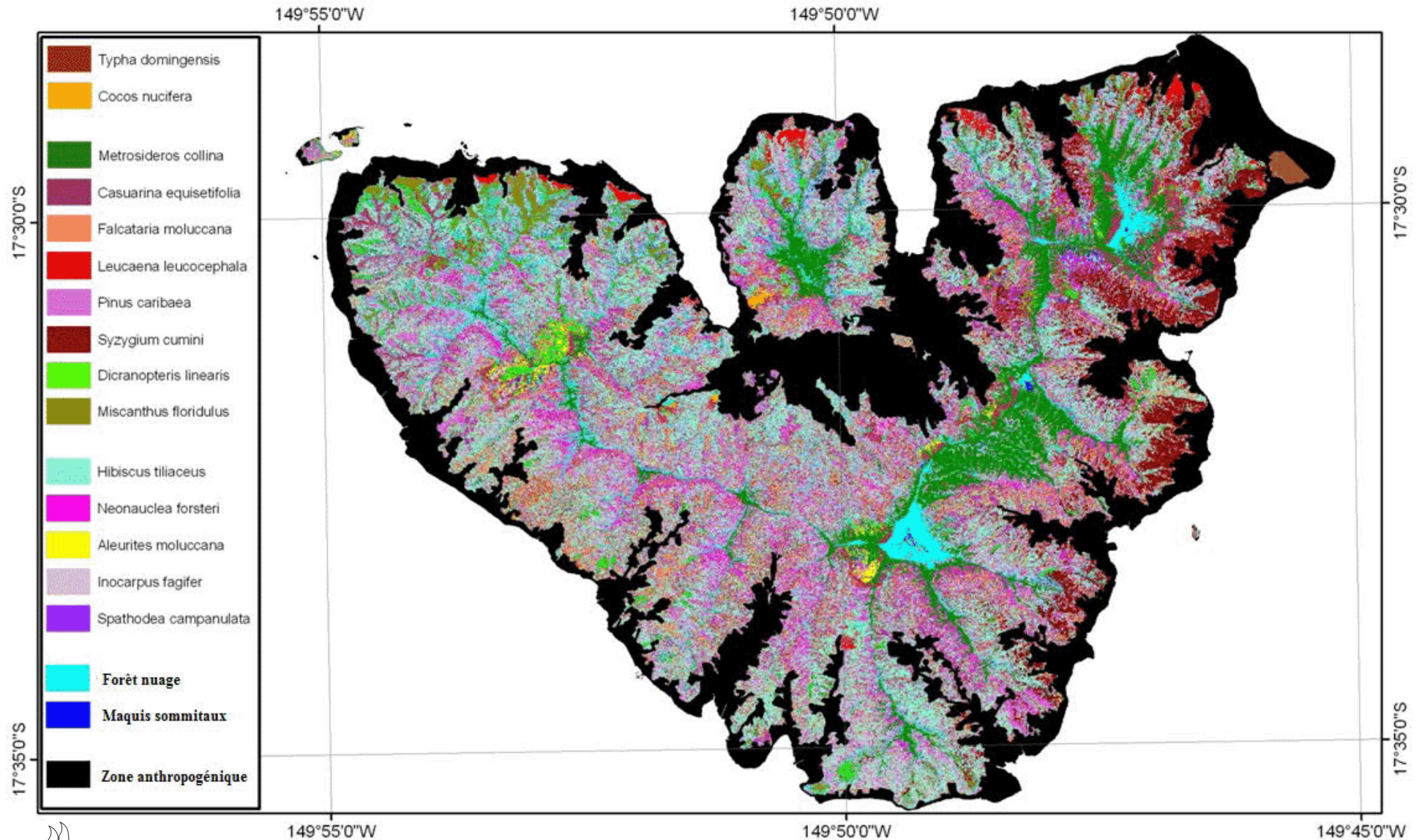


1 : Forêts anthropiques + forêts à Neonauclea
 2 : Ripisylves à Inocarpus
 3 : Matrice à Hibiscus
 4 : Faciès à Spathodea
 5 : Forêts à Metrosideros
 6 : Plantations de Cocos
 7 : Bosquets à Falcataria
 8 : Savanes à Miscanthus, Melinis, Psidium et Dodonea

9 : Faciès à Aleurites
 10 : Brousses à Leucaena
 11 : Forêts ombrophiles
 12 : Landes à Dicranopteris
 13 : Végétation subalpine
 14 : Plantations de Pinus
 15 : Bosquets à Casuarina
 16 : Marécages à Typha

SELF améliore les résultats en n'appliquant la fusion que sur les classes qui en tirent un bénéfice.

Cartographie des milieux naturels (Moorea BioCode)





• Présentation du candidat

- Parcours
- Enseignements
- Responsabilités et administration
- Encadrements
- Financements
- Production scientifique

• Activités de recherche

- Préambule
 - Thématique
 - Contexte géographique
- Analyse de données de télédétection
 - Données optiques
 - Information spectrale
 - Information texturale
 - Détection d'objets
 - Données radars
 - Polarisation linéaires simples
 - Polarimétrie
 - Données ancillaires
- Aspects méthodologiques
 - L'algorithme SVM
 - Utilisation conjointe de données hétérogènes
- Aspects applicatifs
 - Cocoteraies
 - Forêt de nuages
 - Espèces envahissantes / espèces rares

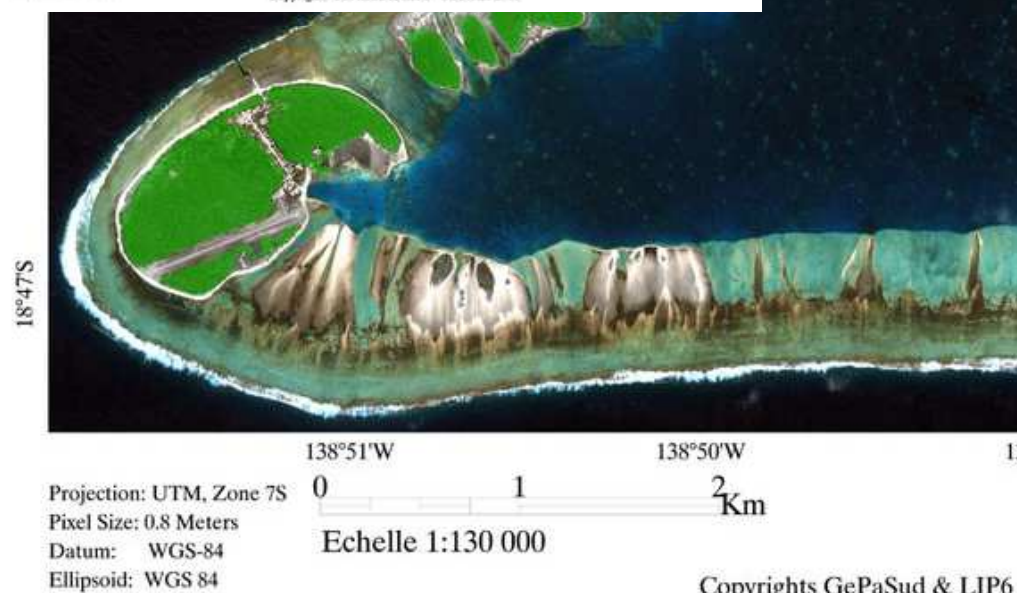
• Conclusion

- Synthèse
- Perspectives
- Conclusion

Surface des cocoteraies

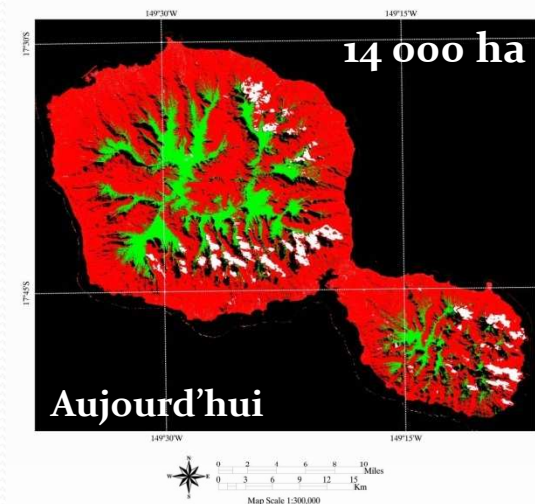


Il de Vah
a surface



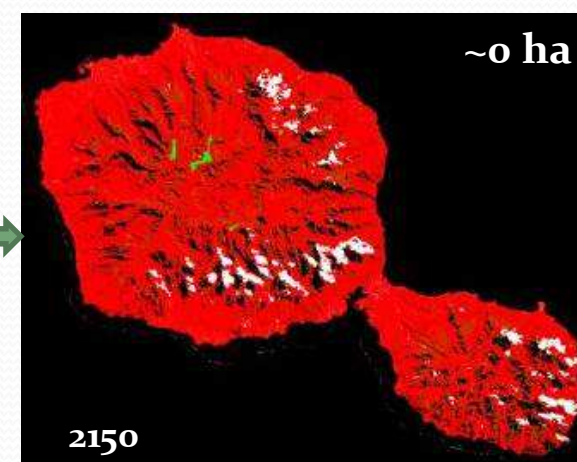
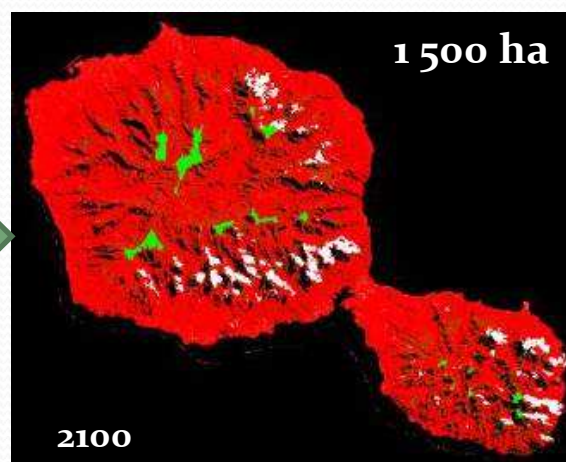
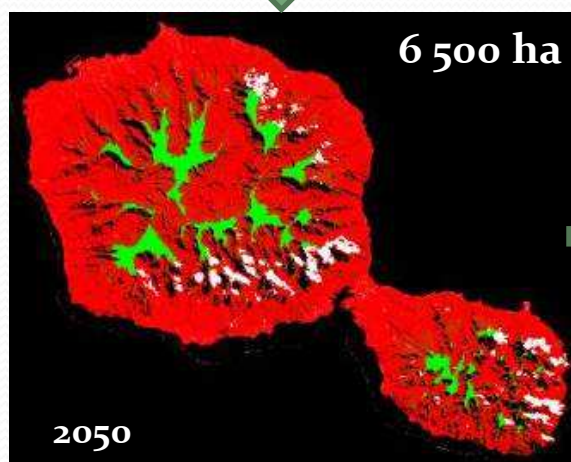
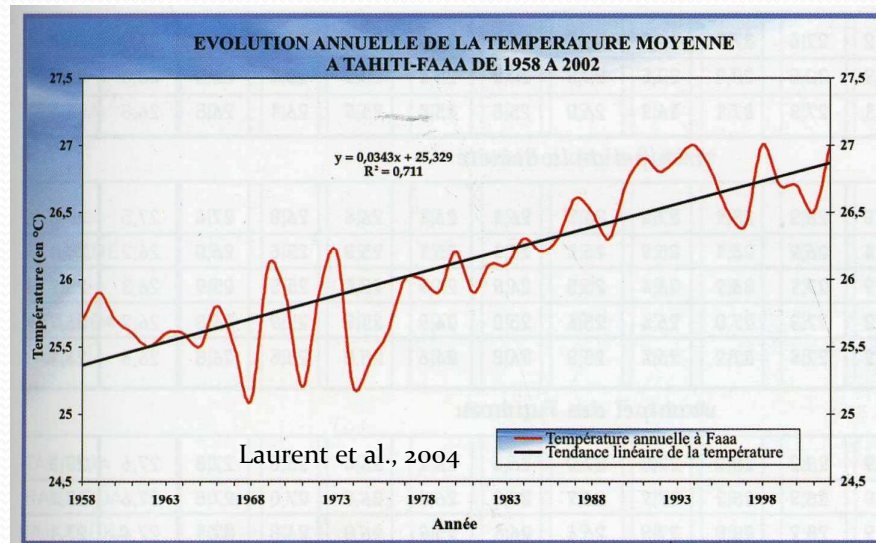
Régression de la forêt de nuages

Modélisation de l'effet du réchauffement global sur la forêt de nuage de l'île de Tahiti.



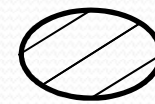
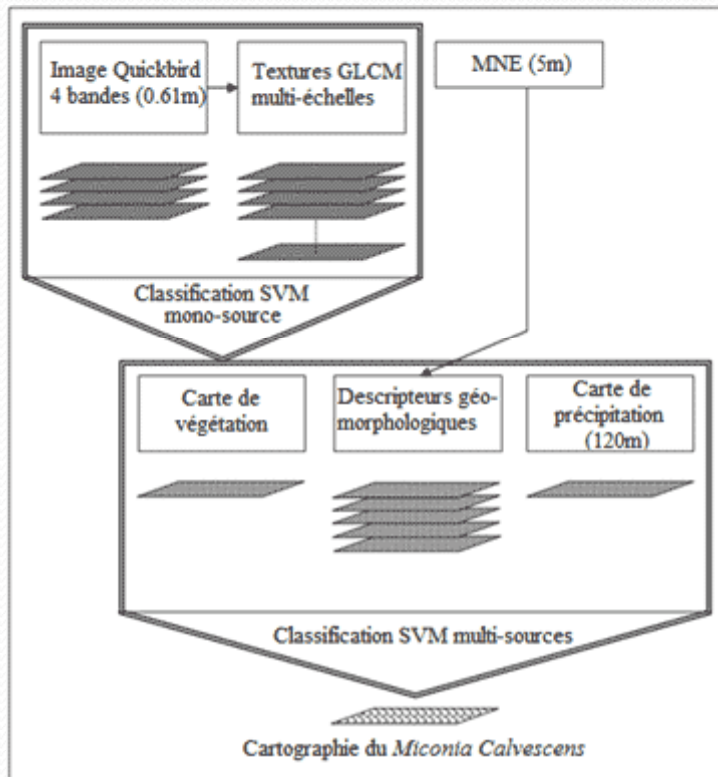
Forêt nuage

Autre



Espèces envahissantes

Cartographie du *Miconia calvenscens* dans la vallée de la Papenoo (Tahiti).



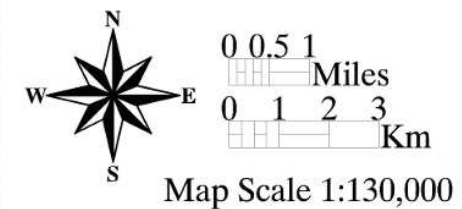
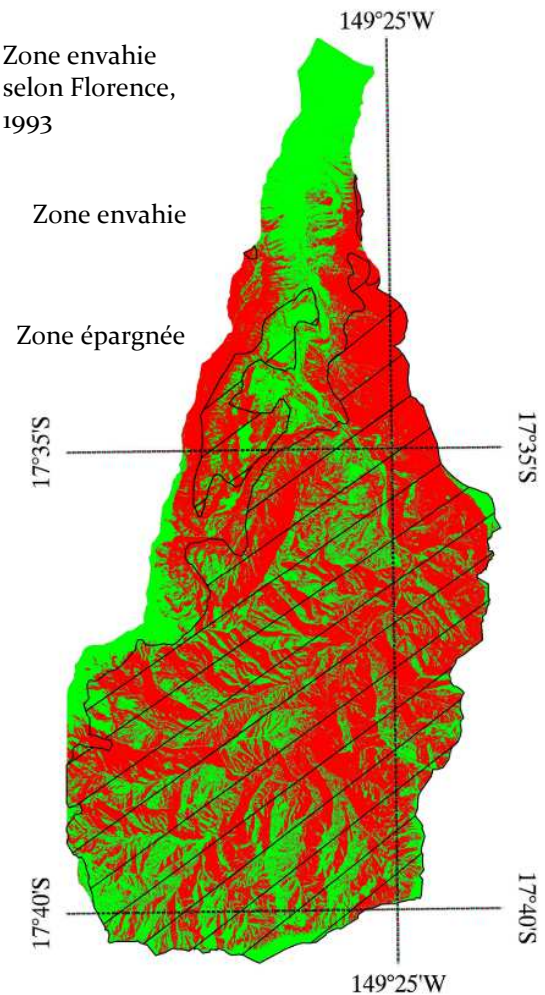
Zone envahie
selon Florence,
1993



Zone envahie



Zone épargnée



Espèces rares

Modélisation SVM de l'**habitat potentiel d'espèces rares**.
(très peu d'échantillons terrain)



Lepinia taitensis
(28 occurrences)

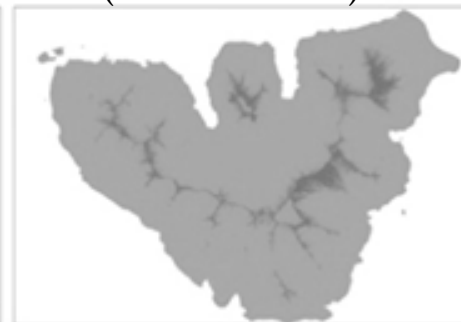
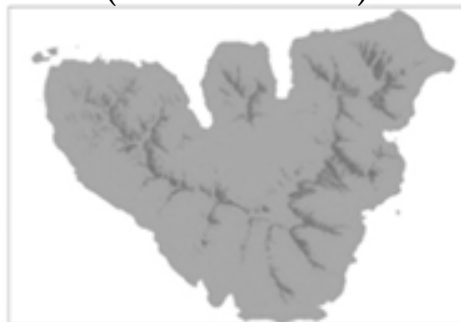


Pouteria tahitensis
(20 occurrences)



Santalum insulare
(81 occurrences)

SVM





• Présentation du candidat

- Parcours
- Enseignements
- Responsabilités et administration
- Encadrements
- Financements
- Production scientifique

• Activités de recherche

- Préambule
 - Thématique
 - Contexte géographique
- Analyse de données de télédétection
 - Données optiques
 - Information spectrale
 - Information texturale
 - Détection d'objets
 - Données radars
 - Polarisation linéaires simples
 - Polarimétrie
 - Données ancillaires
- Aspects méthodologiques
 - L'algorithme SVM
 - Utilisation conjointe de données hétérogènes
- Aspects applicatifs
 - Cocoteraies
 - Forêt de nuages
 - Espèces envahissantes / espèces rares

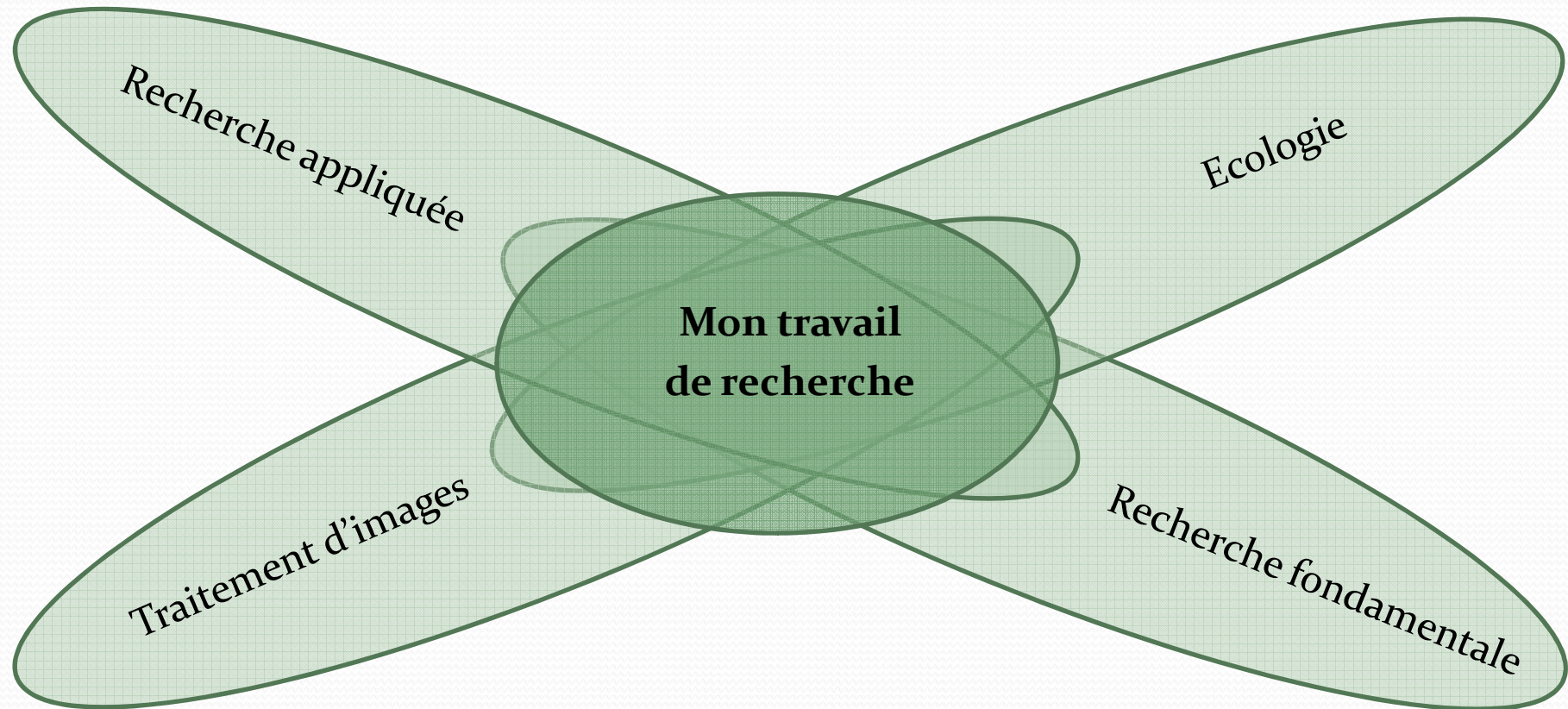
• Conclusion

- Synthèse
- Perspectives
- Conclusion

Synthèse

Objectif :	Cartographie du milieu naturel terrestre des îles hautes
Problème :	Complexité et hétérogénéité de la distribution spatiale de la végétation
Causes :	Topographie abrupte, taille réduite des îles, activité anthropique.
Solution :	Intégrer conjointement un maximum d'informations complémentaires
	Informations spectrales et texturales (optique)
	Informations structurelles et polarimétriques (radar)
	Informations géomorphologiques (MNE)
	Cartes météorologiques
Outil :	Algorithme SVM approprié du fait de ses propriétés intrinsèques :
	Nature non-descriptive,
	Faible nombre de pixels d'apprentissage,
	Capacité à traiter un grand nombre de données hétérogènes,

Positionnement



Originalité

Originalité

Milieu atypique avec contraintes géomorphologiques fortes

Démarche allant de la recherche appliquée vers la recherche fondamentale

Problématique → Site d'étude → Techniques → Résultats

Recherche large spectre :

Choix des études

Données satellitaires

Techniques de télédétection

Terrain,

Acquisition d'images satellites,

Prétraitements,

Classifications,

Méthodologies,

Mesure des précisions,

Cartographie,

...

Perspectives recherche

Perspectives de recherche :

Capteurs	Veille technologique – étude des nouveaux capteurs	
Sources d'informations supplémentaires	Donnée hyper-spectrale	Améliorer les données ancillaires
	Texture radar (TerraSAR-X)	Données multi-temporelles
	Lidar (structure verticale des forêts)	Données multi-résolutions
Techniques	SVM Multi-noyaux	Fusion de l'information
	Classification sous contrainte	Modélisation environnementale
	Généricité	Synergie SIG / Télédétection
Thématiques	Zone urbaine, milieu lagonaire, océanique, ...	

Conclusion

- Economie de la Polynésie française basée sur le tourisme et les ressources marines.
- Nécessité de développer son auto suffisance alimentaire et énergétique.
- Pressions anthropiques croissantes
→ **Gestion durable de l'environnement naturel polynésien.**

*La géomatique** regroupe l'ensemble des sciences et technologies qui permettent de modéliser, de représenter et d'analyser le territoire grâce à l'acquisition et à l'exploitation de données géographiques pour en faire des représentations virtuelles : géolocalisation, imagerie spatiale, bases de données, systèmes d'informations et SIG, technologies du web ...*

*** intégrée dans la liste des « **dix professions d'avenir** » présentée par le gouvernement français en sept. 2013*

- La géomatique est un outil d'aide à la décision : gestion environnementale, études d'impacts, risques naturels, risques sanitaires, surveillance de la ZEE...
- Conforté dans mon choix de carrière : la télédétection est particulièrement adaptée aux problématiques de la Polynésie française.
- Habilitation à diriger des recherches : pause réflexive et structurante
 - Synthèse et mise en perspective du travail de recherche
 - Recul sur mon domaine de recherche et les demandes sociétales
 - Motivation accrue

Merci de votre attention...

