

**SYNERGÎLES**  
Pôle d'innovation de la Guadeloupe

# Le projet DOMOURMAT

**Laurence Romana**  
(GTSI/Université des Antilles)



Les rencontres  
ÉKO-INNOVATION





# DomDurMat : Durabilité des matériaux en milieu tropical

- Projet collaboratif**
- Financé par:**
  - ✓ **Région Guadeloupe**
  - ✓ **Union Européenne**
- 1,3 M€**

**Matériaux**

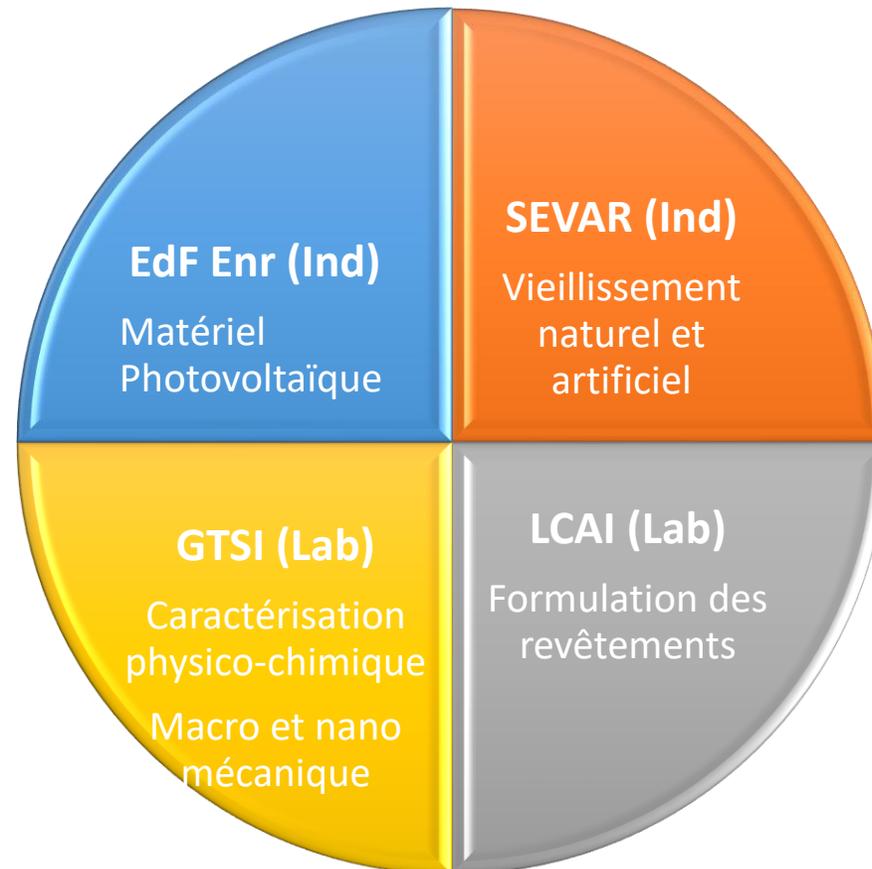
Polymères

Métaux

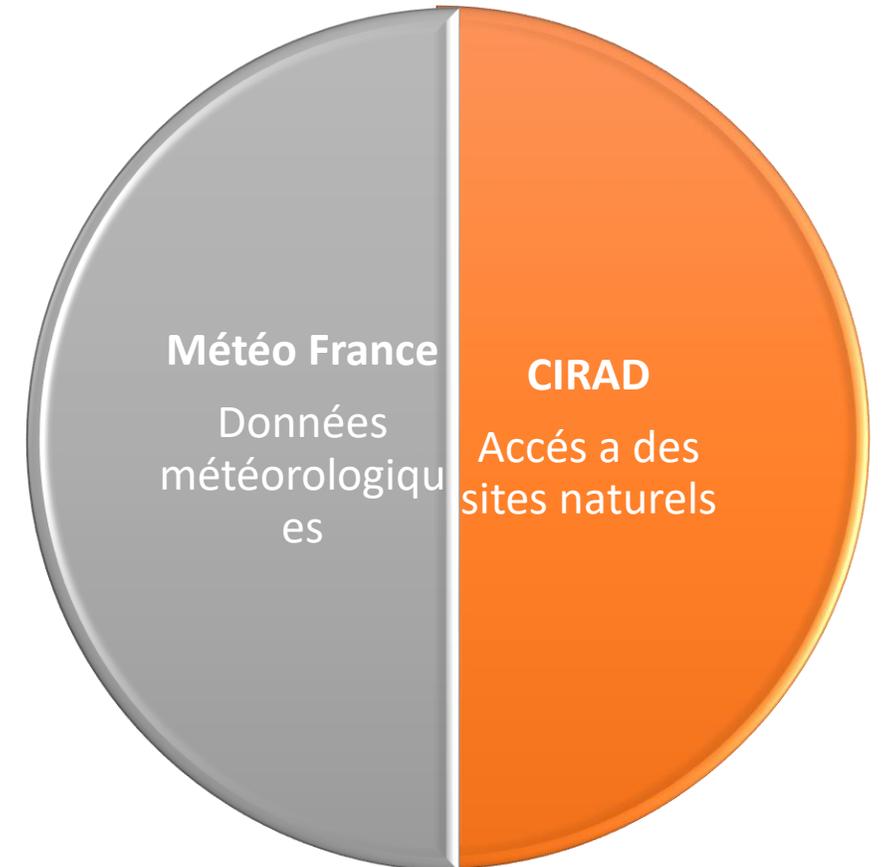


# DomDurMat: le consortium

## Partenaires



## Prestataires



- I. Contexte et enjeux
- II. Objectifs
- III. Méthodologie par objectif
- IV. Plan d'action
- V. Principales retombées
- VI. Les perspectives

# SOMMAIRE

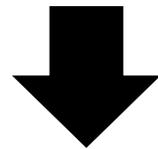
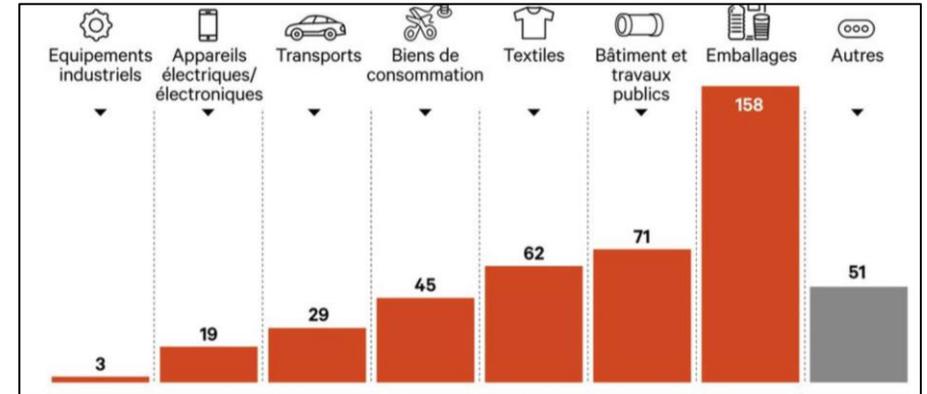
---

# Contexte et enjeux généraux

## Quelques chiffres\*

En 2020: **400 millions de tonnes de plastique** dans le monde\*

- 14% des emballages plastiques recyclés
- 14% incinérés
- 40% en décharge
- 32% dans l'environnement



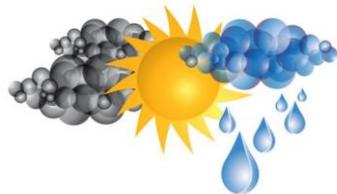
- Limiter l'utilisation du plastique surtout à usage unique
- Valoriser le recyclage
- Augmenter la durabilité des matériaux polymériques

\* Atlas du plastique

# Contexte et enjeux régionaux

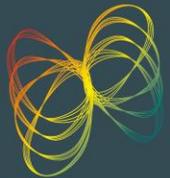
Nos régions représentent une enceinte de vieillissement naturel accélérée!

Localisation	Irradiation (kJ/cm <sup>2</sup> )	Température moyenne (°C)	Humidité relative (%)	Conséquences
France (South)	656	15,5	61	Dégradation accélérée des matériaux polymériques
Floride	610	22,5	73	Mauvaise prédiction de la durée de vie du produit
<b>Guadeloupe</b>	<b>710</b>	<b>26,3</b>	<b>76</b>	Conséquences environnementales et économiques lourdes



**Objectif de la région Guadeloupe: 2035 Zéro déchets !!!**

RENCONTRES  
EKO-INNOVATION

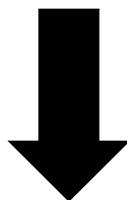


SYNERGÎLES  
Pôle d'innovation de la Guadeloupe

# Objectifs: Répondre aux besoins de prédiction de la durabilité des produits polymériques fabriqués ou utilisés dans nos territoires

- Fournir aux industriels de nos territoires des outils d'aide à la sélection, fiables, innovants, simples et rapides quant à la durabilité des matériaux polymères en environnement tropical
- Proposer des solutions techniques et innovantes de remédiation au vieillissement des matériaux

1



**Adapter les protocoles de VA à nos conditions climatiques**

2



**Mettre aux points des techniques « flash » pour prédire durabilité**

3



**Proposer des méthodes de remédiation**

4



**Classifier les micro-climats en terme de classe de corrosivité**

# Objectif 1: Adapter les protocoles de VA à nos conditions climatiques

Tests en enceinte de vieillissement artificielle (VA)

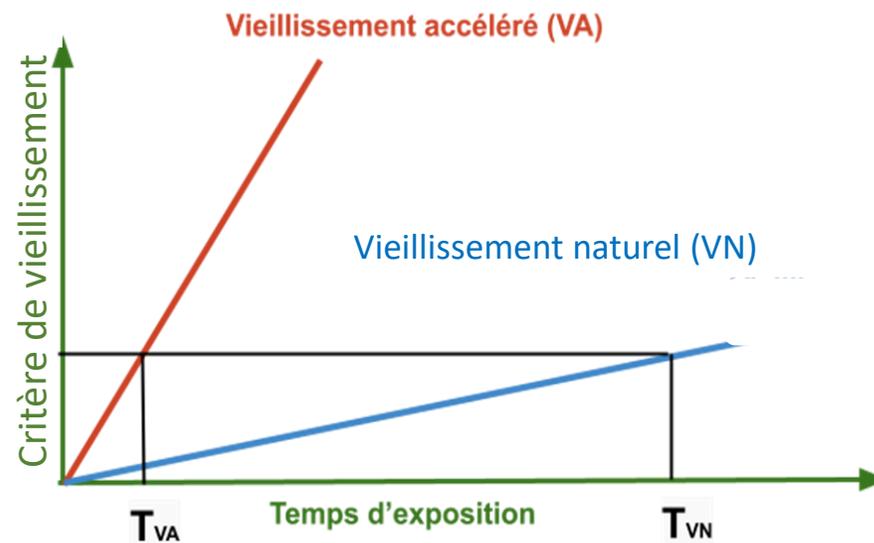


Tests en milieu naturel (VN)

Résultats rapides : quelques mois

Résultats lents : Plusieurs années

Mécanismes doivent être identiques en VA et VN



Facteur d'accélération: FA

$$F_A = \frac{T_{VN}}{T_{VA}}$$



1 jour VA = FA x jour VN

Objectif: FA le plus élevé possible

# Objectif 1: Adapter les protocoles de VA à nos conditions climatiques

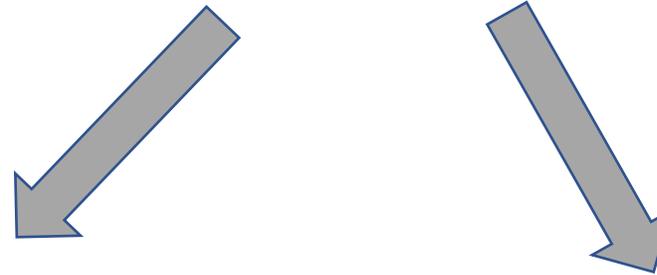
Tests en enceinte de vieillissement artificielle (VA)

Résultats rapides : quelques mois



Tests en milieu naturel (VN)

Résultats lents : Plusieurs années



**Les protocoles classiques sont-ils adaptés à nos conditions climatiques???**



**Quel est le facteur d'accélération sous nos climats ???**



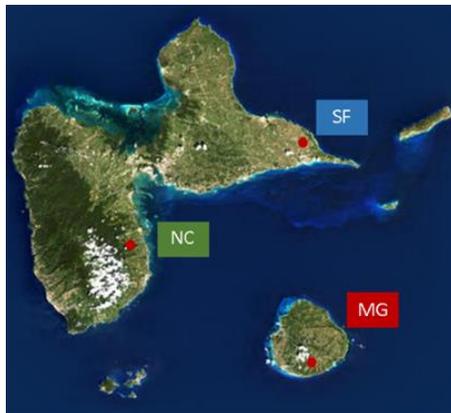
# Objectif 1: Adapter les protocoles de VA à nos conditions climatiques



## Vieillessement naturel (VN)



### 3 sites d'exposition



### Paramètres météorologiques d'intérêt

- Ensoleillement (durée et quantité)
- Température (max, min, moy)
- Humidité (max, min, moy)
- Humectation (durée)
- Pluviométrie (durée et quantité)



### Rack d'exposition



### Polluants atmosphériques

- Chlorures
- SO<sub>2</sub>
- H<sub>2</sub>S (à venir)



**Durée d'exposition de l'ordre de plusieurs années**

# Objectif 1: Adapter les protocoles de VA à nos conditions climatiques



## Vieillessement artificiel (VA)

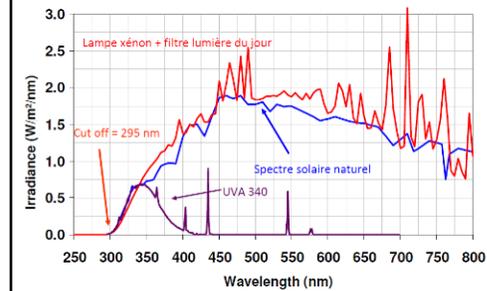
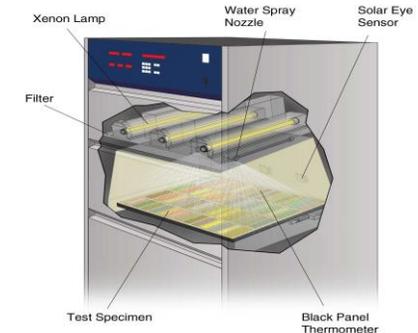


T°, irradiation, humidité élevées et contrôlées → Plusieurs protocoles testés  
Objectif : Valider les protocoles et diminuer le temps d'exposition

*Bandol Wheel (SEVAR)*

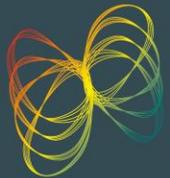


*Q-LAB (LABOMAT)*



**Durée d'exposition variant de la semaine à quelques mois**

Rencontres  
EKO-INNOVATION

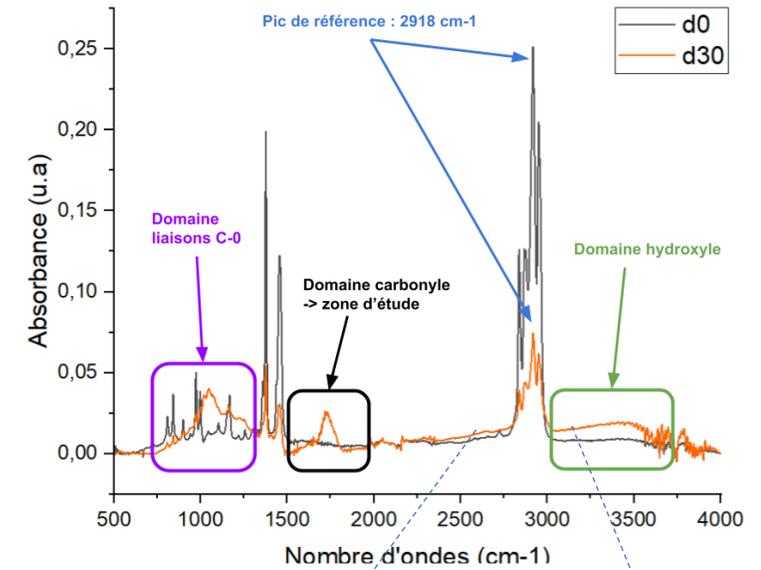


SYNERGILES  
Pôle d'innovation de la Guadeloupe

# Objectif 1: Vieillissement naturel (VN) versus vieillissement artificiel (VA)

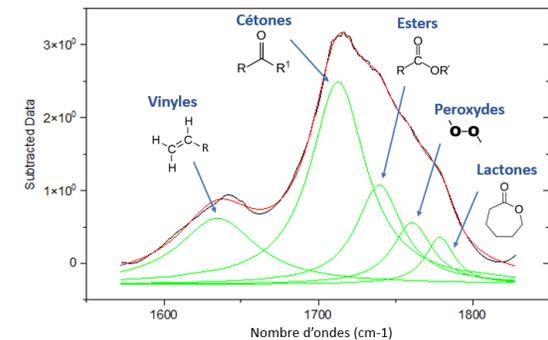
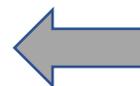
Mécanismes de vieillissement doivent être identiques en VA et VN

## Spectroscopie Infra Rouge



Identification des produits d'oxydation

Suivi de la cinétique d'oxydation



# Objectif 2: Méthode de caractérisation flash : Approche nanométrique des propriétés mécaniques

Oxydation est un phénomène de surface



Nanoindentation technique

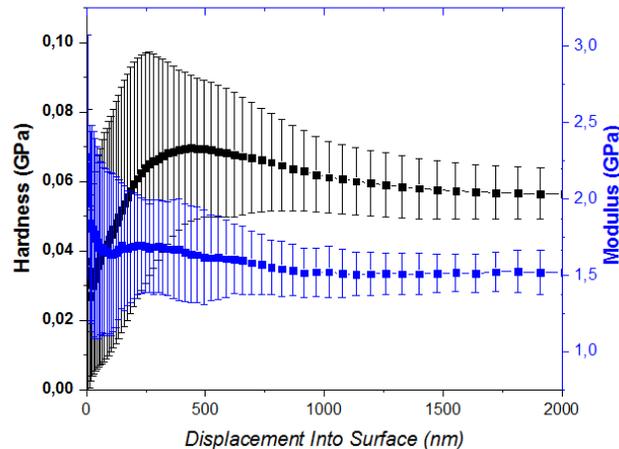
Caméra    Pointe de diamant Berkovich



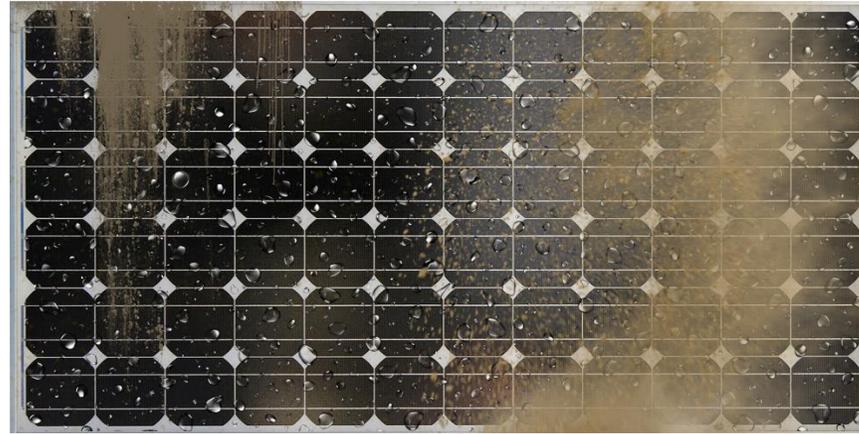
Propriétés mécaniques de l'extrême surface



Elasticité, dureté, visco-Elasticité



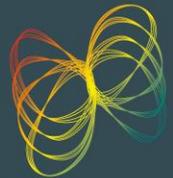
### Problématique : Moisissures apparaissent sur les panneaux solaires



### Mettre au point un revêtement antifongique éco-respectueux

#### Revêtement commercial + huiles essentielles

- Choix des huiles essentielles
- Choix des concentrations
- Formulation – tests de miscibilité avec la résine
- Cinétique de réticulation avec les huiles essentielles
- Impact sur le vieillissement



**Pas d'étude permettant de connaître les catégories de corrosivité de nos micro-climats**



**le choix du système de peinture dépend de l'agressivité corrosive du site d'exposition**



**Quelle est la catégorie de corrosivité en Guadeloupe ???  
(3 sites naturels)**

# Objectif 4: Classement de l'agressivité corrosive des sites

## Exposition

- Fer
- Zinc
- Aluminium
- Cuivre



## Table de classification selon norme ISO 9223

Corrosivity category	Corrosion rates of metals				
	Unit	$r_{corr}$			
		Carbon steel	Zinc	Copper	Aluminium
C1	$g/(m^2 \cdot a)$	$r_{corr} \leq 10$	$r_{corr} \leq 0,7$	$r_{corr} \leq 0,9$	negligible
	$\mu m/a$	$r_{corr} \leq 1,3$	$r_{corr} \leq 0,1$	$r_{corr} \leq 0,1$	—
C2	$g/(m^2 \cdot a)$	$10 < r_{corr} \leq 200$	$0,7 < r_{corr} \leq 5$	$0,9 < r_{corr} \leq 5$	$r_{corr} \leq 0,6$
	$\mu m/a$	$1,3 < r_{corr} \leq 25$	$0,1 < r_{corr} \leq 0,7$	$0,1 < r_{corr} \leq 0,6$	—
C3	$g/(m^2 \cdot a)$	$200 < r_{corr} \leq 400$	$5 < r_{corr} \leq 15$	$5 < r_{corr} \leq 12$	$0,6 < r_{corr} \leq 2$
	$\mu m/a$	$25 < r_{corr} \leq 50$	$0,7 < r_{corr} \leq 2,1$	$0,6 < r_{corr} \leq 1,3$	—
C4	$g/(m^2 \cdot a)$	$400 < r_{corr} \leq 650$	$15 < r_{corr} \leq 30$	$12 < r_{corr} \leq 25$	$2 < r_{corr} \leq 5$
	$\mu m/a$	$50 < r_{corr} \leq 80$	$2,1 < r_{corr} \leq 4,2$	$1,3 < r_{corr} \leq 2,8$	—
C5	$g/(m^2 \cdot a)$	$650 < r_{corr} \leq 1\ 500$	$30 < r_{corr} \leq 60$	$25 < r_{corr} \leq 50$	$5 < r_{corr} \leq 10$
	$\mu m/a$	$80 < r_{corr} \leq 200$	$4,2 < r_{corr} \leq 8,4$	$2,8 < r_{corr} \leq 5,6$	—
CX	$g/(m^2 \cdot a)$	$1\ 500 < r_{corr} \leq 5\ 500$	$60 < r_{corr} \leq 180$	$50 < r_{corr} \leq 90$	$r_{corr} > 10$
	$\mu m/a$	$200 < r_{corr} \leq 700$	$8,4 < r_{corr} \leq 25$	$5,6 < r_{corr} \leq 10$	—

## Attaque chimique

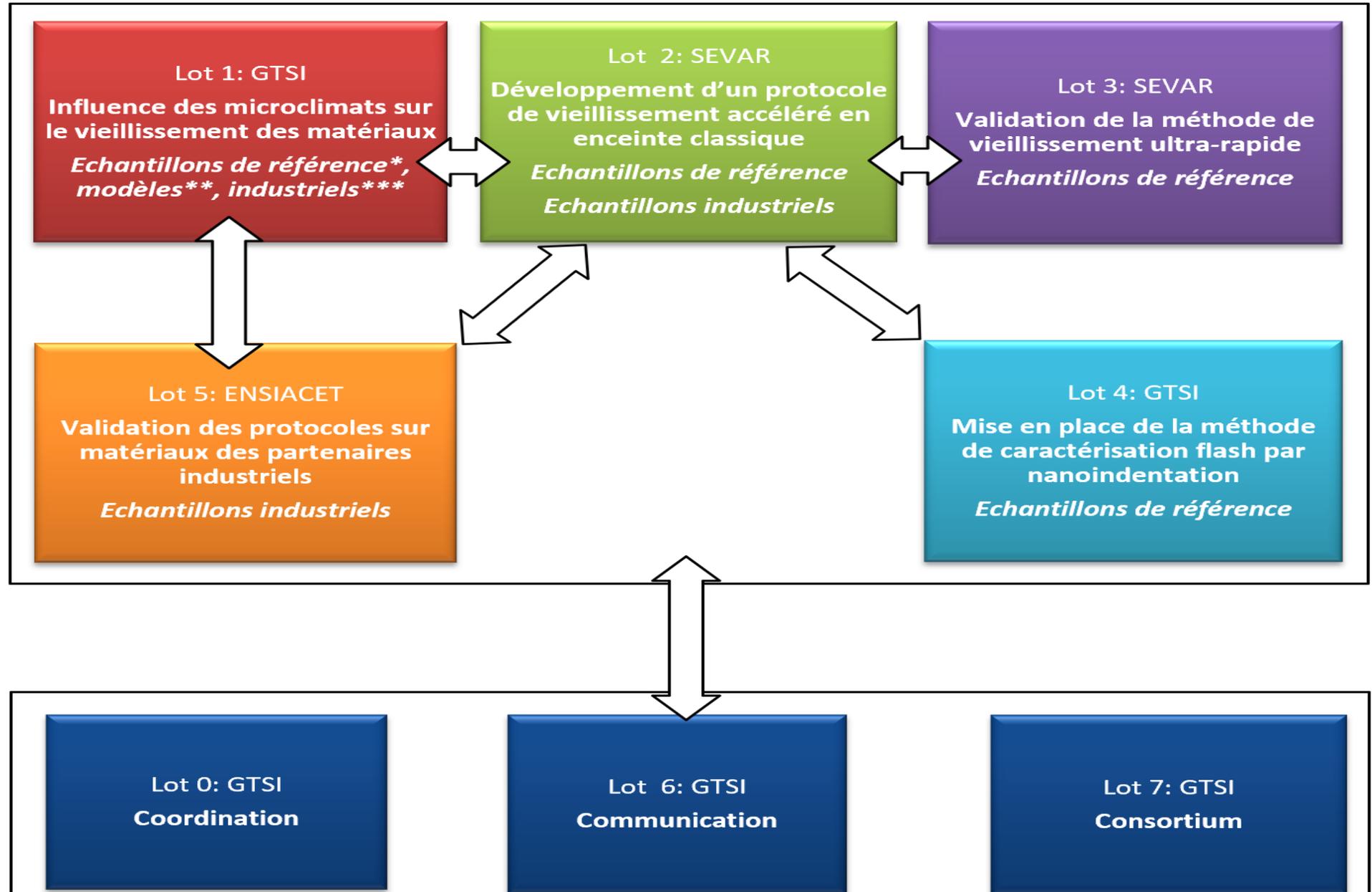


Taux de corrosion

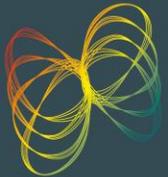
$$r_{corr} = \frac{m_0 - m_a}{A \cdot t}$$



# IV- Plan d'action



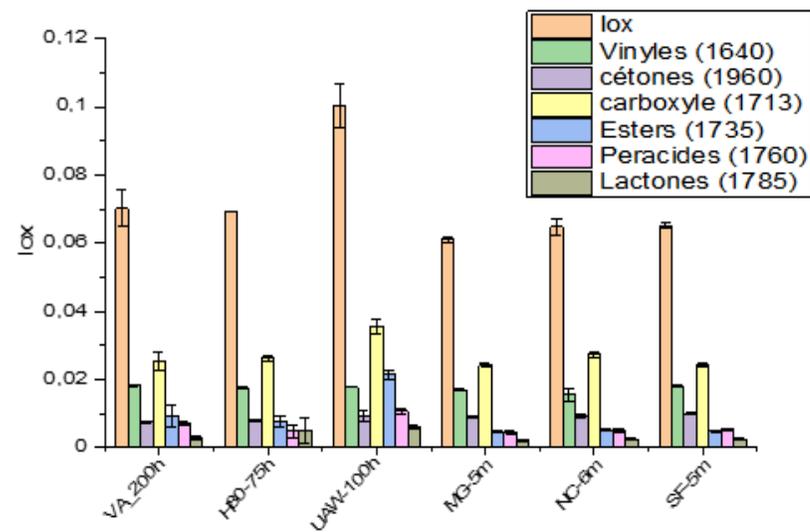
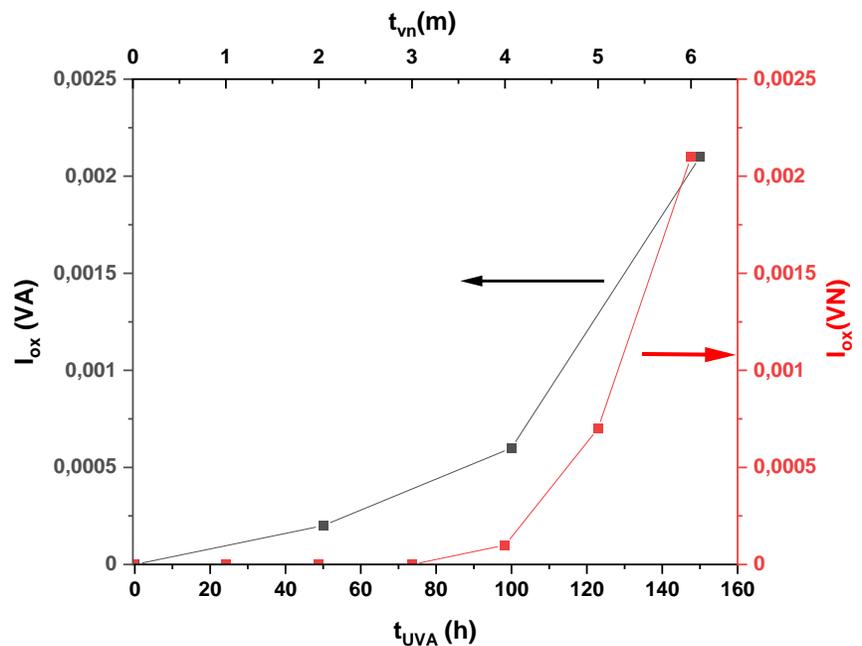
Rencontres  
EKO-INNOVATION



**SYNERGÎLES**  
Pôle d'innovation de la Guadeloupe

# V- Principales retombées

## Validation protocole et mise au point d'un protocole ultra accéléré



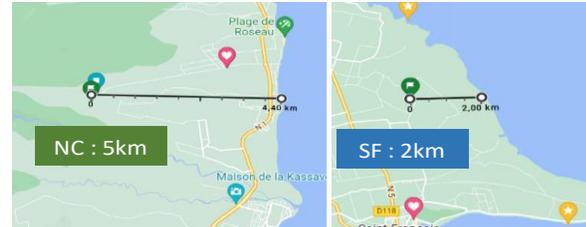
**Facteur d'accélération de 33!!!!**

**Sous produits identiques**

**Mise au point d'une méthode de vieillissement ultra-acceléré  
1 mois VA → 2,5 ans en VN**

# V- Principales retombées

## Classification des 3 sites naturels étudiés



Métal	NC	SF	MG
Acier	C4-C5	C4	C4
Zinc	C4	C3	C3
Cuivre	C4	C5	C5

**C3: Corrosion moyenne**

**C4: Corrosion élevée**

**C5: Corrosion très élevée**

# Quelques chiffres

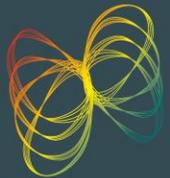
## Nombres d'échantillons polymères vieillis

- Naturel: 216
- Accéléré: 200

## Nombres d'échantillons métalliques vieillis 600

## Les analyses en chiffre

- Infra-Rouge 3500 analyses
- Nanoindentation 700 analyses....
- Attaque chimique: 600
- Sans compter le temps de préparations!!!!



## V- Principales retombées

- **Expertise en VA et VN**
- **Equipements des sites (capteurs, rack d'exposition...)**
- **Classification des sites (nouveau aux Antilles françaises)**
- **Validation d'un protocole de vieillissement ultra-rapide**
- **Mise au point d'une méthode flash de caractérisation du vieillissement**
- **Création d'un réseau de partenariats (industrie/Université)**
- **Opportunité de collaborations Projet ADELENTES 2 Partenaires : CNIC (Cuba) et CICORR (Mexique)**
- **Formation de jeunes par et pour la recherche**

## VI. Perspectives: DomDurMat II

- Nécessité de continuer les tests de VN sur certains polymères/revêtements PV
- Introduire de nouveaux sites:
  - Introduire effet sargasse
  - Choisir des sites aux différences climatiques plus marquées
- Applications à une plus large gamme de produits industriels (agro matériaux, éco-matériaux, matériaux de construction....)

# Equipes de permanents

Nom des partenaires	Statut	Personnes
Université des Antilles / Groupe Technologique des Surfaces et Interfaces (porteur)	Université	L. Romana (responsable de projet) A. Flory, P. Thomas, P. Bilas, N. Nomède-Martyr, T. Césaire,
INP Toulouse – A7 / Laboratoire de Chimie Agro-Industrielle	Université	C. Cécutti
SEVN-Antilles	Entreprise	L. Béraud/B. Flore
EdF Enr	Entreprise	D. Jacob

## Ingénieurs en CDD

NOM	Activités
Thimothée Pertin	Polymères
Thomas Parrat	Métaux

# Les stagiaires (14)

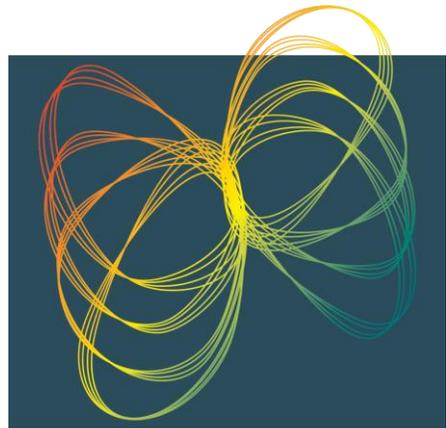
<b>Année</b>	<b>Nbre</b>	<b>Origine</b>
<b>2020</b>	<b>2</b>	<b>Université des Antilles</b>
<b>2021</b>	<b>5</b>	<b>Université des Antilles-INP Grenoble</b>
<b>2022</b>	<b>7</b>	<b>Université des Antilles/INP Grenoble/INP Toulouse/ ENSIL Limoge</b>

# Remerciements



Rencontres  
eko-innovation





**SYNERGÎLES**

Pôle d'innovation de la Guadeloupe

[Laurence.romana@gmail.com](mailto:Laurence.romana@gmail.com)

Tel : 0690-16-55-13

**CONTACT**

---



**SYNERGÎLES**  
Pôle d'innovation de la Guadeloupe