



OPTIMISATION D'UNE TECHNIQUE DE CONSERVATION BASEE SUR LE SECHAGE SOLAIRE DU POIVRE SAUVAGE (*TSIPERIFERY*) DE MADAGASCAR



Solo Rombaka^{1*}, Gaylor Razafimamonjison^{1,2} Jérôme Queste^{2,3}

¹ Mention Industrie Agricole et Alimentaire, École Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, BP 175, Antananarivo, Madagascar

² DP Forêts et Biodiversité, BP 853, Antananarivo, Madagascar

³ CIRAD, UR Green, Campus de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France

*E-mail : rombakasolondrainy@gmail.com

CONTEXTE

Tsiperifery :

- Poivre sauvage à queue, endémique à Madagascar
- Fruit d'une liane grimpante sur un tuteur dont les graines sont rouges à maturité.
- Réputé pour son goût unique
- Produit à très fort potentiel commercial

Séchage solaire traditionnel :

- Son unique méthode de conservation dans les zones rurales
- Exposition des produits directement aux rayonnements solaires sans aucune protection contre les insectes et les rongeurs
- Faible efficacité compte tenu des nombreux aléas (météorologique et constituants du produit sensible aux rayonnements ultraviolets)



Besoin d'une recherche d'un type de séchage solaire permettant d'alléger, voire supprimer ces inconvénients

OBJECTIF GENERAL

Déterminer le type de séchage solaire convenable pour le *Tsiperifery*

Séchage solaire direct ou séchage solaire indirect ?

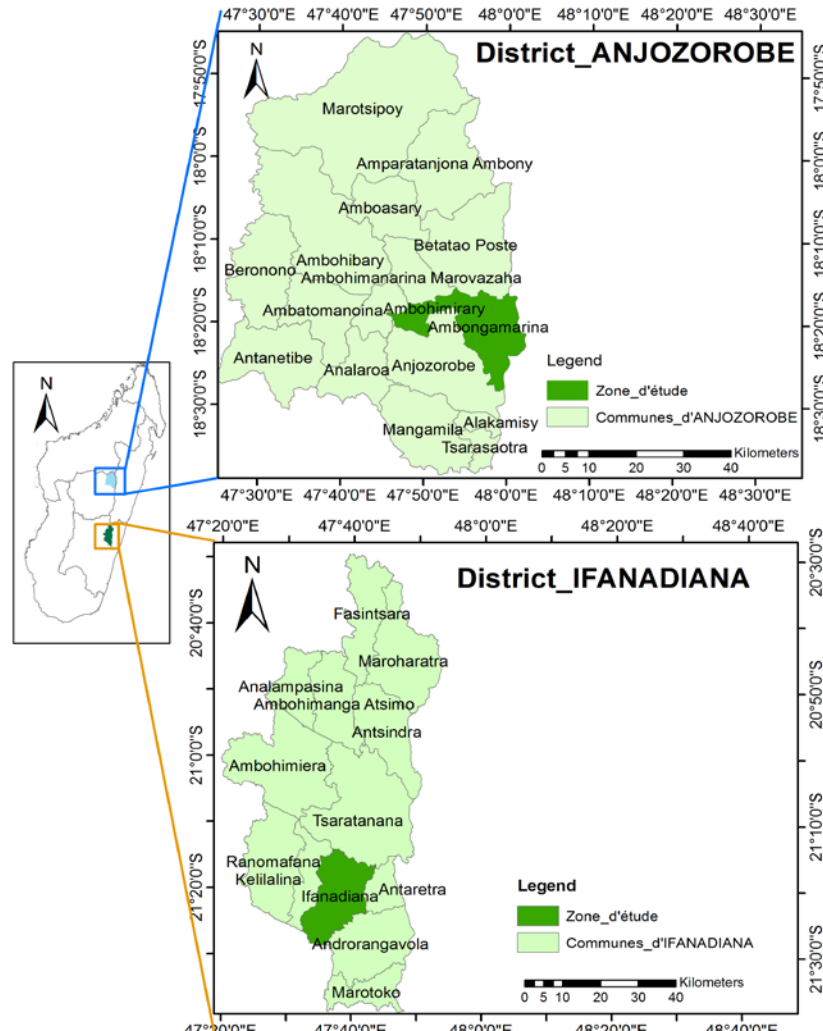
- Suivre l'évolution de la teneur en eau du *tsiperifery*, tant pour le séchage direct et séchage indirect.
- Évaluer l'effet de ces deux types de séchage sur la qualité (la teneur en huile essentielle et en pipérine) du produit sec obtenu
- Évaluer la rentabilité économique de ces deux types de séchage

ECHANTILLONNAGE, ZONE D'ETUDE ET PLAN EXPERIMENTAL

Échantillonnage

- Échantillons matures « tout venant »
- Quatre jours entre la récolte et le séchage

Zone d'étude



Plan expérimental de l'étude

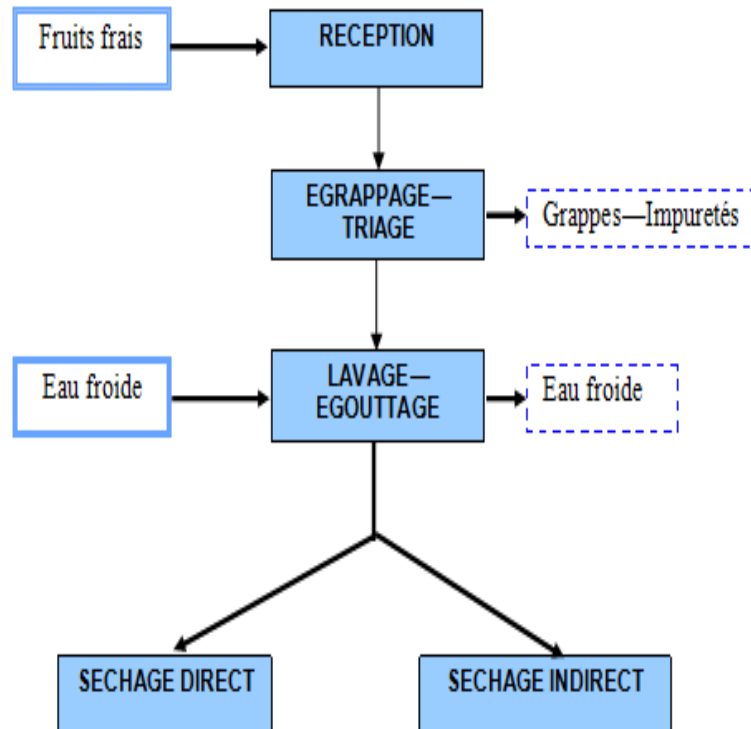
| N° Essai | Code | 1 ^{ère} facteur | | 2 ^{ème} facteur |
|-------------------------|------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | Provenance | Epaisseur de la couche | Type de séchage |
| 1 | ISD | -1 | -1 | -1 |
| 2 | ISI | -1 | -1 | +1 |
| 3 | ASD | +1 | +1 | -1 |
| 4 | ASI | +1 | +1 | +1 |
| Niveau bas (-1) | | Ifanadiana | Couche mince | Séchage direct |
| Niveau haut (+1) | | Ambongamarina | Couche épaisse | Séchage indirect |

ISD : Ifanadiana Séchage Direct, ISI : Ifanadiana Séchage Indirect
 ASD : Ambongamarina Séchage Direct, ASI : Ambongamarina Séchage Indirect

Chaque essai a été répété trois fois

TRAITEMENTS DES ECHANTILLONS - CONDITIONS CLIMATIQUES DURANT LE SECHAGE

Traitements des échantillons



Teneur en eau recommandée : < 12 %

Conditions climatiques durant le séchage

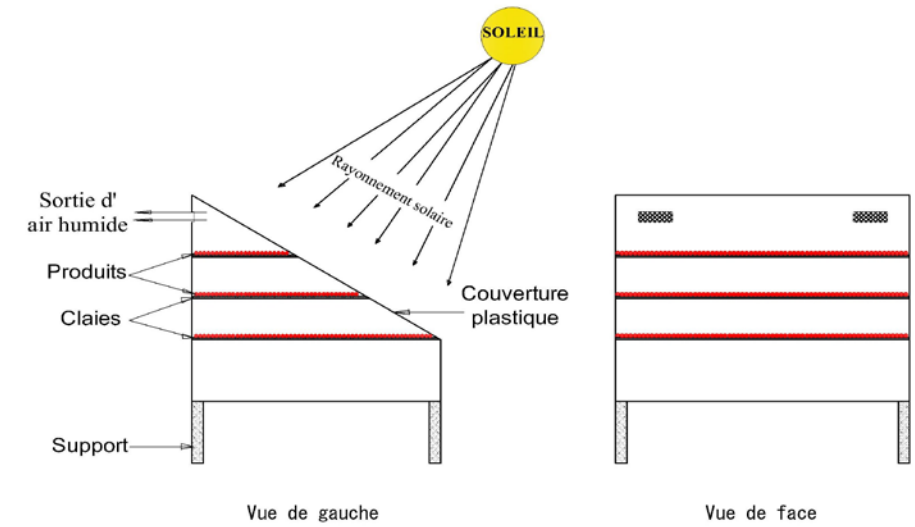
| Provenance des échantillons | Période de séchage | Pmax (mm) | Pmin (mm) | Pmoy (mm) | Tmax (°) | Tmin (°) | Tmoy (°) | Vvent (m/s) |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|
| Ifanadiana | 28-11-2017 à 04-12-2017 | 34,9 | 0 | 10,83 | 28,6 | 16 | 21,69 | 3,7 |
| Ambongamarina | 5 à 10-12-2017 | 38 | 0 | 11,9 | 27,7 | 15,6 | 21,56 | 3,33 |

- Pmax : Précipitation maximale
- Pmin : Précipitation minimale
- Pmoy : Précipitation moyenne
- Tmax : Température maximale
- Tmin : Température minimale
- Tmoy : Température moyenne
- Vvent : Vitesse de l'air

TYPES DE SECHOIRS SOLAIRES UTILISES

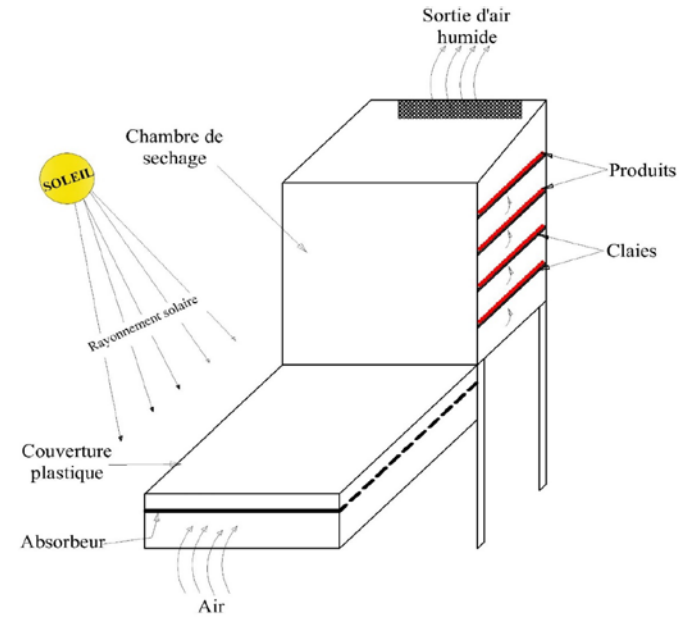
- *Séchoir solaire direct :*

Température dans le séchoir : 27 à 50 °C



- *Séchoir solaire indirect :*

Température dans le séchoir: 24 à 37 °C



METHODE DE DETRMINATION DE LA TENEUR EN EAU, EN HUILE ESSENTIELLE ET EN PIPERINE

Détermination de la teneur en eau initiale

- Basée sur la perte en masse d'un échantillon du produit frais
- Chauffage à l'étuve à 105°C +/- 2°C
- Jusqu'à masse constante (environs 30 h).



Balance de précision



Humidimètre portatif

Détermination de la teneur en pipérine

- Extraction à l'éthanol suivi d'une dilution : réalisée à l'abris de la lumière
- Dosage par la technique spectrophotométrique à 343 nm : au moyen d'un spectrophotomètre



Dispositif expérimental d'extraction



Spectrophotomètre

Détermination de la teneur en huile essentielle

- Extraction par hydrodistillation des fruits concassés pendant 4 heures
- Analyses des huiles essentielles obtenues par le Trace 1300 Gas Chromatograph



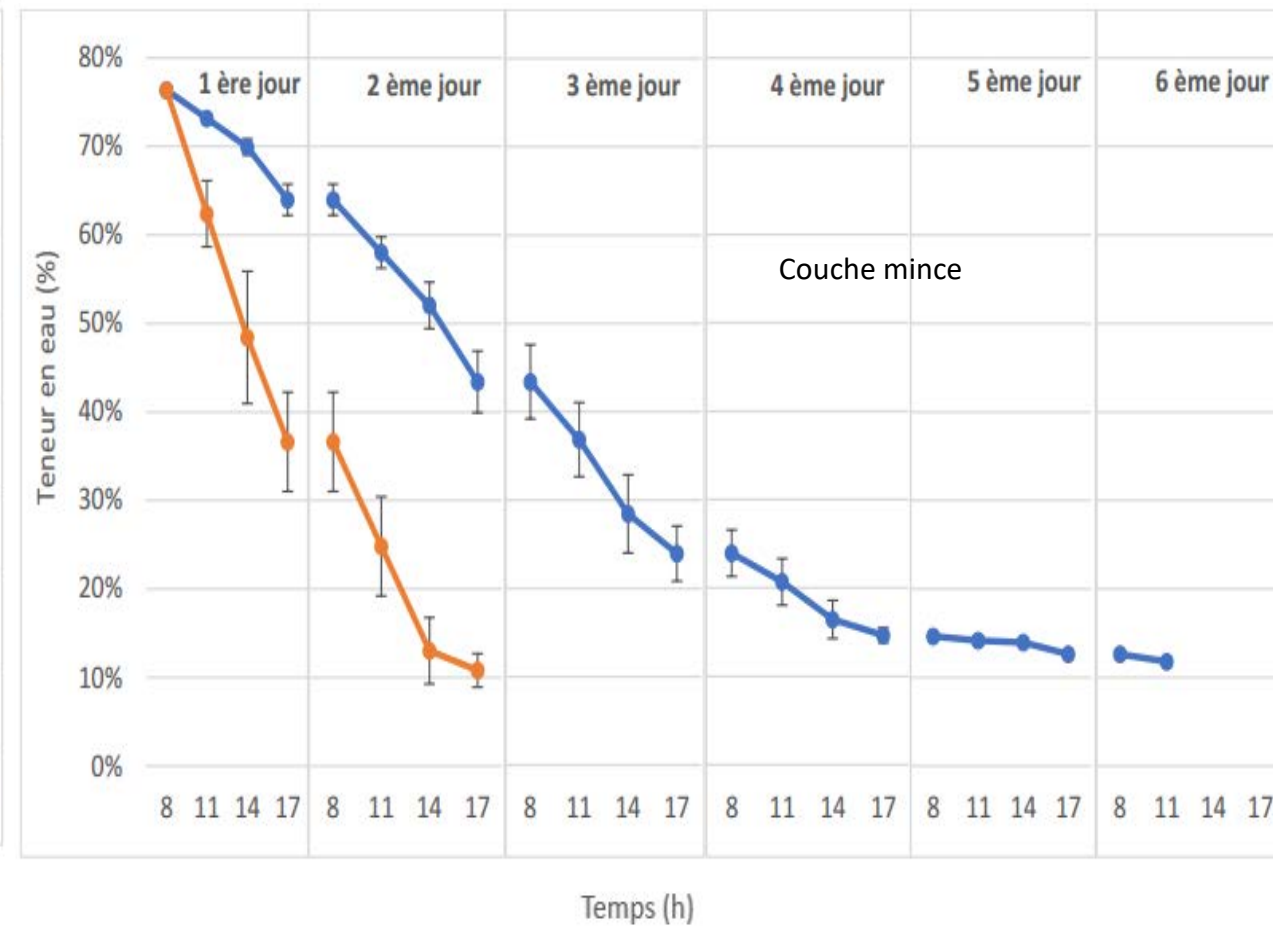
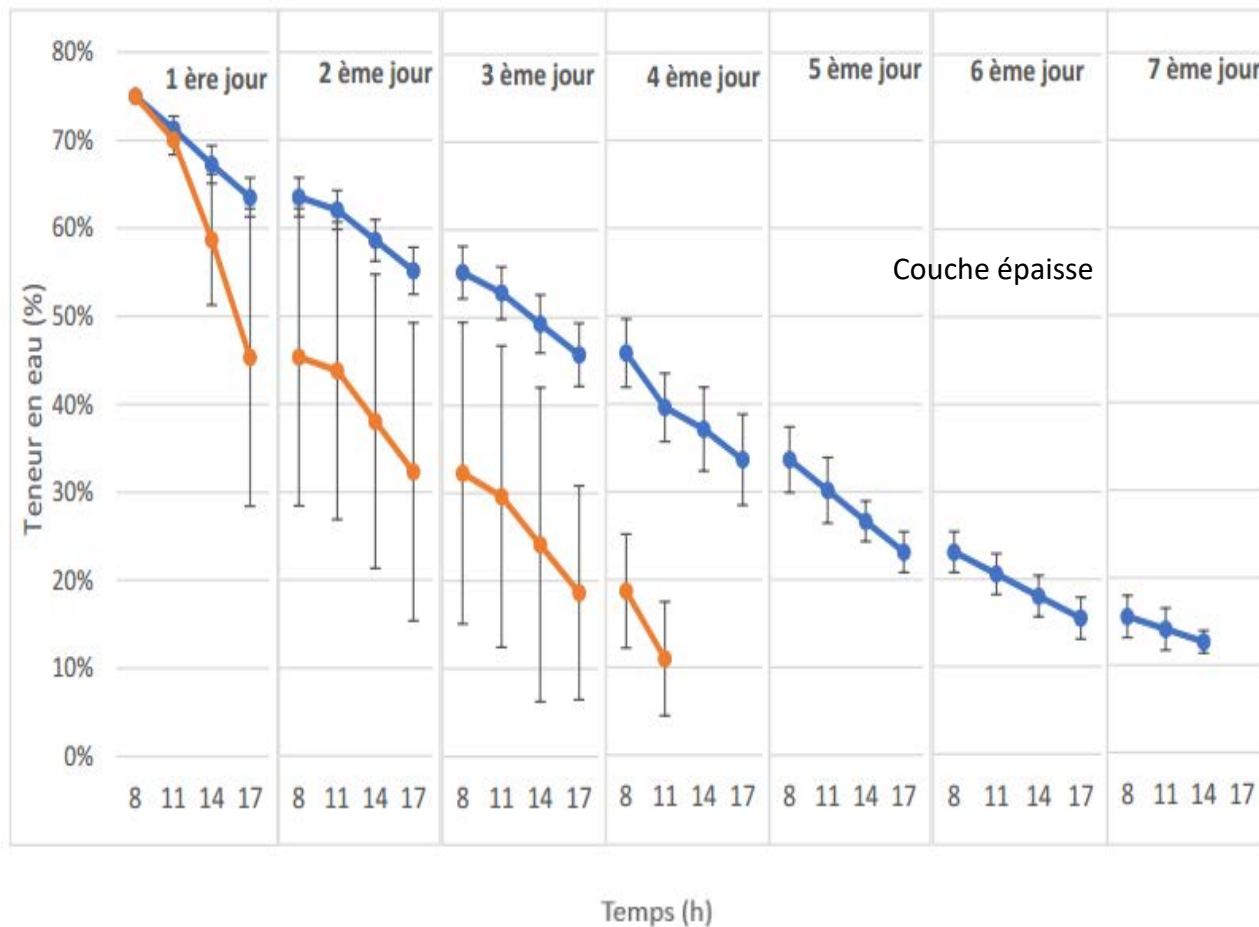
Dispositif expérimental d'extraction



Trace 1300 Gas Chromatograph

Chaque mesure est répétée trois fois afin de mesurer la dispersion des résultats

DISTRIBUTION DE LA TENEUR EN EAU DES ECHANTILLONS AU COURS DU SECHAGE



— Teneur en eau pour ISI — Teneur en eau pour ISD

— Teneur en eau pour ASI — Teneur en eau pour ASD

Évolution de la teneur en eau en fonction du temps des échantillons en provenance d'Ifanadiana

Évolution de la teneur en eau en fonction du temps des échantillons en provenance d'Ambongamarina

ISD : Ifanadiana Séchage Direct, ISI : Ifanadiana Séchage Indirect
 ASD : Ambongamarina Séchage Direct, ASI : Ambongamarina Séchage Indirect

RENDEMENT ET COMPOSITION DE L'HUILE ESSENTIELLE – RENDEMENT EN PIPERINE

| Provenance | | IFANADIANA | | | AMBONGAMARINA | | |
|---------------------------------|--------------------|------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| Code | | IF | ISD | ISI | AF | ASD | ASI |
| Teneur en huile essentielle (%) | | 8,70 | 9,70 | 10,10 | 15,50 | 14,10 | 12,70 |
| Teneur en pipérine (%) | | 1,45 | 0,61 | 0,33 | 1,16 | 0,61 | 0,38 |
| Constituants majoritaires (%) | β -pinène | 4,60 | 7,90 | 9,00 | 2,64 | 2,91 | 3,37 |
| | α -pinène | 5,88 | 9,54 | 12,12 | 3,08 | 3,07 | 3,72 |
| | p-cymène | 6,52 | 10,33 | 10,72 | 1,80 | 3,44 | 3,67 |
| | δ -3-carène | 23,20 | 22,15 | 24,57 | 10,14 | 11,88 | 13,44 |
| | β -myrcène | 12,24 | 6,56 | 5,68 | 20,18 | 20,16 | 22,75 |
| | limonène | 5,87 | 7,70 | 7,97 | 11,43 | 14,09 | 14,87 |

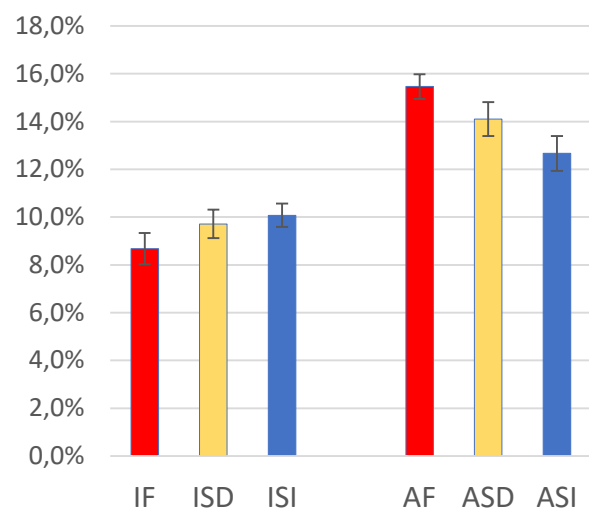
Huile essentielle : 8,7 à 15,5 % bs

Pipérine : 0,33 à 1,45 % bs

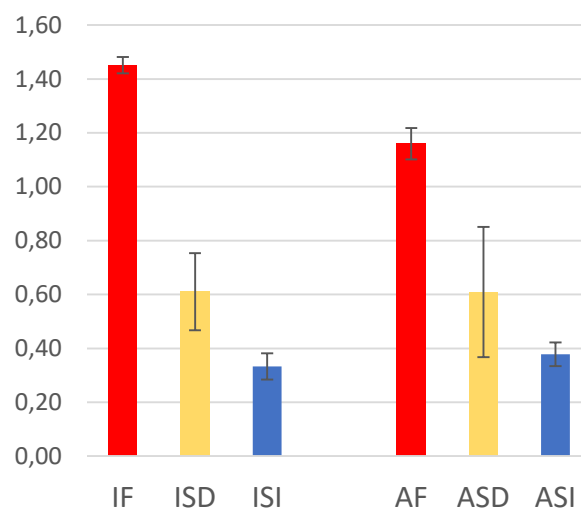
6 constituants majoritaires (+ de 8 %) : Monoterpènes

Composition chimique très distincte d'une origine à l'autre

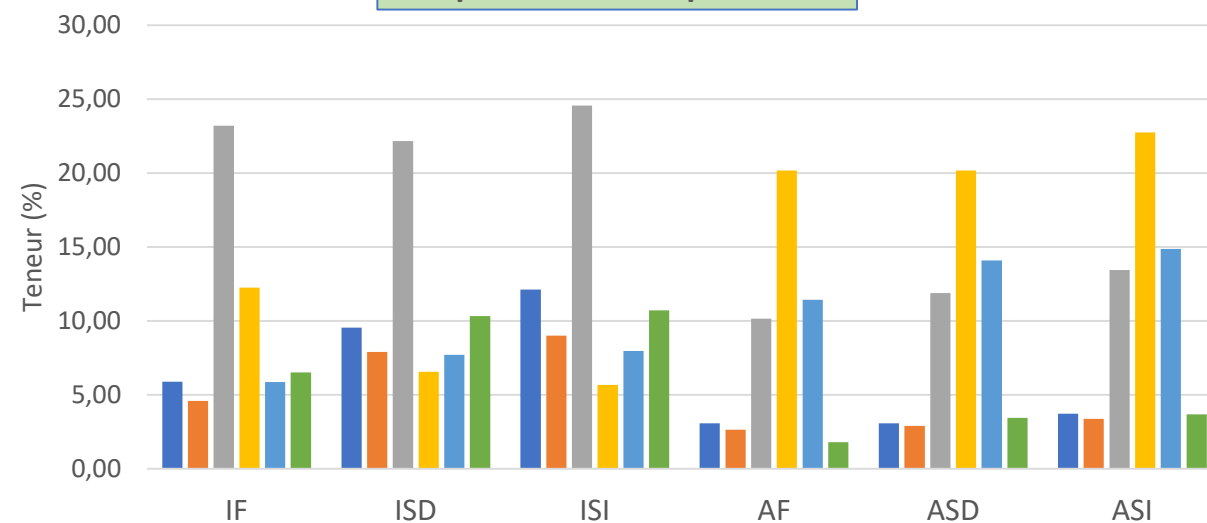
Teneur en huile essentielle (%)



Teneur en Pipérine (%)



Composition chimique de l'HE



■ α -pinène ■ β -pinène ■ δ -3-carène ■ β -myrcène ■ limonène ■ p-cymène

IF : Ifanadiana frais,

AF : Ambongamarina frais,

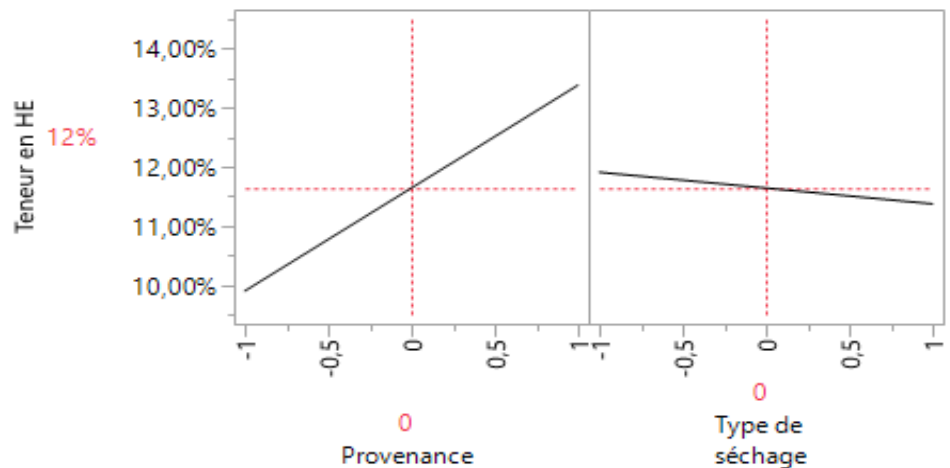
ISD : Ifanadiana Séchage Direct,

ASD : Ambongamarina Séchage Direct,

ISI : Ifanadiana Séchage Indirect,

ASI : Ambongamarina Séchage Indirect

ANALYSES DES RESULTATS



Légendes :

- Provenance (-1) : Ifanadiana
- Provenance (+1) : Ambongamarina
- Type de séchage (-1) : Séchage direct
- Type de séchage (+1) : Séchage indirect

$$Y_{\text{huile essentielle}} = 0,117 + 0,017 X_1 - 0,003 X_2 - 0,005 X_1 X_2$$

$$Y_{\text{pipérine}} = 0,005 + 0,0001 X_1 - 0,0013 X_2 + 0,00013 X_1 X_2$$

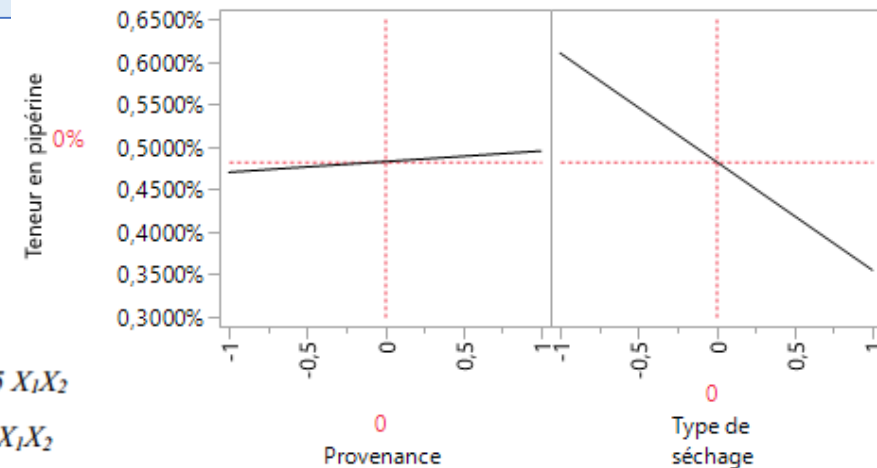
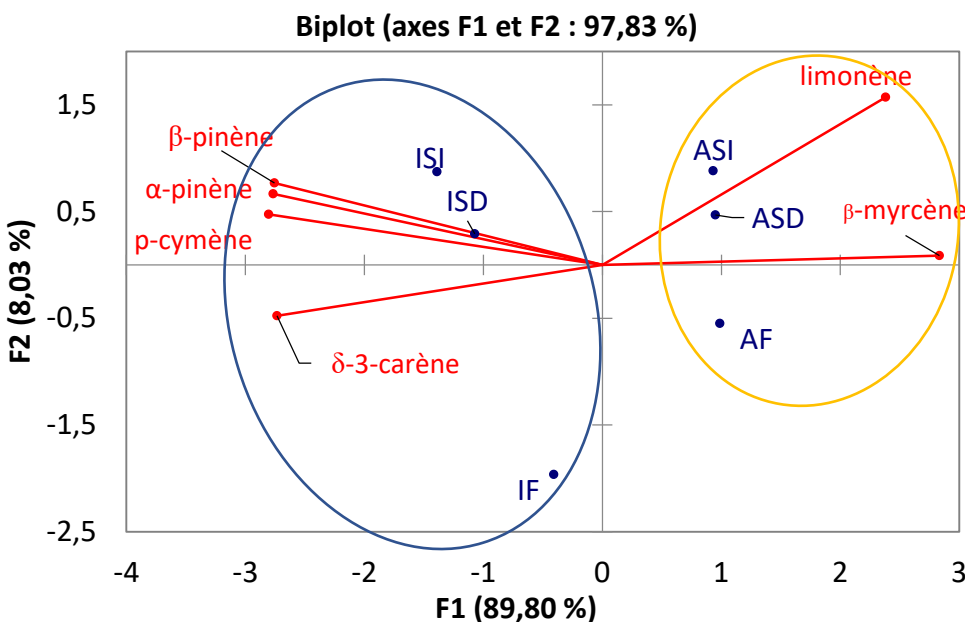


Diagramme des effets des deux facteurs sur la teneur en pipérine

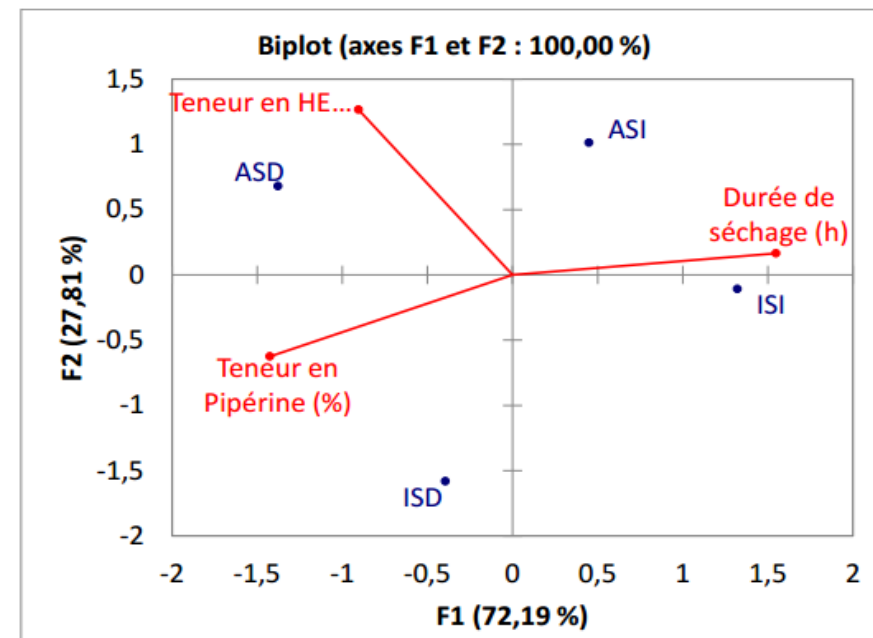
Diagramme des effets des deux facteurs sur la teneur en huile essentielle



Légendes :

- IF : Ifanadiana frais,
- ISD : Ifanadiana Séchage Direct,
- ISI : Ifanadiana Séchage Indirect,
- AF : Ambongamarina frais
- ASD : Ambongamarina Séchage Direct,
- ASI : Ambongamarina Séchage Indirect

ACP des constituants majoritaires de l'huile essentielle



ACP des réponses mesurées pendant l'expérience

ETUDE ECONOMIQUE DES SECHOIRS SOLAIRES UTILISES

| | |
|--|------------------------------|
| Durée de campagne annuelle | 3 mois, soit 90 jours |
| Prix d'achat local d'un kg de <i>tsiperifery</i> frais (€) | 0,75 |
| Prix de vente local d'un kg de <i>tsiperifery</i> sec (€) | 7,5 |

1 € = 4 000 Ariary

| Type de séchoir | Séchoir direct | Séchoir indirect |
|---|----------------|------------------|
| Coût du séchoir (€) | 150 | 250 |
| Durée de vie (an) | 10 | 10 |
| Capacité du séchoir par opération (kg frais) | 7 | 5 |
| Durée de séchage par opération (jour) | 2 | 6 |
| Capacité évaporatoire du séchoir (g/m ²) | 2 126 | 2 114 |
| Cycle de séchage effectué par an | 45 | 15 |
| Besoin en approvisionnement en <i>tsiperifery</i> frais égrappé en une année (kg) | 315 | 75 |
| Rendement égrappage | 65% | |
| <i>Tsiperifery</i> frais non égrappé nécessaire (kg) | 485 | 115 |
| Prix d'achat du <i>tsiperifery</i> frais (€) | 363 | 87 |
| Rendement de séchage (%) | 27% | |
| Quantité des <i>tsiperifery</i> séchés obtenus par an (kg) | 85 | 20 |
| Prix de vente des <i>tsiperifery</i> séchés obtenus par an (€) | 638 | 152 |
| Bénéfices réalisables par an (€) | 274 | 65 |
| Bénéfices réalisables par séchage effectué (€) | 6 | 4 |
| Retour sur investissement (an) | 0,55 | 3,83 |
| Soit | 200 jours | 1 397 jours |

CONCLUSION

Durée de séchage

- Varie en fonction du type de séchage
- Séchage direct plus rapide que séchage indirect

Qualités physico chimiques des produits séchés

- Type de séchage : affecte beaucoup la teneur en pipérine mais pas la teneur en huile essentielle
- Séchage direct permet d'obtenir une teneur en pipérine supérieure par rapport au séchage indirect

Rentabilité économique

- Temps de retour d'investissement pour le séchoir direct inférieur à celui du séchoir indirect
- Séchage direct plus performant et plus rentable économiquement que le séchage indirect



SÉCHAGE SOLAIRE DIRECT : présente des meilleurs résultats (durée de séchage, rendement en huile essentielle et en pipérine)

PERSPECTIVES

- Élargissement de l'échantillonnage pour l'ensemble du territoire national
- Étude comparative entre le séchage conventionnel et le séchage innovant (microonde) du *tsiperifery* et leurs impacts sur la bio activité des extraits obtenus.
 - Évaluation de la composition chimique des huiles essentielles de *tsiperifery* en utilisant des techniques d'analyses plus performantes (CPG + SM, ...)
 - Évaluation de leurs activités biologiques
- Optimisation et modélisation des processus de séchage assisté par microonde et conventionnel
- Test de vieillissement accéléré du produit optimisé pour connaître sa durée de conservation optimale.

MISAOTRA TOMPOKO

