

ADAPTATION DU PROCESSUS DE FERMENTATION AUX CONTRAINTES LOCALES: APPLICATION AU CACAO DU SAMBIRANO DE MADAGASCAR

Jean-Jacques Rakotomalala, Fabrice Davrieux, Sophie Assemat,
Noro Lantosoah Raherinandrasana, Ivan Staub, Frédéric Descroix



Le cacao de Madagascar est reconnu (ICCO) comme **cacao fin**, et donne un chocolat fruité et aromatique

La production (4000-6000 tonnes) est concentrée dans la vallée du Sambirano.

Une grande partie de la production provient de petits producteurs avec de faibles quantités de cacao frais et pas d'installation optimisée pour la fermentation.

Cette situation conduit à une absence ou à une mauvaise fermentation du cacao

Hors, la fermentation est l'étape clé dans le développement des arômes

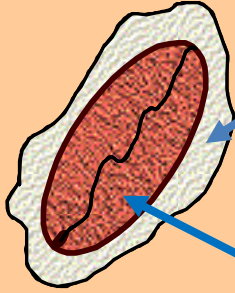
En effet, c'est au cours de la fermentation que les réactions enzymatiques et biochimiques au cœur de la fève donnent naissance aux précurseurs d'arômes.

L'objectif principal de cette étude était d'adapter la fermentation du cacao aux contraintes locales

- ✓ **faible volume de cacao frais**
- ✓ **pas d'installation adaptée pour la fermentation**



La fermentation du cacao



Pulpe (80% eau, acide citrique, pectines et sucres (13% glucose)

Fermentation anaérobie : Glucose → Ethanol

Fermentation aérobie : Ethanol → Acide acétique

Cotylédons (protéines, polyphénols, matière grasse, eau, sucres complexes)

Mort du germe

Réactions enzymatiques et biochimiques

Dégradation des protéines (protéolyse) ► **Acides aminés** ► **NH₃**

Décomposition des sucres complexes en sucres simples

Polymérisation des polyphénols (tanins)

Les fermentations alcoolique et acétique ont lieu dans la pulpe, et s'accompagnent d'un dégagement de chaleur important.

C'est cette chaleur due à la dégradation de la pulpe (en jus) qui augmente la perméabilité du cotylédon facilitant l'entrée d'acide acétique et les réactions enzymatiques et biochimiques.



Température

50

°C

40

30

20

10

0

24

48

72

96

120

144

Mise en
fermentation

temps en heures

A E R O B I O S E

Bactéries acétiques

Ethanol

Acide acétique

+ 496 Kj

ANAEROBIOSE

Levures

Sucres

Ethanol

+ 93 Kj



La fermentation du cacao : Madagascar

Dans les plantations industrielles de la région d'Ambanja dans le Sambirano (plantation Akesson Organique), les fermentations sont réalisées dans des caisses en bois de 1 m³ disposées en cascade afin de faciliter les brassages.

La fermentation est conduite sur 6 jours (144 heures) avec 3 brassages : à 48 heures, 96 heures et 120 heures



En milieu paysan et particulièrement dans le nord Sambirano, le cacao produit est majoritairement mal ou peu fermenté, ceci étant du :

- l'absence d'infrastructure (routes et bâtiments)
- la taille des exploitations (familiales, quelques cacaoyers), ce qui conduit à de petits volumes.
- Le manque d'organisation (coopératives)
- Le manque de moyen en matériel de fermentation

D'où la nécessité de mettre à disposition des paysans des protocoles de fermentation simples avec les matériaux à disposition.

Afin d'assurer une bonne fermentation de petits volumes de cacao et donc une qualité supérieure du cacao du Sambirano.

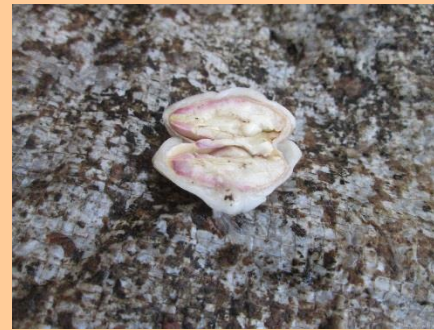


Matériel et méthodes

- 80 échantillons de cacaos, prélevés sur 2 fermes de la plantation Akesson Organic (Ambaja, Sambirano, Madagascar), ont été fermentés dans des conditions contrôlées.
- Deux groupes ont été distingués en fonction de la couleur des fèves fraîches à la coupe (couleur de la casse) : Claires et Foncées.
- Par classe de couleur de fèves, 4 récoltes ont été faites, soit un total de 8 récoltes entre le 20 aout et le 20 septembre 2014
 - Pour chaque récolte Les fèves fraîches (~100 kg) ont été fermentées selon le plan d'expérience suivant :
 - **En sac avec 5, 10 et 20 litres de cacao**
 - **En bidon avec 5, 10 et 20 litres de cacao**
 - **En bidon isolé (feuilles de bananier) avec 5, 10 et 20 litres de cacao.**

A chaque récolte **un échantillon témoin**, correspondant à la couleur de la récolte, a été récolté puis mis à fermenter (en filet) dans les conditions industrielles (en caisse en bois en cascade, de 1 m³) au sein de la masse de cacao issue de la même parcelle





Matériel et méthodes

Les 80 échantillons individuels correspondent donc à :
(8 récoltes X 3 types de fermenteurs X 3 volumes) + 8 témoins

En fin de fermentation les échantillons ont été séchés au soleil afin de ramener la teneur en eau à moins de 8%. Puis chaque échantillon a été trié manuellement pour retirer les corps étrangers, les fèves abimées et les fèves plates.

Enfin, les échantillons d'un même essai (couleur/fermenteur/volume) ont été regroupés en lot

**Au final 20 lots de cacao (18 lots expérimentaux + 2 témoins)
d'environ 5 kg ont été constitués puis analysés.**



Matériel et méthodes

Suivi des fermentations individuelles

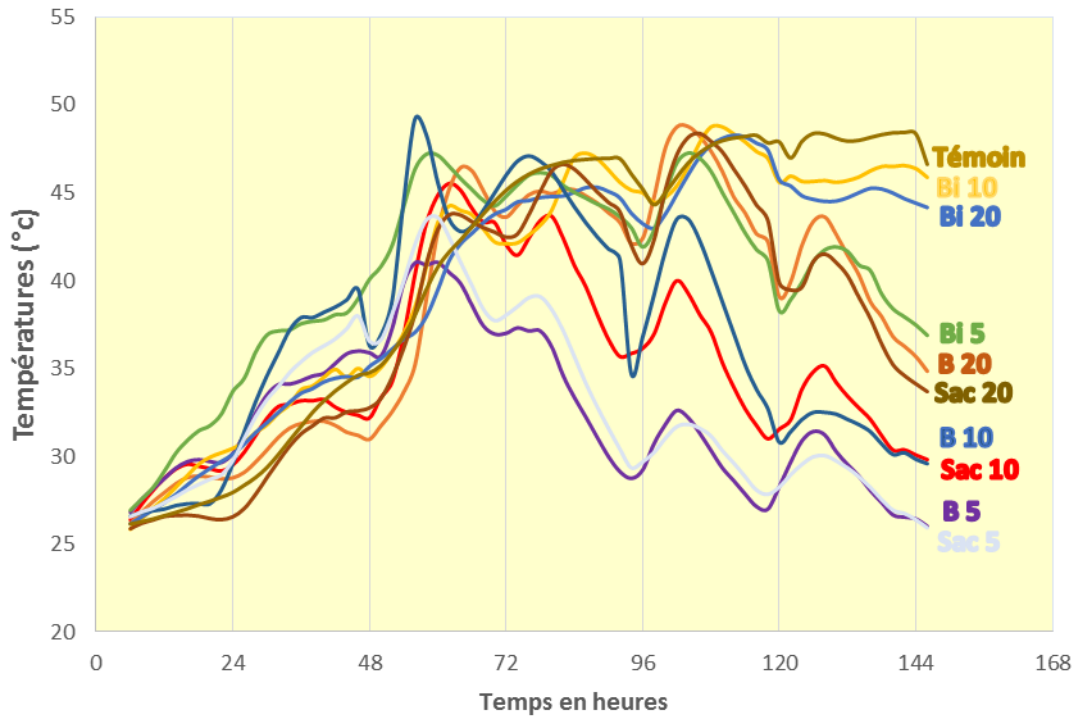
- La température de fermentation a été enregistrée (Thermo boutons) toutes les 2 h.
- Le rendement de chaque fermentation a été calculé entre poids frais et poids sec.

Evaluation du niveau de fermentation de chaque lot

- Cut test, (sur 300 fèves) afin de déterminer le % de fèves violettes, 1/2 violettes, brunes, à casse claire, moisies, germées et attaquées par des insectes.
- Mesure des coordonnées trichromatiques (L, a, b) réalisée sur poudre à l'aide d'un chromamètre (Minolta).
- Analyse spectrale dans le proche infrarouge des poudres de cacao.
- Quantification, sur la base des spectres PIR, des teneurs en matière grasse, polyphénols, purines, protéines, eau et azote ammoniacal.
- Analyse sensorielle descriptive par un jury expert des chocolats préparés à partir des fèves.



Résultats : Profils de températures de fermentation



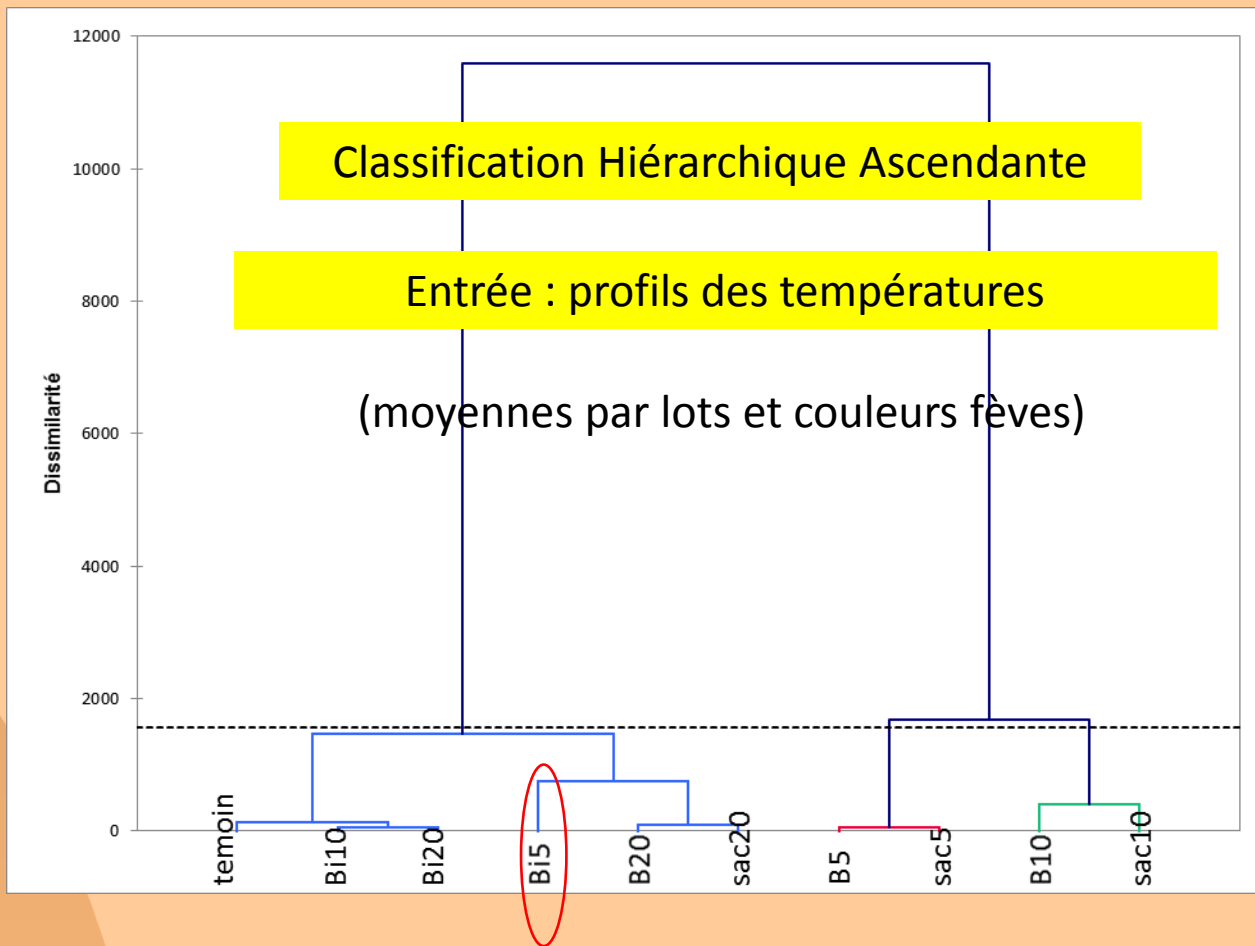
Moyenne : 37.3 °c

Maximum moyenne : 46,9°c

ΔT moyen : 21.2°c



essai	Minimum	Maximum	Amplitude	Moyenne
S5	25.9	43.6	17.7	32.6
S10	26.1	49.2	23.1	36.7
S20	25.6	48.4	22.8	37.6
B5	25.9	41.0	15.2	32.2
B10	25.4	45.5	20.2	35.0
B20	25.7	48.8	23.1	38.2
Bi5	26.1	47.3	21.1	40.1
Bi10	25.2	48.8	23.6	40.2
Bi20	26.0	48.3	22.3	39.6
Témoin	26.1	48.4	22.4	40.3



3 classes :

C1 (Témoin, Bi20, Bi10, Bi5, B20, Sac20)

C2 (B10, sac10)

C3 (B5, Sac5)



Résultats : Cut test et coordonnées trichromatiques

Les défauts du cacao

Fèves ardoisées (pas de fermentation)

Fèves moisies (mauvais séchage, mauvais stockage)

Fèves violettes (fermentation insuffisante)

Fèves germées

Fèves mitées

Fèves pourries

Fèves noires

Fèves endommagées

Fèves brisées, Brisures, Coques

Fèves plates

Fèves à odeur de fumée (hammy)

Fèves à goûts étrangers



Résultats : Cut test et coordonnées trichromatiques

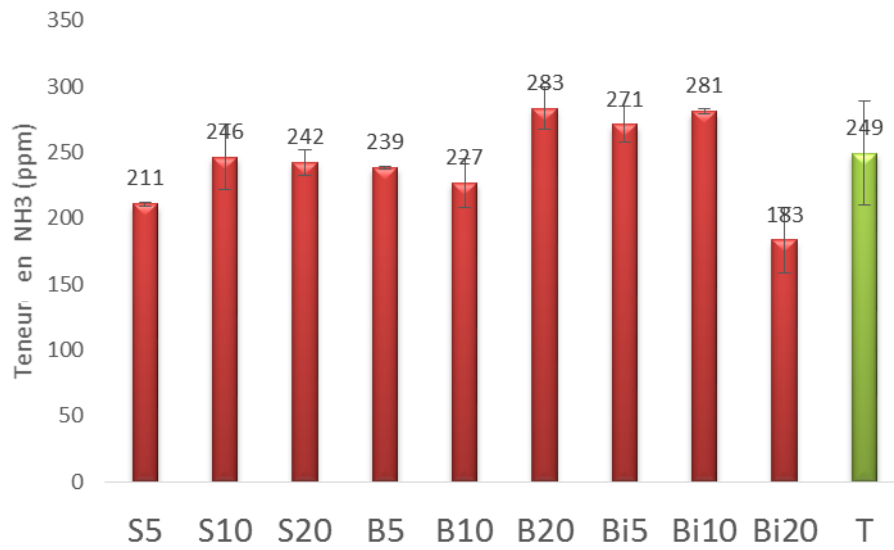
Anova 1 facteur (type de fermenteur) test Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%

	L	a	b	fèves violettes	Casse claire	Fèves brunes
S10	46.22 a	11.67 a	13.02 a	23% a	16% a	61% a
S5	47.45 a	11.70 a	12.40 a	27% a	12% a	61% a
B5	42.01 a	11.83 a	10.96 a	22% a	15% a	61% a
S20	41.01 a	13.62 a	10.22 a	22% a	10% a	68% a
T	39.58 a	11.67 a	12.52 a	11% a	10% a	79% a
Bi10	37.21 a	12.96 a	10.95 a	16% a	12% a	71% a
B10	40.34 a	11.03 a	10.53 a	23% a	10% a	67% a
B20	38.36 a	11.38 a	11.89 a	20% a	10% a	70% a
Bi20	38.83 a	14.37 a	9.77 a	15% a	6% a	79% a
Bi5	39.18 a	10.60 a	11.77 a	20% a	7% a	73% a
Pr > F	0.525	0.178	0.641	0.251	0.449	0.021
Significatif	Non	Non	Non	Non	Non	Oui

Pas de fèves ardoisées, moisies ou germées



Résultats : Composition chimique

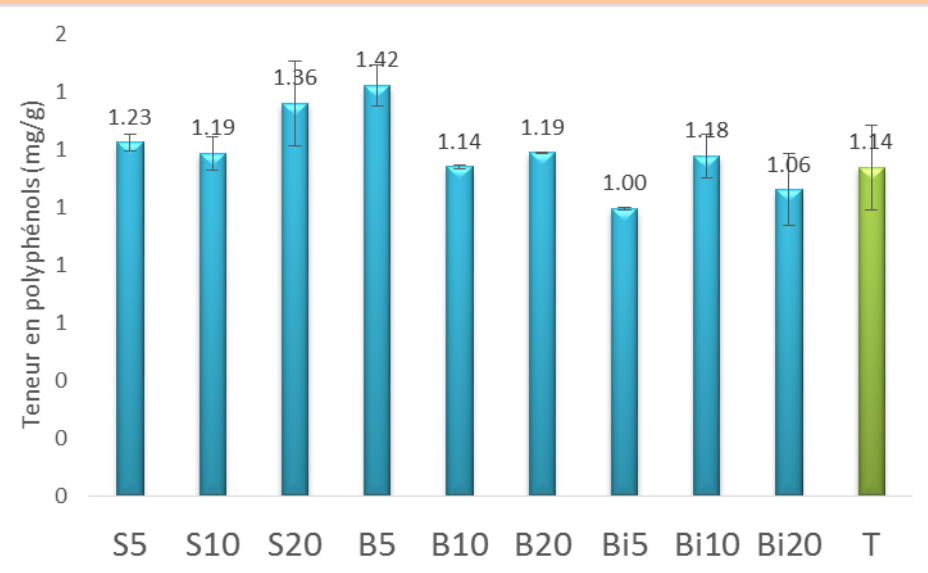


Azote ammoniacal (NH₃)

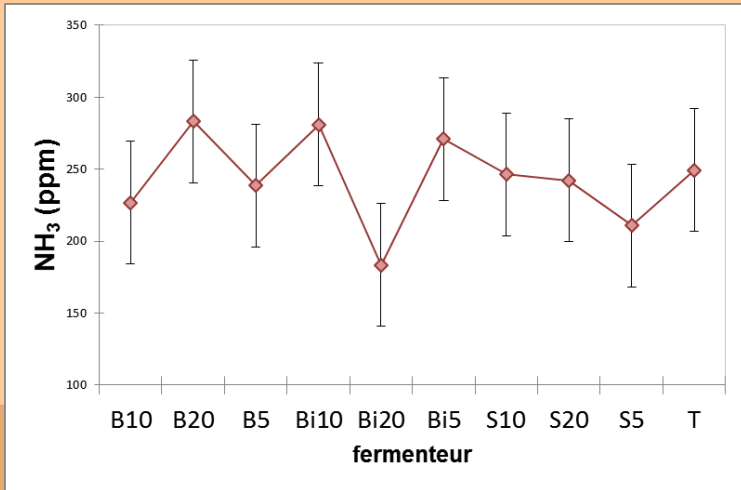
- ✓ Signature dégradation des protéines
- ✓ Augmente avec le niveau de fermentation

Polyphénols du cacao

- ✓ Signature des réactions de condensation
- ✓ Diminuent avec le niveau de fermentation



Résultats : Composition chimique



NH₃

test de Dunnett : Analyse des différences entre la modalité **témoin** et les autres modalités (IC à 95%)

Quelque soit le type de fermenteur pas de différences significatives avec le témoin pour la teneur en NH₃ finale

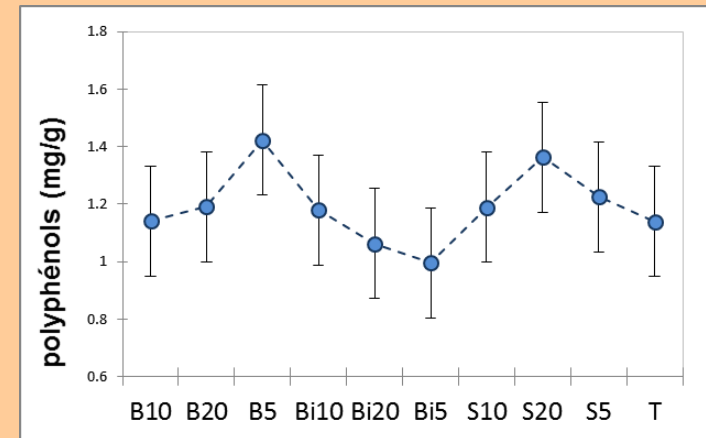
La teneur moyenne en NH₃ pour des cacaos fermentés de Madagascar est de **300 ppm**

La teneur moyenne observée est de 260 ppm

Polyphénols

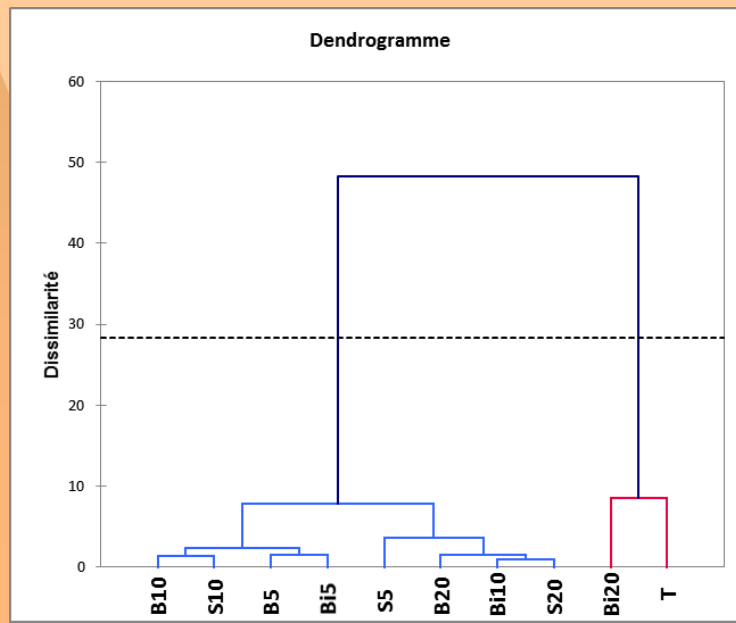
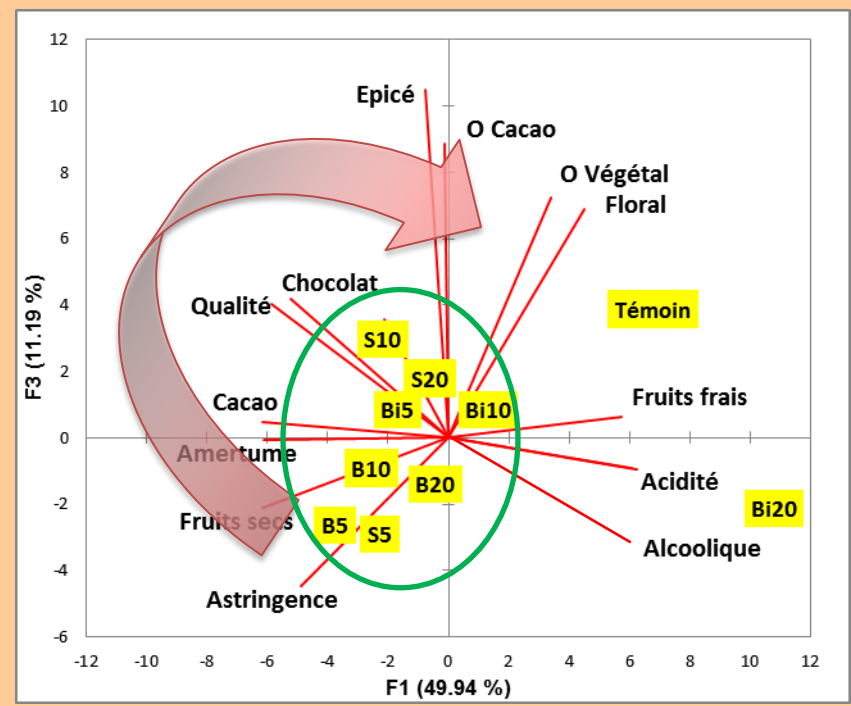
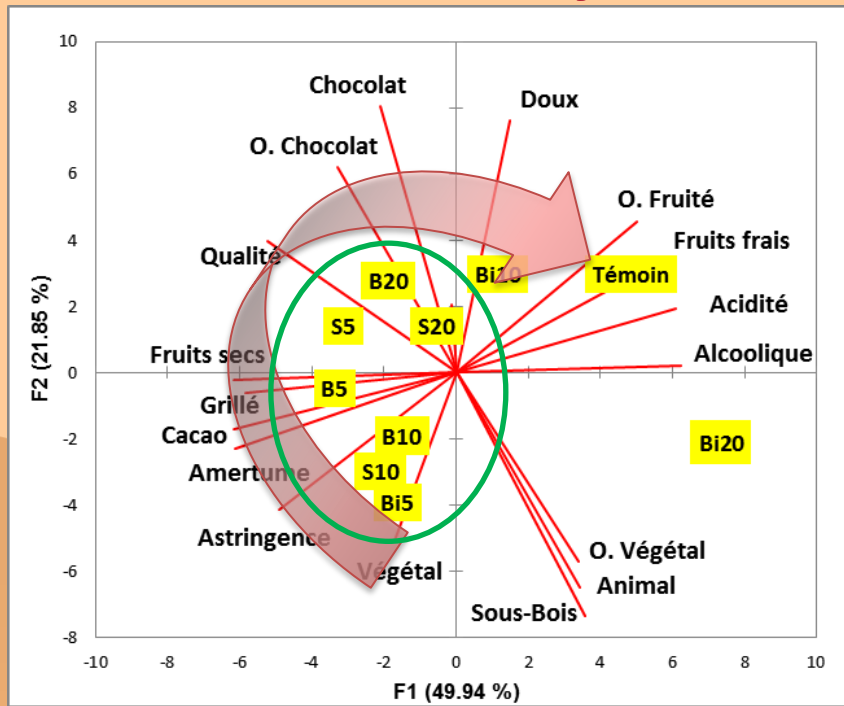
test de Dunnett : Analyse des différences entre la modalité **témoin** et les autres modalités (IC à 95%)

Quelque soit le type de fermenteur pas de différences significatives avec le témoin pour la teneur en polyphénols finale



La teneur moyenne (1.2 mg/g) finale
corresponds à des cacaos bien fermentés

Résultats : Analyse sensorielle

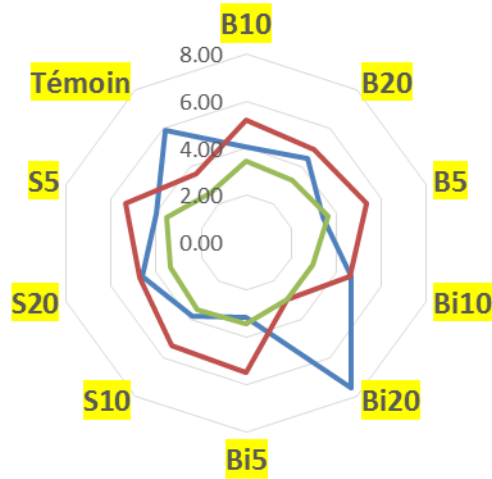


9 juges experts
3 répétitions par produit

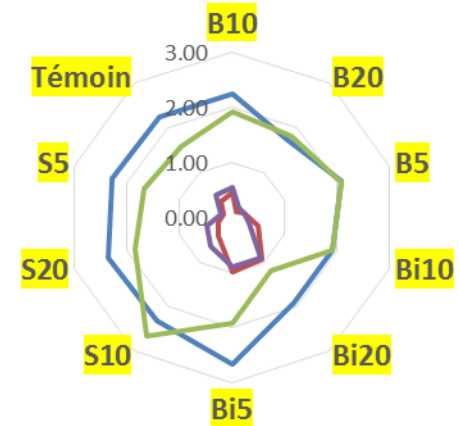


Résultats : Analyse sensorielle

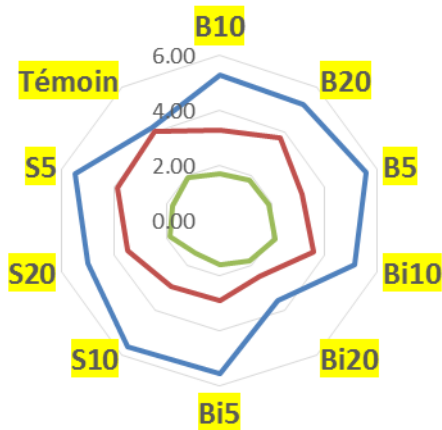
— Acidité — Amertume — Astringence



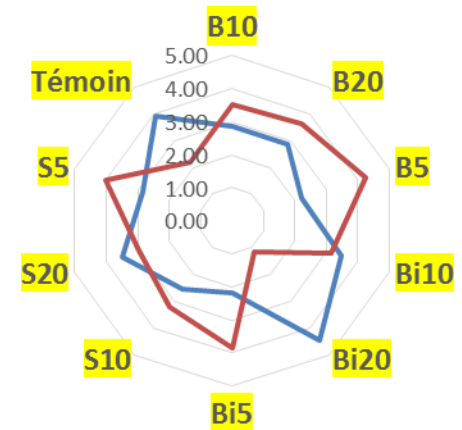
— Végétal — Animal — Boisé — Sous-Bois



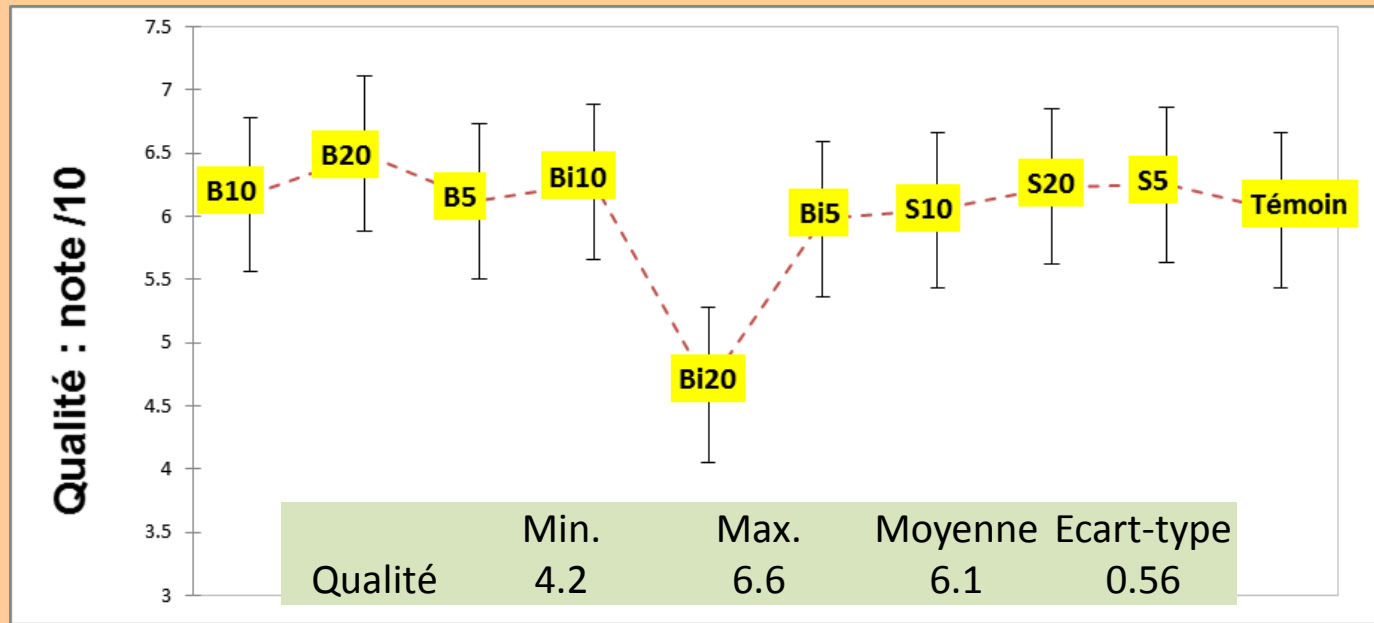
— Cacao — Chocolat — Doux



— Fruits frais — Fruits secs



Résultats : Analyse sensorielle

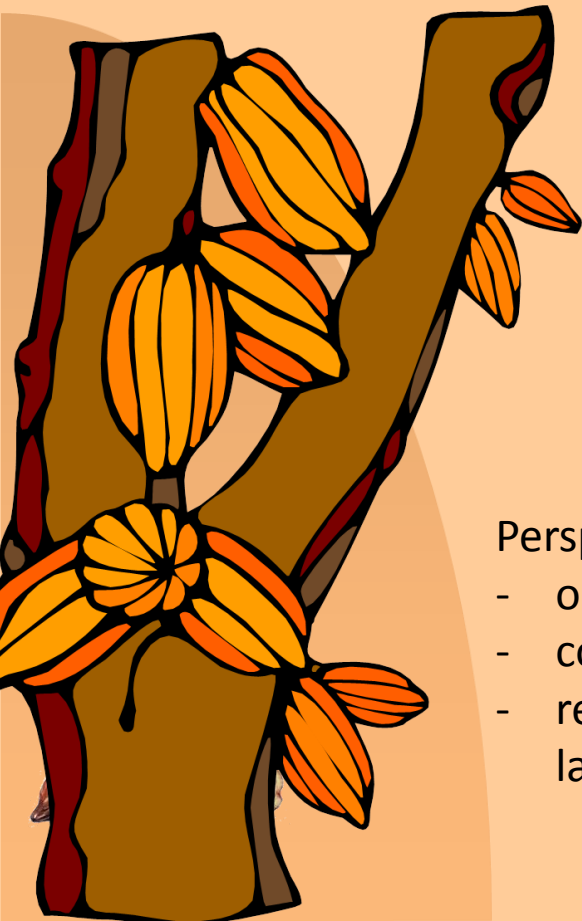


Fermenteur / Dunnett (bilatéral) : Analyse des différences entre la modalité témoin et les autres modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Différence critique	Pr > Diff	Significatif
T vs B20	-0.448	-1.152	3.244	1.262	0.815	Non
T vs Bi10	-0.222	-0.570	3.244	1.262	0.995	Non
T vs S5	-0.207	-0.533	3.244	1.262	0.997	Non
T vs S20	-0.187	-0.480	3.244	1.262	0.998	Non
T vs B10	-0.125	-0.321	3.244	1.262	1.000	Non
T vs B5	-0.076	-0.195	3.244	1.262	1.000	Non
T vs S10	-0.003	-0.007	3.244	1.262	1.000	Non
T vs Bi20	1.383	3.553	3.244	1.262	0.031	Oui
T vs Bi5	0.068	0.175	3.244	1.262	1.000	Non



Conclusion



1. Cette étude a montré que d'un point de vue physique (températures couleurs et cut test) il était possible de conduire des fermentations en petits volumes
2. Il est préférable d'utiliser des bidons isolés, surtout pour des volumes inférieurs à 10 litres
3. Les paramètres chimiques, marqueurs du niveau de fermentation (NH_3 et polyphénols), confirment le bon déroulement des différentes phases de la fermentation
4. Les profils sensoriels des chocolats obtenus à partir de ces différentes fermentations sont proches de ceux des lots fermentés en conditions industrielles.
5. Aucune note de défaut de fermentation n'est ressortie
6. La note moyenne de qualité obtenue est satisfaisante (6.1) et surtout identique à la note du témoin

Perspectives :

- optimiser les rythmes de brassages,
- conduire ces fermentations en milieu paysan
- regarder plus en détails les suivis de fermentation en fonction de la couleur des fèves (casse) et donc du matériel génétique.

Merci pour votre attention

