



**Perception VISuelle et tactile des espèces AVIaires,  
en lien avec leur comportement alimentaire,  
pour l'industrie de l'alimentation animale**

## Synthèse

**- Coordination**



- **Recherche publique** : INRA URA, Université Paris Descartes, INRA UMR PRC
- **Centre Technique** : Tecaliman
- **Entreprises** : CCPA, CSNE, IN VIVO NSA, Primex, Provilys, MG2Mix, Maisadour et Sanders

**Travail réalisé dans le cadre de l'UMT BIRD**

**Avec la participation financière de l'ANR, du CIDEF et du CIP**

*17 décembre 2010*



## *Partenaires*

### **Ont participé à ce projet :**

Gaëlle BENZONI, IN VIVO NSA Talhouët 56250 Saint-Nolff

Aline BERTIN, INRA, UMR Physiologie de la Reproduction et des Comportements, 37380 Nouzilly

Isabelle BOUVAREL, ITAVI, INRA- Unité de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly (Coordination)

Anne-Marie CHAGNEAU, INRA- Unité de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

Denis CHEVALIER, MG2MIX, La basse haie, 35 220 Châteaubourg

Michel COUTY, INRA, Unité de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

Vincent GERFAULT, MG2MIX, La basse haie, 35 220 Chateaubourg

Jean-Marc GOMEZ, PRIMEX, La Gare de Baud BP 21 56440 Languidic

Sandrine LANGLOIS, stage Master Productions animales, Environnement et Qualité, Tours

Florence LAVIRON, INRA, Unité de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly (CDD)

Stéphanie LECUELLE, ITAVI - INRA, Unité de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly (Doctorat)

Philippe LESCOAT, INRA, Unité de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

Christine LETERRIER, INRA, UMR Physiologie de la Reproduction et des Comportements, 37380 Nouzilly

Nicolas LOMENIE, Labo d'Informatique Paris Descartes (LIPADE), 45 rue Sts-Pères, 75270 Paris Cedex 06

Rabie HACHEMI, ITAVI - Labo d'Informatique Paris Descartes (LIPADE), 45 rue Sts-Pères, 75270 Paris Cedex 06 (Doctorat)

Marina PANHELEUX, CCPA, Service Avicole Cunicole, Parc d'activité du bois de Teillay, 35150 Janzé

Cécile PICART, IN VIVO NSA Talhouët 56250 Saint-Nolff

Adeline MATHIAUD, SANDERS Nutrition Animale - BP 61 - 56302 Pontivy Cedex

Hélène PASTORELLI, stage Master Productions animales, Environnement et Qualité, Tours

Thomas PONS, Labo d'Informatique Paris Descartes (LIPADE), 45 rue Sts-Pères, 75270 Paris Cedex 06 (CDD)

Maxime QUENTIN, MAISADOUR, Haut Mauco, 40001 Mont de Marsan

Michel RICHET, PROVIMI, Avenue François Arago, 78190 Trappes

Sandy ROUCHOUSE, TECALIMAN, Rue de la Géraudière, B.P. 71627 44316 Nantes Cedex 3

Maxime TRAINEAU, stage Master Pro éthologie appliquée, Université Paris XIII

Nicole VINCENT, Labo d'Informatique Paris Descartes (LIPADE), 45 rue Sts-Pères, 75270 Paris Cedex 06



## Résumé

Des diminutions ou arrêts de consommation peuvent apparaître dans les élevages de volailles lors d'une nouvelle livraison d'aliment, avec des conséquences techniques et économiques qui peuvent être importantes. Ces problèmes, survenant dès la distribution du nouvel aliment, correspondent à de la néophobie et sont liés à la perception sensorielle de l'aliment par la volaille.

L'objectif de ce projet a été ainsi de chercher à limiter les baisses d'ingestion survenant lors de transitions alimentaires, en se focalisant sur les perceptions visuelles et tactiles des aliments. Les résultats obtenus sont les suivants :

- **De nouveaux descripteurs perceptuels**, relatifs à l'« aspect » et au « toucher » des particules, sont proposés afin de rendre compte ce que ressentent les volailles. Il s'agit de descripteurs issus de l'analyse d'images permettant de décrire l'aspect des granulés (forme, couleur et texture) et d'autres, mesurés par compression pour caractériser d'un point de vue rhéologique, les particules.
- **Concernant le comportement alimentaire des volailles**, plusieurs études réalisées **en élevages** de dindes, de poulets et de pintades, ont permis de caractériser grâce à des mesures fines, les modifications du comportement des animaux au moment des transitions alimentaires. Le changement de forme de l'aliment (miette-granulé ou miette-farine), faisant appel à la fois aux capacités visuelles et tactiles des volailles, suscite les réactions les plus importantes avec une augmentation du temps passé à observer l'aliment au détriment du picorage. La modification de la rigidité des granulés entraîne aussi des réactions. L'effet de modifications de couleur est difficilement mis en évidence en conditions de production, probablement du fait d'environnements lumineux différents entre élevages, indiquant qu'à l'avenir, des transformations devront être réalisées pour obtenir des caractéristiques d'images en fonction de l'éclairage pratiqué.
- Six expériences ont été réalisées **en conditions contrôlées sur le dindonneau**, utilisé comme modèle. Les résultats indiquent que les nouveaux descripteurs perceptuels envisagés permettent d'expliquer la réaction des dindonneaux face à un nouvel aliment et donc sont pertinents. Les valeurs obtenues dépendent principalement de la nature des matières premières (blé, maïs, colza, tournesol) et de la finesse du broyage. Les dindonneaux réagissent en fonction du contraste entre les caractéristiques du nouvel aliment et celles de l'aliment connu, tout d'abord visuelles puis tactiles. La réaction est fonction du degré du contraste, l'expérience alimentaire étant capable de réduire, voire même d'annuler ces effets. Deux solutions peuvent ainsi être envisagées pour réduire la néophobie des volailles : réduire les contrastes en assurant une continuité sensorielle aux volailles ou augmenter la diversité en distribuant des aliments aux caractéristiques sensorielles variées.
- **Une plate-forme logicielle** a été conçue afin d'extraire les descripteurs de couleur et de texture. Une méthode de classification supervisée a montré son efficacité en prédisant correctement le comportement des dindonneaux en situation de transition alimentaire lors d'une expérience, à partir des caractéristiques visuelles et tactiles des aliments.

Par la suite, sa mise en œuvre nécessitera de mettre en place une procédure de « correction » de l'image en fonction de l'environnement lumineux des volailles. Plus largement, il sera de plus nécessaire de consolider ces informations sur une plus large base de données afin de pouvoir établir des recommandations précises.



# Sommaire

<b><i>I) Présentation du projet</i></b>	<b>9</b>
<b><i>II) Décrire les aliments</i></b>	<b>11</b>
1) Descripteurs classiques	
2) Recherche de nouveaux descripteurs	
- Descripteurs visuels (couleur, texture de la couleur, forme)	
- Descripteurs relatifs au toucher (dureté/rigidité, rugosité)	
<b><i>III) Étude du comportement alimentaire en élevage au moment des transitions alimentaires</i></b>	<b>27</b>
1) Méthodologie adoptée	
2) Chez la dinde	
3) Chez le poulet	
4) Chez la pintade	
<b><i>IV) Comportement alimentaire des dindonneaux en lien avec les caractéristiques physiques des aliments</i></b>	<b>33</b>
1) Méthodologie	
2) Changement de forme des aliments	
3) Changement de couleur des aliments	
4) Impact de l'expérience alimentaire	
5) Changement de rigidité des particules	
6) Effets de la formulation, du broyage et de la température de granulation	
<b><i>IV) Prévion du comportement alimentaire par l'analyse d'image et les mesures rhéologiques</i></b>	<b>47</b>
<b><i>V) La plate-forme VISAVI</i></b>	<b>53</b>
1) Objectif	
2) Fonctionnalités	
3) Utilisation	
<b><i>Conclusion</i></b>	<b>59</b>
<b><i>Publications</i></b>	<b>61</b>



## ***I) Présentation du projet***

De nombreux cas de refus alimentaires ou de baisses de consommation transitoires sont constatés en élevage de volailles au moment de changements de lots de fabrication d'aliments. Ces incidents peuvent avoir des conséquences négatives importantes tant pour l'animal que pour l'éleveur et le fournisseur d'aliments, avec une dégradation des performances techniques et économiques.

De nombreuses études zootechniques et observations en élevage témoignent de la sensibilité des volailles aux aspects visuels et tactiles des aliments. Quelques descripteurs physiques des aliments sont disponibles comme la granulométrie, la durabilité, principales mesures réalisées en usine, mais ne permettent pas d'expliquer à eux-seuls les problèmes de consommation observés en élevage. D'autres descripteurs de couleur, de forme et de toucher doivent être définis pour décrire les aspects visuels et tactiles des aliments.

Le projet VISAVI (2008-2010) a été réalisé dans le cadre de l'UMT BIRD (ITAVI et INRA) avec l'Université Paris Descartes, Tecaliman et huit partenaires industriels (CCPA, CSNE, In Vivo NSA, Maïsadour, MG2Mix, Primex, Provilys et Sanders).

Les différents objectifs poursuivis ont été les suivants :

- **Rechercher de nouveaux descripteurs (visuels et rhéologiques) des aliments**
- **Evaluer le comportement alimentaire en élevage au moment des transitions**
- **Relier le comportement alimentaire aux caractéristiques physiques des aliments**
- **Disposer d'un outil de mesure et d'aide à la décision**



## II) DECRIRE LES ALIMENTS

Les caractéristiques physiques des aliments ont été décrites au cours du projet selon des méthodologies déjà établies. Différents travaux ont permis de proposer de nouveaux descripteurs relatifs à l'aspect et au toucher des aliments *sous forme de granulé*.

### 1) Descripteurs classiques

Les caractéristiques physiques des aliments « classiques », utilisées dans le cadre du projet, portent sur la taille des particules, le pourcentage de fines particules, la durabilité et la masse volumique apparente :



- **La taille** moyenne de chaque aliment est mesurée à l'aide d'un pied à coulisse (Absolute digimatic MITUTOYO) sur un échantillon de 10 granulés pour le diamètre moyen et de 200 à 300 granulés (correspondant à 15g d'aliment) pour la longueur.



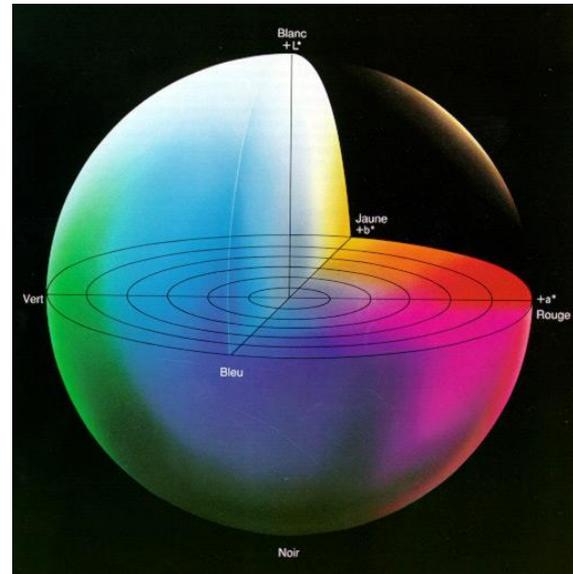
- **Le pourcentage de fines particules** présentes dans l'aliment est obtenu en passant successivement 3 échantillons de 250g par aliment pendant 3minutes (en continu, 60% d'amplitude) sur un tamis dont le diamètre des ouvertures est égal à environ 0.8 fois le diamètre nominal des granulés.



- Les mesures de **durabilité** ou résistance à l'abrasion sont effectuées à l'aide d'un Eurotest durabilimètre à rotors de marque SABE (SABE distribution, 85140 Chauché, France) après avoir éliminé les fines particules sur deux échantillons de 500g de chaque aliment pendant 20s. Après abrasion, l'ensemble de l'échantillon est à nouveau tamisé afin de déterminer la quantité de granulés ayant résisté à l'abrasion. Les deux tamisages sont réalisés en utilisant un tamis dont la taille des mailles est de 80% du diamètre des particules pour des granules, ou de 30% du diamètre des particules pour des miettes.

La durabilité est exprimée en pourcentage par le ratio du poids de l'échantillon après abrasion sur le poids de l'échantillon avant abrasion (Thomas et Van der Poel, 1996).

- **La couleur** de chaque aliment est analysée à l'aide d'un spectrocolorimètre (système CIE L\*a\*b Hunterlab, illuminant D65, angle de réflexion 10) à raison de 5 répétitions/aliment. Un échantillon de chaque aliment est placé dans cinq coupelles différentes de 5cm de diamètre de façon à obtenir une couche compacte de granulés et la mesure est alors réalisée à l'aide du spectrocolorimètre. La mesure du L\* représente la clarté de l'échantillon, le +a\* le rouge, le -a\* le vert, le +b\* le jaune, le -b\* le bleu.



- La mesure de la **masse volumique apparente** (MVA) consiste à déterminer la masse d'un volume connu après qu'il se soit écoulé librement dans une éprouvette. On utilise une éprouvette calibrée « Nilema-litre » de 1 dm<sup>3</sup> (2 répétitions par aliment) (Maaroufi *et al.*, 2000).

## 2) Recherche de nouveaux descripteurs

De nouveaux descripteurs relatifs à l'« aspect » et au « toucher » des particules sont recherchés afin de rendre compte ce que ressentent les volailles. La vision des oiseaux est en effet différente de celle des mammifères (vision focale précise des particules, longueur spectrale) et leur toucher des particules par le bec est très sensible.

*(Lien thèse Steph)*

### a) Descripteurs visuels

Les descripteurs visuels sont issus de méthodes de traitement et d'analyse d'images. Ils apportent de l'information relative aux propriétés visuelles des aliments à partir d'images. Cette approche offre de nouvelles perspectives pour la description des aliments.

#### **Acquisition des images d'aliments**

Les images utilisées doivent respecter différentes contraintes pour assurer la conformité des résultats de mesure. Il est donc nécessaire d'établir un processus d'acquisition qui respecte les points suivants :

- Il doit d'une part produire des images représentatives des aliments, c'est à dire garantir une qualité d'image suffisante pour l'analyse. Celle-ci est fonction des capacités du capteur (résolution, rendu chromatique, etc.) et de l'éclairage.
- Il doit d'autre part être stable et répétable, afin de préserver la cohérence des images. Il faut pour cela des paramètres d'acquisition identiques pour tous les aliments (éclairage de l'objet cible, prise de vue).
- Enfin il doit être simple d'utilisation pour permettre aux personnes non spécialistes de l'acquisition d'image (partenaires industriels par exemple) d'obtenir facilement des images d'aliments.

Le processus d'acquisition mis en place pour les expériences est détaillé ci-après :

**Le choix du matériel** s'est porté sur un scanner à plat car ce dernier satisfait toutes ces conditions à moindre coût : les capacités du capteur sont suffisantes. De plus, aucun montage ni aucune modification de l'installation (éclairage, mise au point, etc.) ne sont nécessaires, assurant ainsi répétabilité et facilité d'utilisation.

Cette configuration de base peut toutefois être légèrement améliorée pour être pleinement satisfaisante. Les scanners à plat sont en effet destinés à l'acquisition de documents papiers. Leur utilisation pour l'acquisition de granulés, dont l'épaisseur est de quelques millimètres, ne permet pas de maîtriser parfaitement l'éclairage au niveau de la vitre (jour existant entre la table du scanner et le couvercle non entièrement rabattu). Il convient alors de poser un cadre sur la table du scanner sur lequel viendra reposer le couvercle pour ainsi avoir un espace étanche à la lumière au niveau de la vitre. Le prototype réalisé à l'INRA a donné satisfaction.

**Une quantité fixée de granulés** est placée sur la vitre du scanner. Afin de faciliter le traitement des images, les granulés sont alignés et espacés. Dans les expériences menées, quarante granulés étaient disposés en quatre colonnes (voir figure I).

**Réglages du scanner utilisés :**

- Résolution : 1200 dpi
- Tous les paramètres de correction de l'image dans le logiciel de pilotage sont désactivés
- Sauvegarde des images au format BMP ou TIFF (formats sans compression)



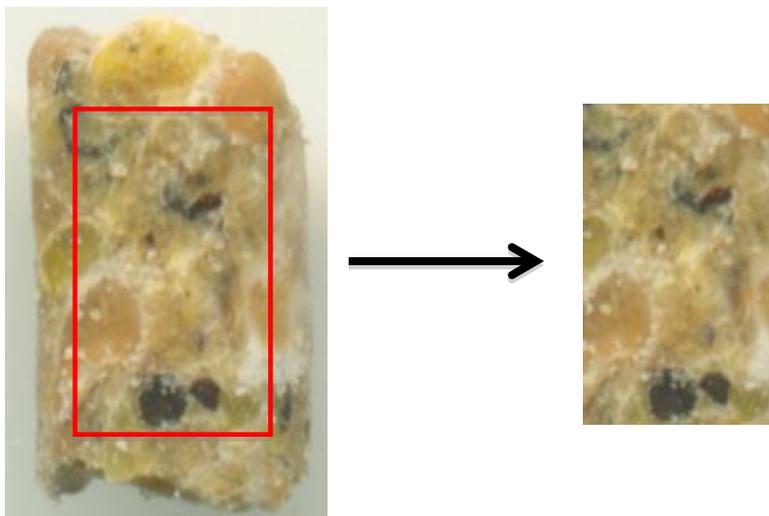
**Exemple d'image acquise avec un scanner (5%)**



**Zoom sur un granulé (100%)**

### **Traitement des images acquises**

Une étape de traitement des images ainsi acquises est nécessaire pour isoler chacun des granules représentés (quarante par image). C'est à dire produire des images centrées sur chaque granulé comme indiqué ci-dessous. Les images obtenues sont de taille fixe (ici : 100 x 128 pixels).



## Analyse des images de granulés acquises

Cette étape vise à caractériser les propriétés visuelles d'aliments granulés. Pour cela, nous proposons plusieurs descripteurs qui doivent être facilement interprétables.

Les zootechniciens souhaitent en effet comprendre les caractéristiques sensorielles des aliments qui ont un impact sur le comportement alimentaire des animaux. Les fabricants d'aliment ont besoin de mesurer des caractéristiques compréhensibles et manipulables sur lesquelles ils peuvent interagir. Aussi, les caractéristiques visuelles extraites à partir des images d'aliments doivent correspondre à des propriétés perçues intuitivement.

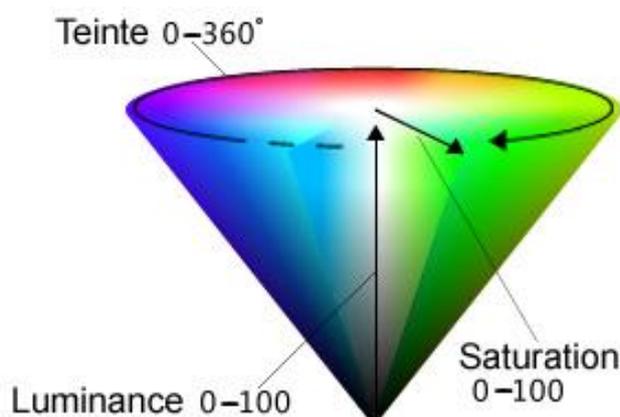
Nous présentons les descripteurs en trois catégories : couleur, texture et forme.

### Descripteurs de la couleur

#### Descripteur TSL (Teinte Saturation Luminance) [ou HSI en anglais]

Soumis à des contraintes d'interprétabilité, nous avons choisi de travailler dans l'espace de couleur TSL (Teinte Saturation Luminance), qui est une transformation de l'espace RVB (Rouge Vert Bleu). Il est dit perceptuel car proche de la manière dont le cerveau humain perçoit la couleur. En d'autres termes, les composantes de l'espace TSL sont fondées sur une représentation intuitive de la couleur. A titre de comparaison, il n'est pas naturel de manipuler des quantités de rouge, de vert et de bleu pour décrire une couleur dans l'espace RVB.

La **teinte** et la **saturation**, les deux composantes de chrominance, décrivent respectivement la couleur telle que nous la percevons (couleur rouge, verte, bleue, ou une combinaison de ces couleurs) et son intensité (couleur vive, pastel, délavée, grisée, etc.). La troisième composante, la **luminance**, est relative à l'intensité lumineuse réfléchie (couleur claire, sombre).

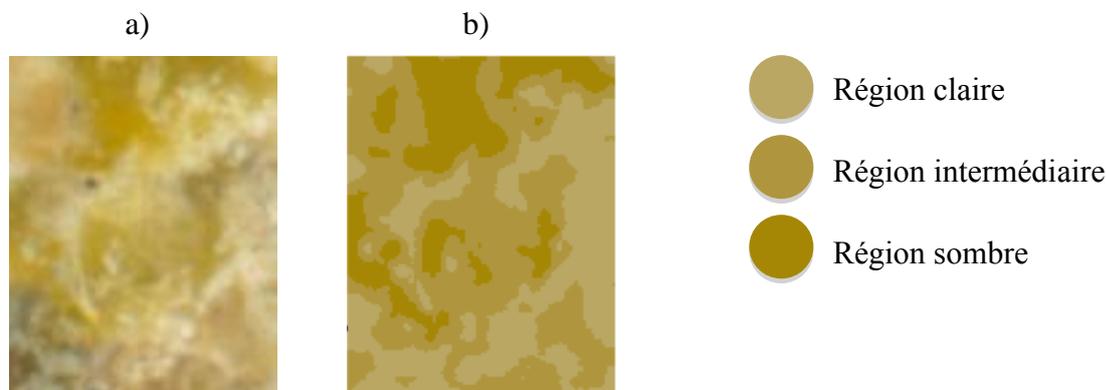


#### **Représentation de la couleur dans l'espace TSL.**

**La teinte est une valeur angulaire entre 0 et 360°. La saturation et la luminance varient entre 0 et 100.**

En remarquant que la surface des granulés présente trois nuances de couleur, les images de granulés ont ensuite été segmentées en trois zones d'intérêt : une région « claire », une région « intermédiaire » et une région « sombre ». Sur chacune de ces régions et sur l'image entière,

la couleur a été mesurée en calculant la moyenne et la variance des composantes de chrominance et la moyenne de la composante de luminance. La surface des régions est également mesurée.



Exemple de segmentation en trois régions, a) image de granulé, b) image segmentée

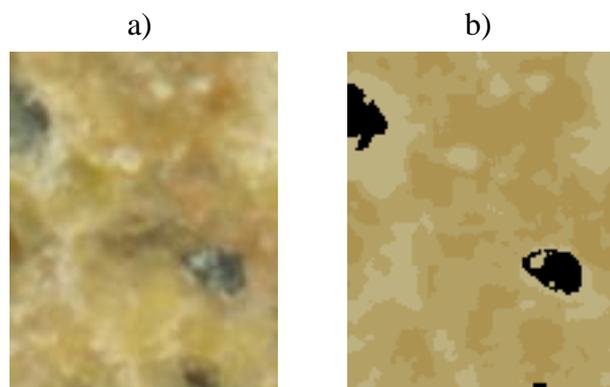
	Teinte		Saturation		Luminance	Surface (%)
	Moyenne	Variance	Moyenne	Variance	Moyenne	Moyenne
<b>Région claire</b>	46,81	0,09	30,34	5,97	74,72	30,61
<b>Région intermédiaire</b>	45,79	0,1	36,43	7,16	64,85	47,03
<b>Région sombre</b>	47,35	0,03	50,27	9,02	58,78	22,36
<b>Image entière</b>	46,45	0,08	37,66	10,29	66,52	100

### Caractéristiques de couleur extraites

#### Descripteur des particules noires

Certains aliments intègrent du colza ou du tournesol dans leur formulation. A la surface des granulés, ces matières premières apparaissent comme des régions très sombres. Nous les caractérisons en introduisant un descripteur dédié et complémentaire du descripteur TSL.

Deux caractéristiques sont ainsi extraites : le **nombre de particules noires** et la **surface de l'image** qu'ils occupent.



Nombre de particules noires : 3  
Surface totale occupée : 3,75%

Exemple de détection des particules noires, a) image de granulé b) image segmentée avec particules noires

## Descripteurs de la texture

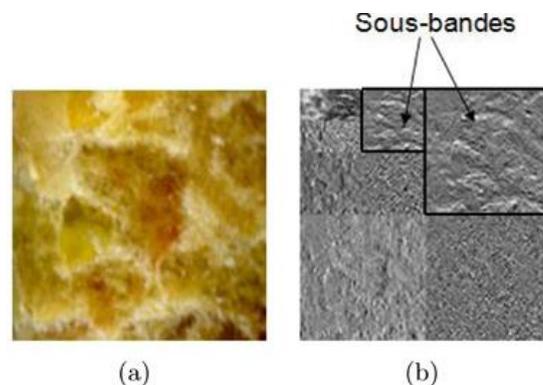
La texture d'une image est relative à l'organisation de ses pixels. Visuellement, les relations spatiales entre pixels sont perçues comme des variations en intensité lumineuse.

Dans le cas des images d'aliments granulés, les matières premières utilisées et le processus de fabrication ont une influence sur la texture. Toutefois, la disposition des particules de matières premières est aléatoire dans le granulé, compte tenu du fonctionnement de la presse. La texture des aliments est donc non ordonnée, il n'en ressort ni motifs définissables, ni orientation privilégiée. Nous proposons ainsi différents descripteurs adaptés à ce type de texture.

### Descripteur TOD (Transformée en Ondelettes Discrètes)

Les méthodes d'analyse multi-échelle, telles que les transformées en ondelettes, permettent la localisation spatiale des fréquences de l'image et une analyse à plusieurs niveaux de résolution. L'analyse multi-résolution permet de décrire la texture des granulés à différents niveaux de détails. Cela est intéressant pour tenter de reproduire comment les animaux perçoivent la texture des granulés pendant leurs observations à la mangeoire. Selon leur position, les animaux distinguent en effet plusieurs niveaux de détails de la texture des granulés.

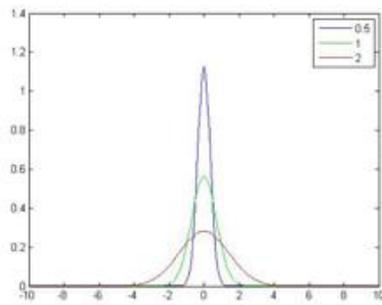
La transformée en ondelettes permet de représenter une fonction  $f$  (ici une image) dans une base de fonctions, appelées ondelettes. A chaque niveau de résolution de l'image, les composantes correspondant aux basses et hautes fréquences (respectivement "approximation" et "détails" de l'image) sont séparées. La figure ci-dessous est un exemple de décomposition par transformée en ondelettes d'une image de granulé.



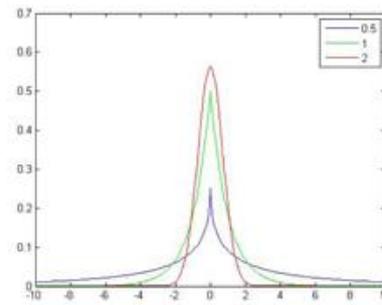
### **Exemple de TOD en trois échelles d'une image de granulé**

- a) image de granulé,**
- b) images des coefficients d'ondelettes, appelées aussi sous-bandes, à trois résolutions**

La distribution des coefficients d'ondelettes synthétise bien les détails d'une texture non ordonnée comme celle des images d'aliments. La densité de probabilités des coefficients à une échelle donnée est alors bien approchée par une densité gaussienne généralisée (DGG) qui est parfaitement définie par ses paramètres  $\alpha$  et  $\beta$  (respectivement paramètre d'échelle et paramètre de forme, voir figure ci-dessous).

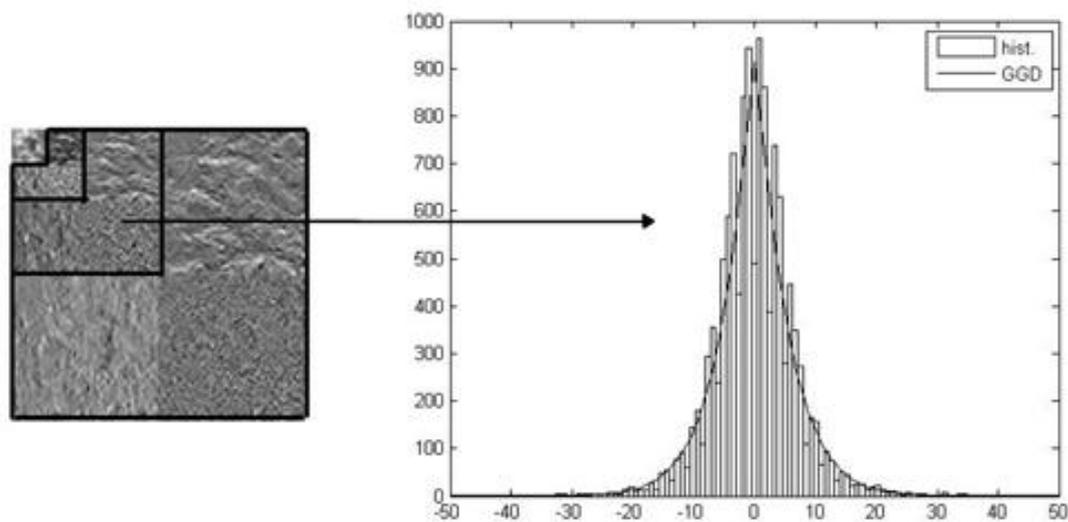


(a) Effet du paramètre  $\alpha$  ( $\beta$  fixé)



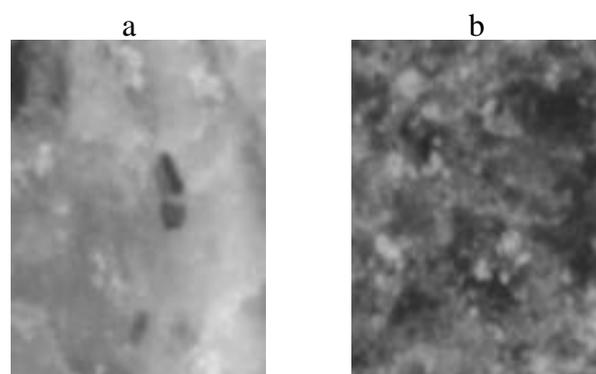
(b) Effet du paramètre  $\beta$  ( $\alpha$  fixé)

### Effet du paramètre $\alpha$ et $\beta$ sur une DGG



**Exemple d'ajustement d'un histogramme de coefficients d'ondelettes pour une échelle donnée. La DGG utilisée permet d'estimer les paramètres  $\alpha$  et  $\beta$**

Le paramètre  $\alpha$  mesure l'intensité des détails de la texture. Plus la texture est contrastée (détails clairement visibles), plus  $\alpha$  est grand. Le paramètre  $\beta$  synthétise la distribution des détails dans l'image. Plus la texture est hétérogène, plus  $\beta$  est grand.



**Exemple de texture d'images de granulés.**

**La texture de l'image a) semble lisse car elle est homogène, les intensités varient lentement.  
La texture de l'image b) semble rugueuse car elle est plus contrastée, avec de nombreux détails et des variations d'intensité rapides.**

**Les caractéristiques extraites par transformée en ondelettes ne sont toutefois pas facilement interprétables.** Les paramètres  $\alpha$  et  $\beta$  ont peu d'emprise dans le réel, ils ne reflètent pas la façon dont la texture est perçue et peinent à décrire une texture par des notions simples et intuitives.

### Caractérisation des images de la figure précédente

	Echelle 1		Echelle 2		Echelle 3	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Image a	0,8679	0,6612	4,6153	0,8117	8,6696	0,6870
Image b	4,0772	0,9534	17,0572	1,1586	49,2102	1,3012

#### Descripteurs Amadasun

Nous proposons donc un descripteur qui soit manipulable simplement et qui respecte davantage la contrainte d'interprétabilité énoncée en début de section.

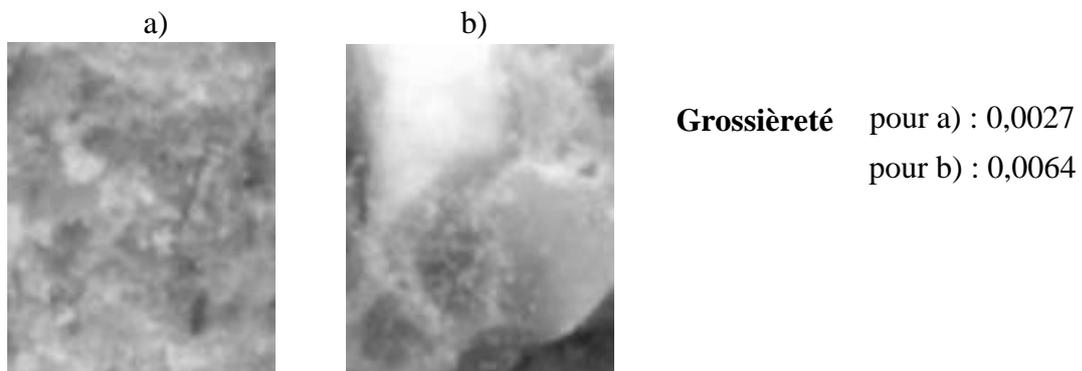
Amadasun et al. [1989] définissent cinq propriétés perceptuelles de la texture : grossièreté, contraste, finesse, complexité et force.

Les cinq propriétés sont définies comme suit :

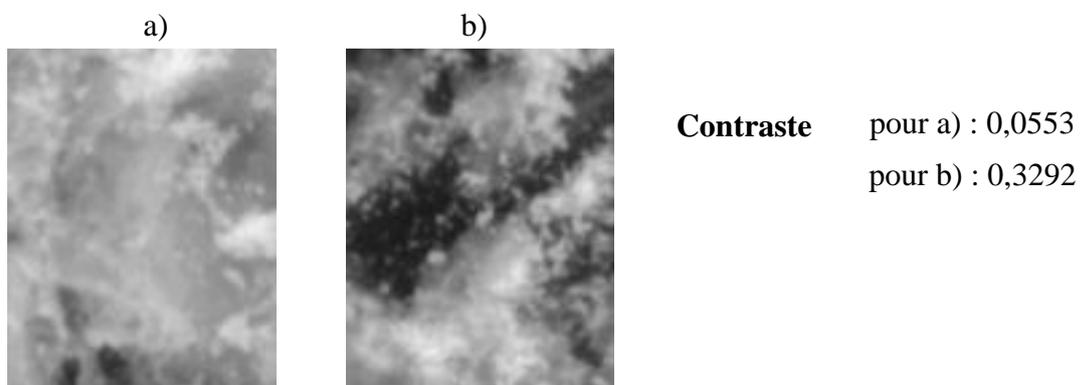
- **Grossièreté** : une texture est grossière si les motifs constituants sont larges. Au niveau de l'image, cela se traduit par de faibles variations spatiales en intensité sur de larges zones.
- **Contraste** : une texture est fortement contrastée si des motifs d'intensités différentes sont clairement visibles. Un fort contraste se manifeste par des différences brutales en intensité entre régions voisines de l'image.
- **Finesse** : une texture est fine s'il y a de rapides variations en intensité entre un pixel et son voisinage.
- **Complexité** : une texture est complexe si elle est composée de nombreux motifs d'intensités moyennes différentes.
- **Force** : une texture est forte si les motifs constituants sont clairement visibles et facilement définissables.

Chaque propriété est ensuite modélisée sous forme d'une fonction mathématique appliquée à l'analyse d'image. Les cinq caractéristiques ainsi définies approximent la manière dont l'humain perçoit la texture.

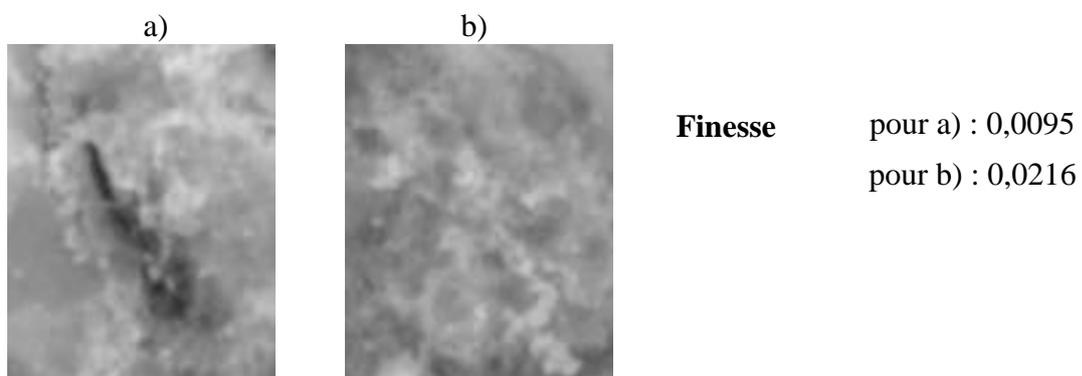
Ci-après, des exemples sur des paires d'images permettent de saisir l'effet de la texture sur les caractéristiques extraites. Plus la mesure a une valeur élevée, plus la texture correspond à la définition.



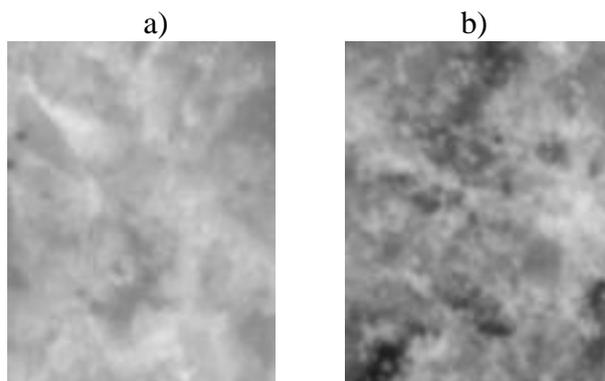
**Exemple de caractérisation de la grossièreté**



**Exemple de caractérisation du contraste**

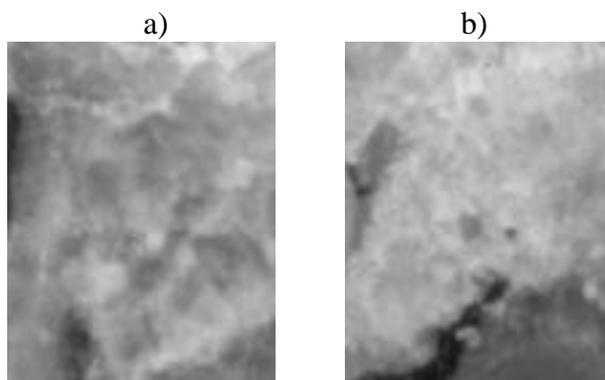


**Exemple de caractérisation de la finesse**



**Complexité** pour a) : 4365,1  
pour b) : 33540,2

**Exemple de caractérisation de la complexité**



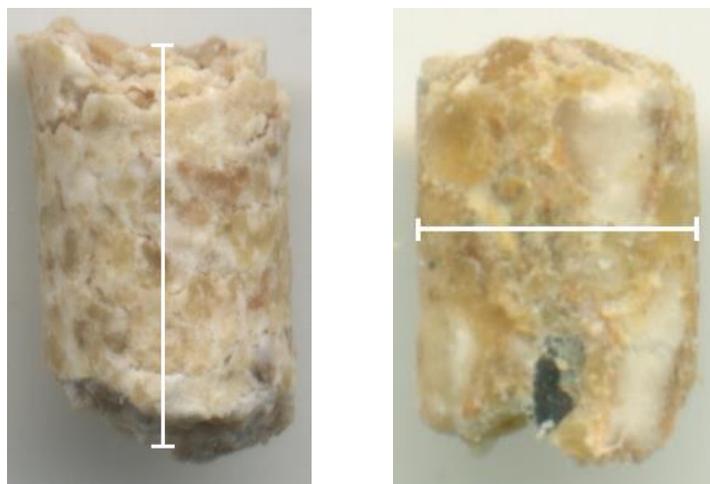
**Force** pour a) : 7,5395  
pour b) : 99,26

**Exemple de caractérisation de la force**

### **Descripteurs de la forme**

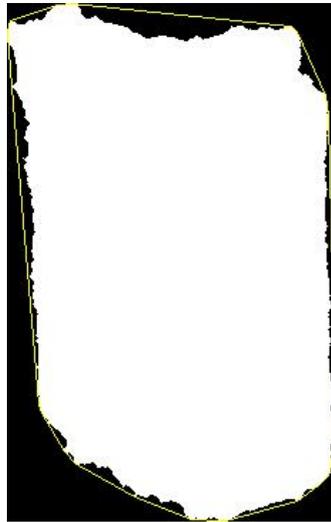
Trois caractéristiques de forme sont introduites : la longueur, le diamètre et la convexité des granulés.

**Longueur** et **diamètre** sont mesurés trivialement depuis les images de granulés (voir figure ci-dessous).



**Mesure de la longueur et du diamètre de granulés**

La **convexité** est le rapport entre la surface du granulé sur la surface de son enveloppe convexe. L'enveloppe convexe est l'enveloppe minimale du granulé telle que celle-ci soit convexe (voir figure ci-dessous : tracé jaune).



**Représentation de l'enveloppe convexe d'un granulé.  
L'emprise du granulé en blanc, l'enveloppe convexe en jaune. Ici la  
convexité est de 93,39%**

## b) Descripteurs relatifs au toucher

- Descripteurs rhéologiques



Des mesures de compression sont pratiquées à l'aide d'une machine d'essais en traction compression (INSTRON 5543) sur des particules prises une à une. Un échantillon de 100 granulé est considéré pour chaque aliment. Différents critères sont retenus : la charge de compression maximale appelée couramment **dureté** (N) nécessaire pour écraser un granulé, qui est classiquement exploitée, mais aussi **la rigidité** (N/mm), qui correspond au maximum de pente de la partie ascendante de la courbe de compression.

La dureté est exprimée aussi en MPa, afin de prendre en compte la surface supérieure de la particule

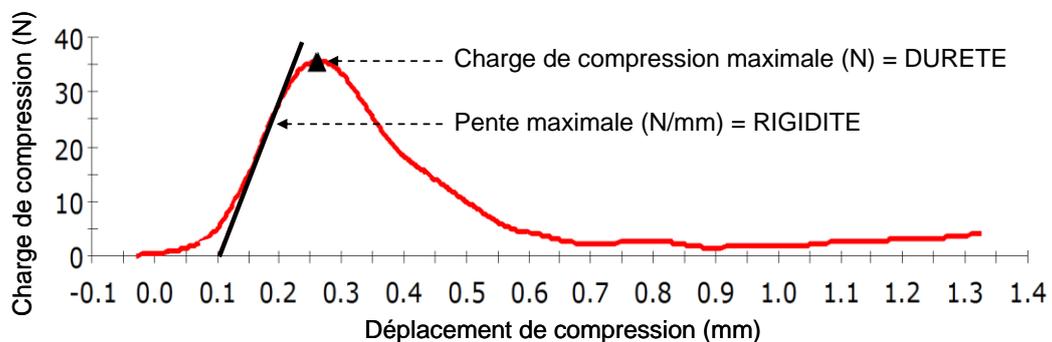
### Conversion en MPa :

$$\text{Dureté (Mpa)} = \frac{\text{Dureté (N)}}{\pi * L(\text{mm}) * D/2(\text{mm})}$$

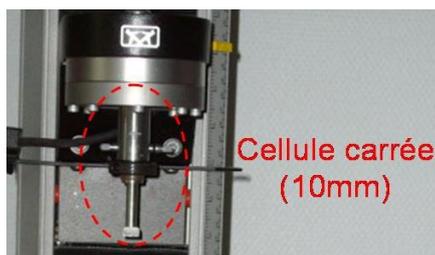
(Dureté rapportée à la surface supérieure du granulé



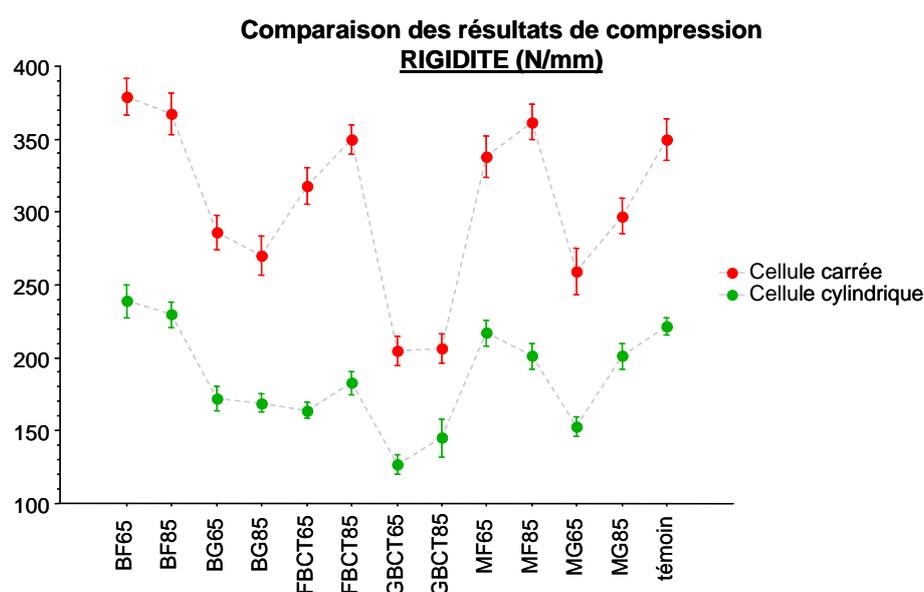
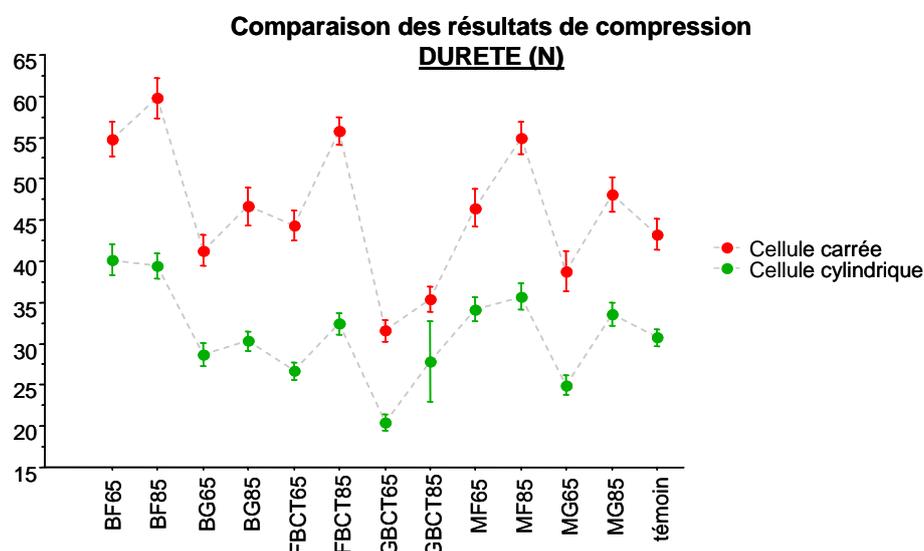
### Courbe de compression



Ces mesures sont actuellement réalisées avec **une cellule carrée** de 1cm<sup>2</sup> qui écrase le granulé intégralement. Des essais ont été mis en place en utilisant **une cellule cylindrique** d'extrémité plate de 2mm de diamètre. L'objectif est de déterminer une charge de compression et une rigidité plus localisée sur des granulé de 3 à 4mm de diamètre et de comparer les résultats obtenus selon les 2 méthodes.



Douze aliments ont été analysés selon les 2 méthodes. Les valeurs obtenues sont plus faibles avec la cellule cylindrique avec moins de variabilité. D'autre part, il existe une bonne corrélation pour la Dureté ( $R^2=0,80$ ) et pour la rigidité ( $R^2=0,79$ ).



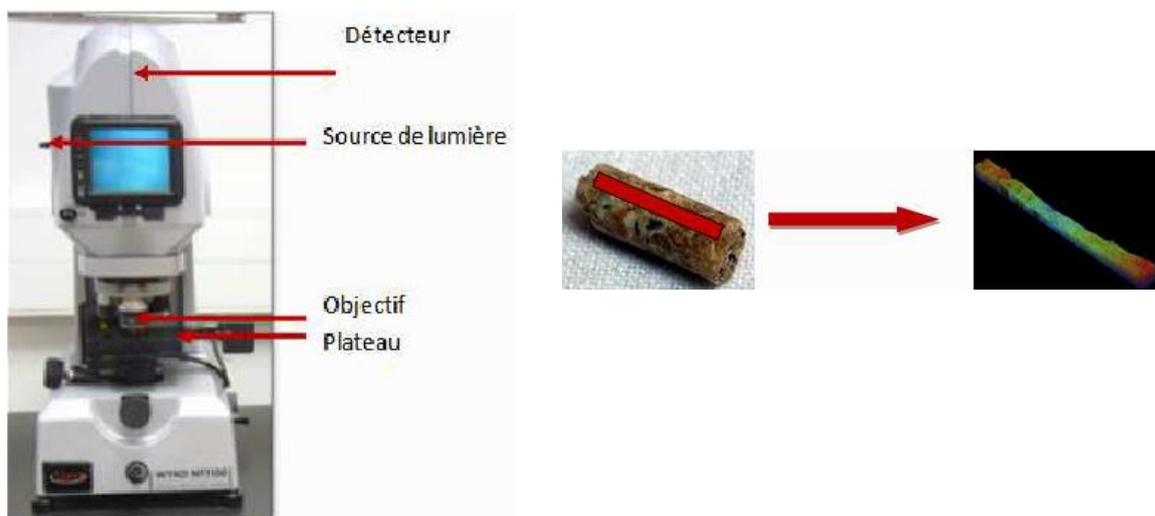
**Pour la suite, la cellule carrée a été conservée.**

Par ailleurs, des essais de compression réalisés sur 3 aliments **avec une teneur en glycérine** variable ont été effectués pour déterminer l'impact de l'ajout de glycérine dans l'aliment sur la dureté/rigidité et pour mieux comprendre les différents paramètres obtenus. **La mesure de la rigidité permet de discriminer nettement les trois lots étudiés.**

***(lien ESSAI GLYCERINE SANDY)***

- **Rugosité**

En collaboration avec l'école Polytech'Tours, des mesures de rugosité ont été réalisées avec un profilomètre 3D. Cette technique, basée sur l'interférométrie, consiste à mesurer à la surface d'un granulé la moyenne des distances entre les pics et les creux à l'aide d'un faisceau lumineux. Les résultats obtenus donnent des indications sur la rugosité (lisse ou rugueux) et la régularité de l'aliment (régulier ou irrégulier). **Cette mesure permet de discriminer les aliments mais est toutefois lourde à réaliser en routine.**



### Conclusion

*De nouveaux descripteurs relatifs à l'« aspect » et au « toucher » des particules sont ainsi proposés afin de rendre compte ce que ressentent les volailles. Ces descripteurs sont dans la mesure du possible perceptuels, c'est-à-dire compréhensibles pour l'homme. Ainsi, des descripteurs issus de l'analyse d'images permettent de décrire l'aspect des granulés (forme, couleur et texture). Des descripteurs mesurés par compression permettent de mieux caractériser d'un point de vue rhéologique les particules.*



### **III) Étude du comportement alimentaire en élevage au moment des transitions alimentaires**

Les modifications comportementales au moment des transitions alimentaires sont souvent rapides et de ce fait difficiles à appréhender avec les mesures classiques, comme par exemple la consommation hebdomadaire ou quotidienne. La mise en place d'un « observatoire » en élevages, qui nous aurait permis de collecter des aliments à problème, s'est révélée difficile du fait du pas de temps court à considérer (<1 journée).

C'est pourquoi le travail a consisté à décrire tout d'abord **en conditions de production** les **modifications comportementales** observées au moment de **changements d'aliment**, et ce pour différentes situations.

#### **1) Méthodologie adoptée**

Deux méthodes d'observation des comportements ont été utilisées :

- **le scan sampling**, qui permet une observation générale du comportement des animaux à un temps donné. Cette méthode permet de réaliser une « photographie » en direct en évaluant les budgets temps et la répartition des animaux dans le bâtiment par dénombrement du nombre d'individus situés dans différentes zones d'intérêt (mangeoire, abreuvoir, dortoir par exemple).

- **le focal sampling**, qui est l'observation très précise du comportement des animaux sur une durée déterminée. Ces observations sont réalisées sur la base de films qui, après analyse au ralenti, décrivent le comportement d'animaux suivis individuellement et définissent leur budget temps.

Toutes les mesures ont été réalisées **à court terme** avant et au moment du changement d'aliment (1h maximum).

#### **2) Chez la dinde**

Les observations comportementales ont été réalisées dans 20 élevages de dindes (standard / label) au moment d'une transition **avec changement de forme** de l'aliment (miettes/ granulés, miettes/farine) puis dans 13 de ces mêmes élevages au moment d'une transition **sans changement de forme** (granulés) (réalisation de mai à août 2008). Dans les élevages standard, les mâles âgés de 33 à 45 jours pour les 1<sup>ères</sup> transitions, et de 50 à 61 jours pour les 2<sup>èmes</sup> transitions ont été étudiés. Dans les élevages label, il s'agissait de dindes femelles de 60 jours.

- Les scans sampling ont permis de comparer le pourcentage d'animaux présents, avant et après la transition, en zone de repos (couchés ou debout), en zone d'abreuvoirs et en zone de mangeoires.

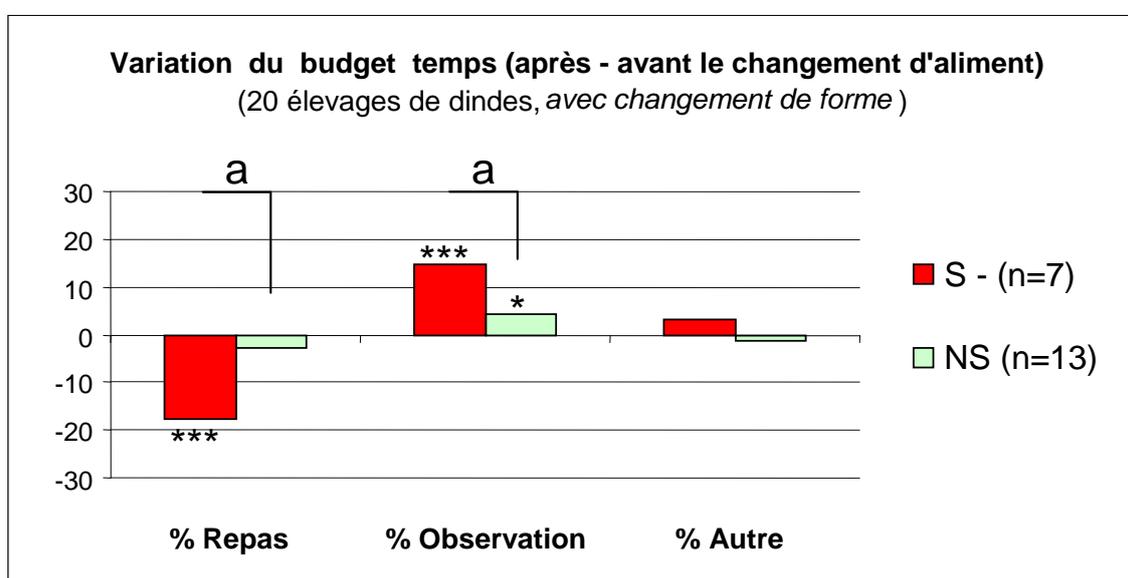
Aucune différence significative de comportements au moment des transitions *avec changement de forme* n'a pu être mise en évidence. En revanche, pour les transitions *sans changement de forme*, on observe, avec le nouvel aliment, significativement plus d'animaux situés en zone de repos et moins de présence à la mangeoire.

- Le focal sampling a permis d'observer les animaux lors d'un accès à la mangeoire (arrivée-départ) et de relever trois « états » principaux (séquences de repas, d'observation de l'aliment et de toute autre activité sans contact avec l'aliment), ainsi que de dénombrer des

comportements ponctuels tels que les picages, les grattages, les déplacements, etc. Ces différents évènements ont été exprimés en temps moyen, en pourcentage de temps passé à la mangeoire ou en fréquence.

Après analyse et expertise, **le comportement alimentaire des animaux d'un élevage a été caractérisé par les proportions de temps passé au repas, à l'observation de l'aliment ou à une autre activité.** Les budgets temps à la mangeoire observés avant et au moment du changement d'aliment ont donc été comparés. Plusieurs catégories d'élevage ont été déterminées en fonction de ces modifications comportementales : les « **sensibles négatifs** » (S-), les « **non sensibles** » (NS) et les « **sensibles positifs** » (S+).

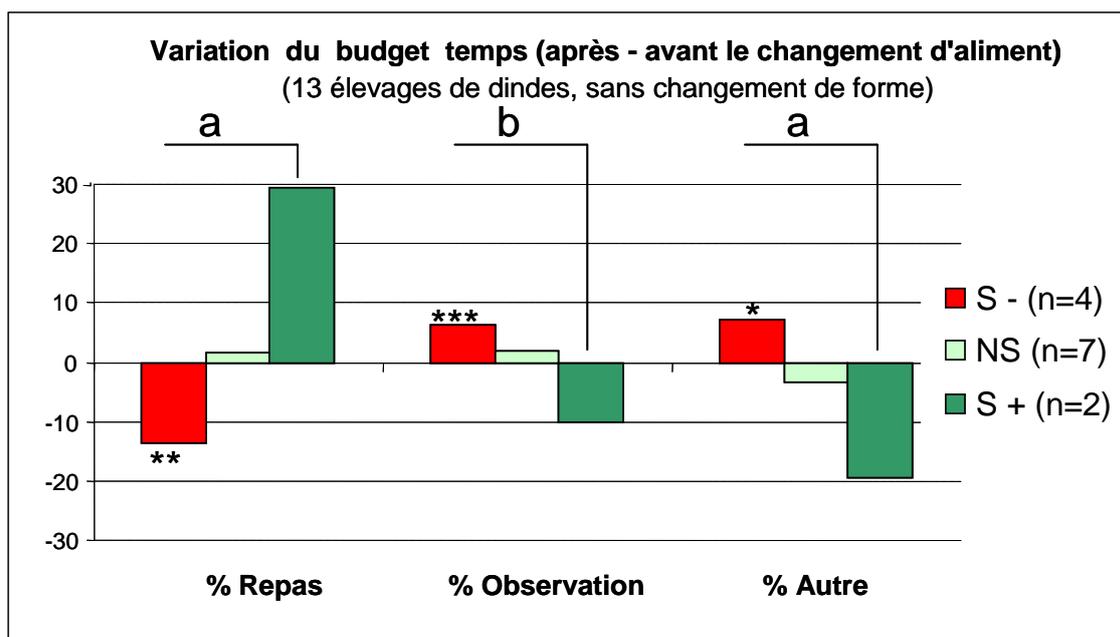
Pour toutes les transitions **avec changement de forme** de l'aliment, les dindonneaux ont augmenté leur proportion de temps à observer l'aliment au détriment du temps passé à picorer. Ceci est beaucoup plus marqué pour les élevages « sensibles négatifs » (35% des élevages suivis). Pour ces derniers élevages, les aliments nouveaux présentaient *une plus forte augmentation de leur dureté et de leur rigidité* comparés aux « non sensibles ».



\*, \*\*, \*\*\* : différences significatives à 0 ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$  et  $p < 0.001$ ) – test t apparié  
a : différence significative entre catégories S- et NS ( $p < 0.001$ ) – ANOVA

Pour les transitions **sans changement de forme**, les élevages « sensibles négatifs » (31% des élevages) ont augmenté leur proportion de temps à observer l'aliment au détriment du temps passé à picorer tandis que les « sensibles positifs » (15% des élevages) ont augmenté leur temps de picorage. Les autres élevages « non sensibles » ont peu modifié leur budget temps.

Comme pour la transition avec changement de forme, les nouveaux aliments des élevages « sensibles négatifs » présentaient *une augmentation significative de la rigidité des particules*. Par ailleurs, ces aliments nouveaux sont également significativement plus foncés, selon le critère couleur L\*. Toutefois, *aucun des nouveaux descripteurs de couleur et texture, obtenus à partir de l'analyse d'images, n'a permis de discriminer les classes d'élevage*. Ceci peut s'expliquer par des environnements lumineux variables entre les élevages (intensité, nature de la lumière) entraînant des perceptions différentes.



\*, \*\*, \*\*\* : différences significatives à 0 ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$  et  $p < 0.001$ ) – test t apparié  
a, b : différence significative entre catégories S-, NS et S+ ( $p < 0.001$  et  $p < 0.01$ ) – ANOVA

- Pour les deux types de transition, la mesure de la répartition des dindonneaux dans le bâtiment, simple à réaliser en élevage, n'a pas permis de distinguer clairement les élevages selon leur sensibilité, et donc de mettre en évidence une modification du comportement alimentaire au moment de la transition.

*Ainsi, des mesures fines impliquant un suivi précis des animaux, sont nécessaires afin de mettre en évidence des modifications du comportement des dindes au moment des changements d'aliment. Le comportement à la mangeoire analysé par le focal sampling montre essentiellement une augmentation de l'observation de l'aliment au détriment du temps passé à picorer. Ces réactions sont plus marquées lors d'un changement de forme. Les caractéristiques rhéologiques et notamment la rigidité (N/mm) semblent jouer aussi un impact dans ces réactions. L'impact des caractéristiques visuelles ressort plus faiblement de cette étude, probablement du fait d'environnements lumineux différents entre élevages.*

**(JRA 2011 – Chagneau)**

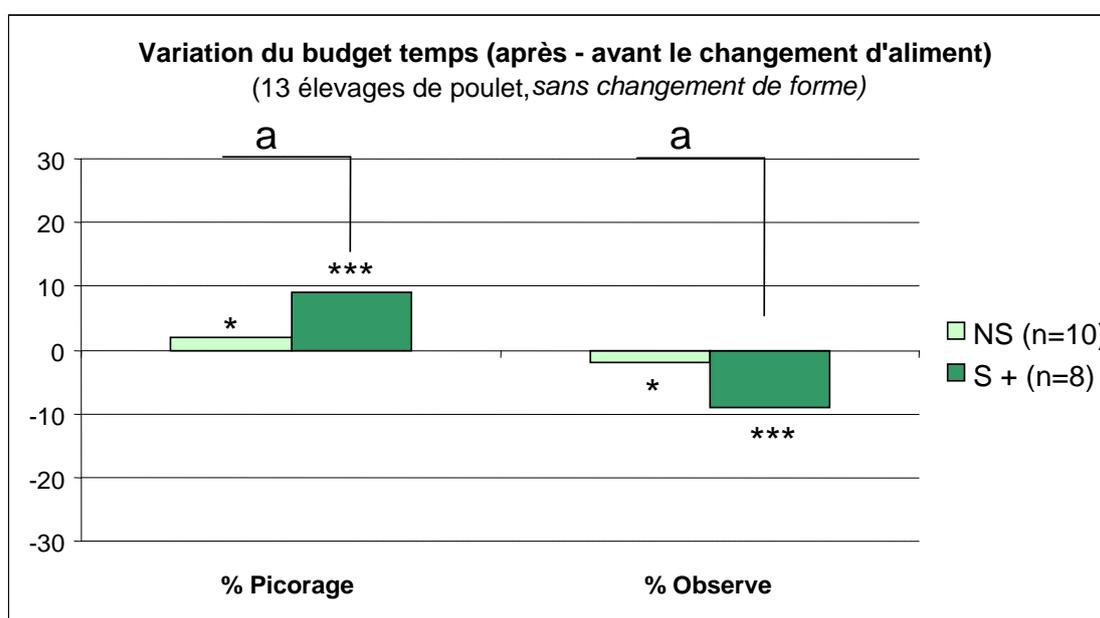
### **3) Chez le poulet**

Les observations comportementales ont été réalisées dans 13 élevages de **poulet standard** (Ross PM3), en suivant une ou deux transitions alimentaires par élevage de 23 à 34 jours. Dix huit transitions sans changement de forme ont été étudiées (réalisation d'avril à juin 2010).

- Les relevés par scan sampling ont permis de comparer la répartition des animaux avant et après la transition dans les zones de repos, d'abreuvoir, de « proche mangeoire » et de mangeoire. Il est observé lors de la transition, une diminution de la fréquentation de la zone de repos après la transition au profit de la fréquentation des zones mangeoire et abreuvoir.

- Les analyses de focal sampling ont permis de distinguer deux groupes distincts d'élevages : des « non sensibles » et des « sensibles positifs ». Contrairement aux élevages de dindes, les activités à la mangeoire autres que picorer ou observer l'aliment sont rares. Ainsi, l'analyse des films a permis de relever les deux « états » suivants : des séquences de picorage et d'observation de l'aliment lors d'un accès à la mangeoire (arrivée-départ). Comme chez la dinde, l'évolution du comportement alimentaire d'un élevage a été caractérisée en comparant les budgets temps à la mangeoire observés après et avant le changement d'aliment.

Une forte augmentation des séquences de picorage au détriment des séquences d'observation de l'aliment a été observée dans les élevages « sensibles positifs » (44%). Pour les « non sensibles », peu de modifications du comportement ont été observées lors de la présentation du nouvel aliment. Les aliments nouveaux des élevages « sensibles positifs » présentaient une augmentation significative de la rigidité et aucune pour les élevages « non sensibles ». Aucun effet de la couleur des aliments n'apparaît, toutefois les écarts entre aliments étaient dans cette étude, assez faibles.



\*, \*\*, \*\*\* : différences significatives à 0 ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$  et  $p < 0.001$ ) – test t apparié  
a : différence significative entre catégories NS et S+ ( $p < 0.001$ ) – ANOVA

- La mesure de la répartition des poulets dans le bâtiment n'a pas permis de distinguer les élevages selon leur sensibilité, et donc de mettre en évidence une modification du comportement alimentaire au moment de la transition.

*Comme pour la dinde, l'observation des poulets au moment des changements d'aliment nécessite des mesures fines. En revanche, dans aucun des élevages, il n'est observé de « néophobie » mais une augmentation de l'activité de picorage (sans préjuger toutefois du niveau de consommation) ou encore une absence de réaction. Cette augmentation de l'activité de picorage semble reliée à une rigidité des particules plus élevée, contrairement à ce qui a été observé chez la dinde. L'impact des caractéristiques visuelles ne ressort pas, du fait peut-être d'environnements lumineux différents entre élevages.*

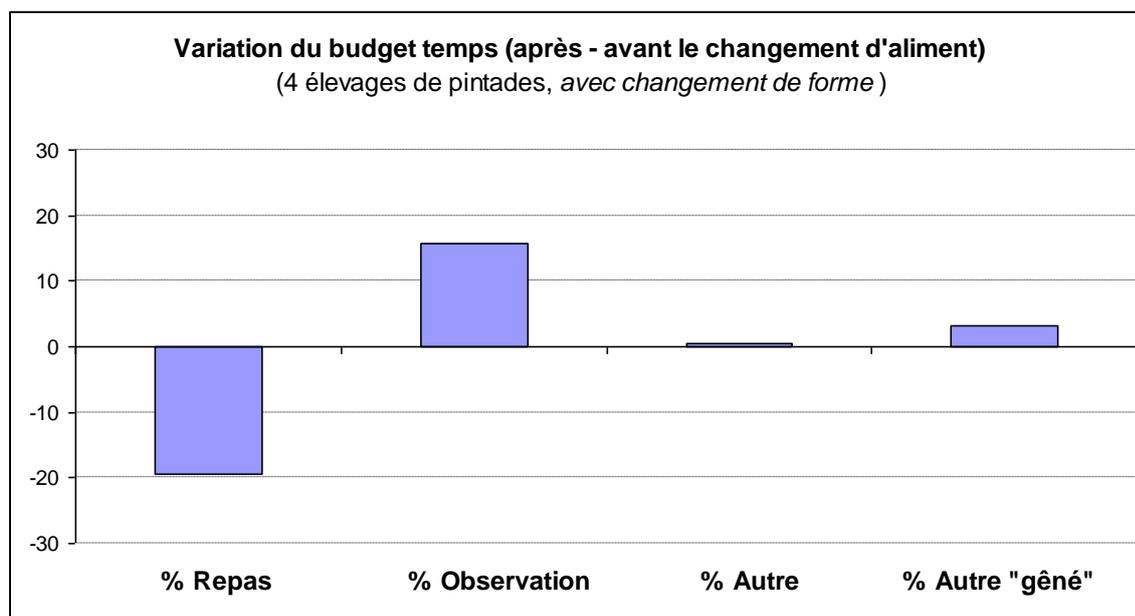
**(JRA 2011 – Traineau)**

#### 4) Chez la pintade

Les observations comportementales ont été réalisées dans 4 élevages de **pintades** label âgés de 3-4 semaines au moment d'une transition avec changement de forme de l'aliment (miettes-farine).

- Les relevés par scan sampling ont permis de déterminer la répartition des animaux avant et après la transition dans les zones de repos, d'abreuvoir, de « proche mangeoire » et de mangeoire. Il est observé lors de la transition une diminution de la fréquentation de la zone de repos au profit de la fréquentation des zones mangeoire et proche mangeoire. Comme pour le poulet, la pintade semble exprimer de prime abord de la néophilie face à un nouvel aliment.
- Le focal sampling a permis d'observer les animaux lors d'un accès à la mangeoire (arrivée-départ). Quatre « états » ont été distingués : les séquences de repas ou picorage, d'observation de l'aliment et de toute autre activité sans contact avec l'aliment gêné ou non par un autre congénère. Comme pour les 2 autres espèces, le comportement alimentaire d'un élevage a été caractérisé avant et après le changement d'aliment.

Les animaux des 4 élevages ont réagi de la même manière au passage de l'aliment miette à l'aliment farine. Les pintades ont passé significativement plus de temps à observer l'aliment au détriment du temps passé à picorer, avec une augmentation de gênes par les autres congénères. A noter que dans ces 4 cas, les aliments farine distribués après la transition sont plus clairs que les miettes.



*Cette étude a mis en évidence comme pour les deux autres espèces, des modifications du comportement des pintades au moment des changements d'aliment. Les résultats de scan sampling suggèrent de prime abord une réaction de néophilie (plus de présence à la mangeoire) tandis que l'analyse plus précise du comportement à la mangeoire, par focal sampling, suggère une réaction de néophobie, marquée par une augmentation de l'observation de l'aliment au détriment du temps passé à picorer comme cela a été observé chez la dinde*

**(JRA 2011 – Chagneau)**

## **Conclusions**

**Les études réalisées dans les élevages de dindes, de poulets ou de pintades, ont permis de caractériser, grâce à des mesures fines, les modifications du comportement des animaux au moment des transitions alimentaires.**

**Le changement de forme de l'aliment, étudié chez la dinde et la pintade, suscite les réactions les plus importantes : les volailles augmentent leur temps passé à observer l'aliment au détriment du picorage. Cette modification fait appel à la fois aux capacités visuelles et tactiles des volailles. Des modifications de rigidité (tactile) des granulés entraînent aussi des réactions. Il n'a pas été fait de démonstration claire de l'effet de modifications de couleur (visuel) sur ces réactions, probablement du fait d'environnements lumineux différents entre élevages brouillant ces effets.**

**L'ensemble de ces résultats suggère une capacité à mémoriser les caractéristiques de l'aliment précédent nécessitant une étude approfondie en conditions contrôlées.**

## ***IV) Comportement alimentaire des dindonneaux en lien avec les caractéristiques physiques des aliments***

Les différentes expérimentations ont été réalisées sur le dindonneau, utilisé comme modèle, car jugé le plus sensible par l'ensemble des partenaires.

### **1) Méthodologie**

Un protocole de distribution des aliments a été mis au point afin d'observer à court terme les modifications comportementales de dindonneaux occasionnées par la présentation d'un nouvel aliment, tout en prenant en compte une importante variabilité individuelle.

Les animaux (BUT9 puis BUT10) ont été placés et étudiés dans des cages individuelles isolées des autres cages par des planches de bois ou du plastique afin d'éviter toute imitation de comportement au niveau des mangeoires. Deux batteries ont été utilisées selon les expériences : une batterie de 144 cages et une de 36 cages. Les batteries étaient placées dans des salles à environnement contrôlé en température et en intensité lumineuse. La température variait progressivement de 35°C à J1 à 25°C à partir de J22, et les salles étaient éclairées par des lampes incandescentes. Le programme lumineux alterné utilisé a été réalisé selon un modèle représentatif des programmes lumineux observés dans les conditions de production rencontrées dans les élevages. L'intensité lumineuse était d'environ 60 lux.

Pour chacune des expériences, les mesures de consommation (à court terme et 24h) et de comportement ont été réalisées la veille et le jour de la transition alimentaire avec un nouvel aliment.

Six expériences ont été réalisées avec des mesures de consommation, des films et des tests de choix en fonction des différentes problématiques. Les résultats sont présentés en fonction des caractéristiques testées (changements visuels et tactiles) et de l'expérience alimentaire des volailles.



Potence avec les caméras



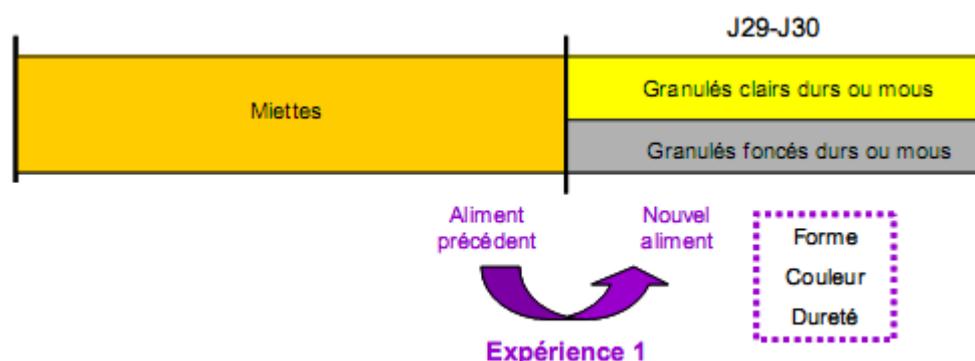
Les volailles recevant des aliments différents sont isolées visuellement de leurs congénères (séparation jaune)



Cage individuelle avec mangeoire amovible

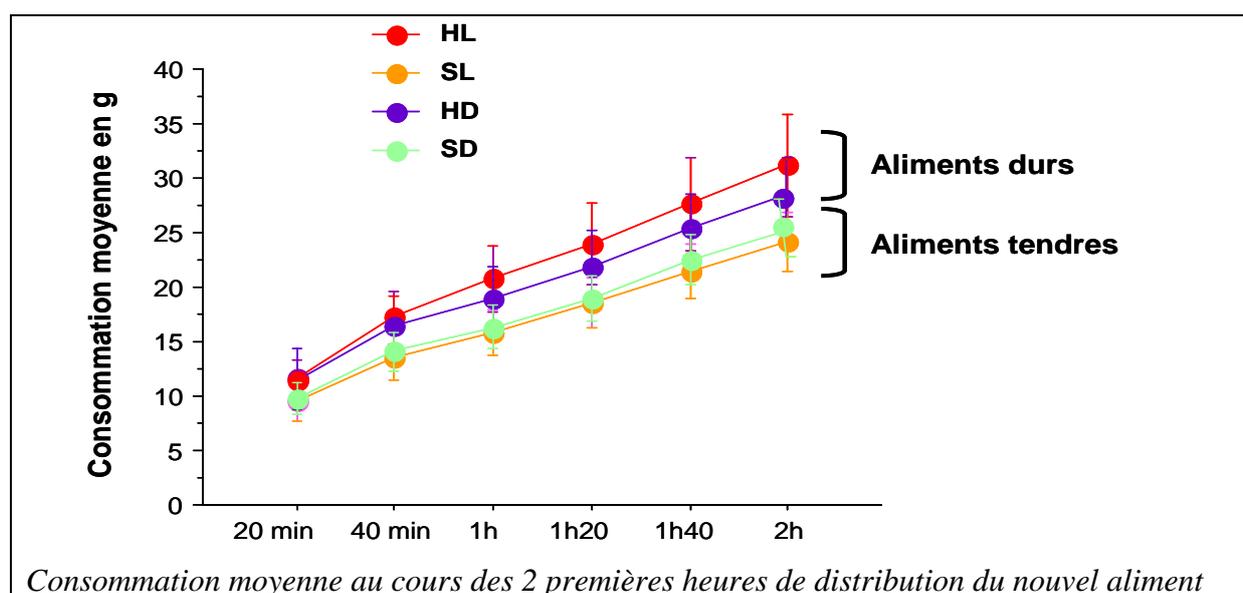
## 2) Changement de forme des aliments (miettes à granulés)

- Une première expérience a souligné l'importance du changement de forme d'aliment sur la réaction immédiate des dindonneaux (28 jours). Quatre groupes de 18 animaux **habités à un aliment sous forme de miettes ont reçu un des quatre nouveaux aliments sous forme de granulés** variant par la couleur (clair L ou foncé D) et la dureté (dur H ou tendre S). Les variations de couleur et de dureté ont été obtenues par modification des formules alimentaires et du process de fabrication.



L'ingestion est diminuée les vingt premières minutes de consommation des granulés. Cette baisse s'atténue au cours de la journée pour être nulle au bout de 24h. Les comportements liés à l'ingestion (picorage bec ouvert) sont plus fréquents la veille de la transition et à l'inverse ceux liés à l'observation (observe l'aliment) et l'exploration (picorage bec fermé) sont rencontrés en majorité lors de la transition. Lors de la présentation d'un nouvel aliment, les dindonneaux vont plus rapidement à la mangeoire (néophilie), mais le picorage avec le bec fermé est plus fréquent.

Les différences de réaction entre les quatre aliments granulés sont faibles. Ceci peut s'expliquer par un effet majeur du changement de forme, comparé aux changements de dureté et de couleur pratiqués.



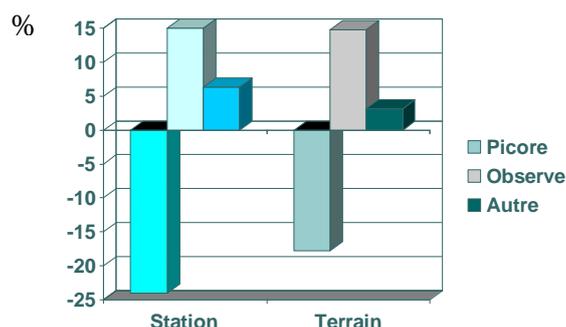
Cette première expérience a également permis d'observer des différences de comportement importantes entre les individus : des animaux dits « sensibles » commencent leur séquence alimentaire en touchant leur aliment, même connu, avec le bec fermé alors que les animaux « non sensibles » démarrent toujours leur séquence le bec ouvert. Lors de la transition, **ces animaux « sensibles » mettent plus de temps à ingérer leur nouvel aliment et ont une consommation plus faible que les « non sensibles ».**

**Par ailleurs, ces premiers résultats ont permis d'établir un lien entre ces modifications comportementales observées et la baisse de consommation.** La consommation est principalement expliquée par le pourcentage de temps passé à picorer :

$$\text{Consommation 5 min (g)} = 0,21 * \% \text{ temps passé à picorer}$$

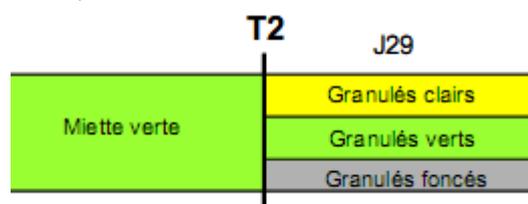
$$R^2 = 0,64 \text{ la veille de la transition et } R^2 = 0,53 \text{ le jour de la transition}$$

Ce calcul de la consommation en fonction de la part de temps passé à picorer peut ainsi permettre d'estimer la baisse de consommation (5 minutes) liée à la distribution d'un nouvel aliment en élevage pendant une transition alimentaire miettes-granulés. Les résultats obtenus en station expérimentale et en élevage montrent en effet une forte similitude. Sur la base des élevages suivis et en moyenne, la baisse de consommation estimée est de l'ordre de 30 kg lors des 5 premières minutes de distribution.



Variation du comportement entre le nouvel aliment et l'aliment connu dans différentes situations

- **La deuxième expérience** (2<sup>ème</sup> transition) a également souligné l'importance du changement de forme d'aliment sur la réaction immédiate des dindonneaux. Des aliments de différentes couleurs ont été fabriqués à partir d'une même farine à laquelle ont été ajoutés des colorants alimentaires. A J30, trois groupes de 48 animaux **habités à une miette verte ont reçu un aliment granulé clair, foncé ou vert.**



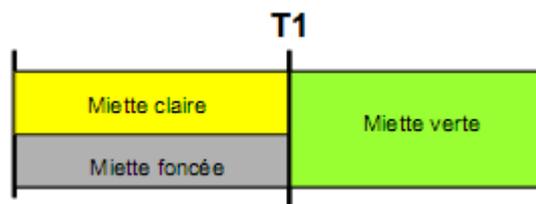
**Les animaux ont diminué leur consommation quelle que soit la couleur du nouveau granulé reçu.** Cependant une différence de budget temps a été observée, avec un temps passé à observer l'aliment inférieur pour les animaux qui ont reçu le granulé vert, c'est-à-dire un aliment de couleur identique au précédent, en comparaison avec les autres animaux.

**La conservation de la couleur** a ainsi réduit le temps d'observation de l'animal en situation de transition, et donc **facilite l'adaptation à un nouveau régime**. Cet effet est cependant limité, ce qui suppose dans les conditions testées, une hiérarchie d'impact entre les différents critères visuels : forme et couleur.

*En conclusion, dans les conditions testées, l'effet du changement de forme de l'aliment (miette-granulé) perçu visuellement puis tactilement, a un impact majeur sur la réaction des animaux, comparé aux changements de couleur (visuel) et de dureté (tactile) pratiqués.*

### 3) Changement de couleur des aliments chez des dindonneaux

- Les 144 dindons de la deuxième expérience ont été répartis dès l'éclosion en deux groupes, chacun nourri avec un type de miettes : **claire ou foncée**, le changement de couleur étant obtenu par modification des matières premières. A J16, une première transition a été réalisée avec un passage à une miette de couleur verte (par ajout de colorant) pour tous les animaux.



Le jour de la transition alimentaire, les dindons n'ont pas réagi de la même manière selon l'aliment qu'ils ont reçu les deux semaines précédentes. Les oiseaux ayant reçu la miette claire ont diminué leur consommation, contrairement à ceux qui ont reçu initialement la miette foncée, qui eux l'ont augmentée. Des différences de comportement ont également été observées, avec un plus grand nombre de coups de bec pour les animaux du groupe « miette claire » comparé aux autres animaux. Comme lors de la première expérience, les animaux des deux groupes ont fait preuve d'une néophilie pour le nouvel aliment en s'approchant plus rapidement de celui-ci. Une néophobie a été constatée après le premier contact visuel, manifestée par de nombreux accès à la mangeoire, une latence plus importante pour picorer l'aliment et une augmentation des comportements liés à l'exploration (coups de bec fermés).

Cette différence de réactions entre les deux groupes initiaux peut s'expliquer par le fait que :

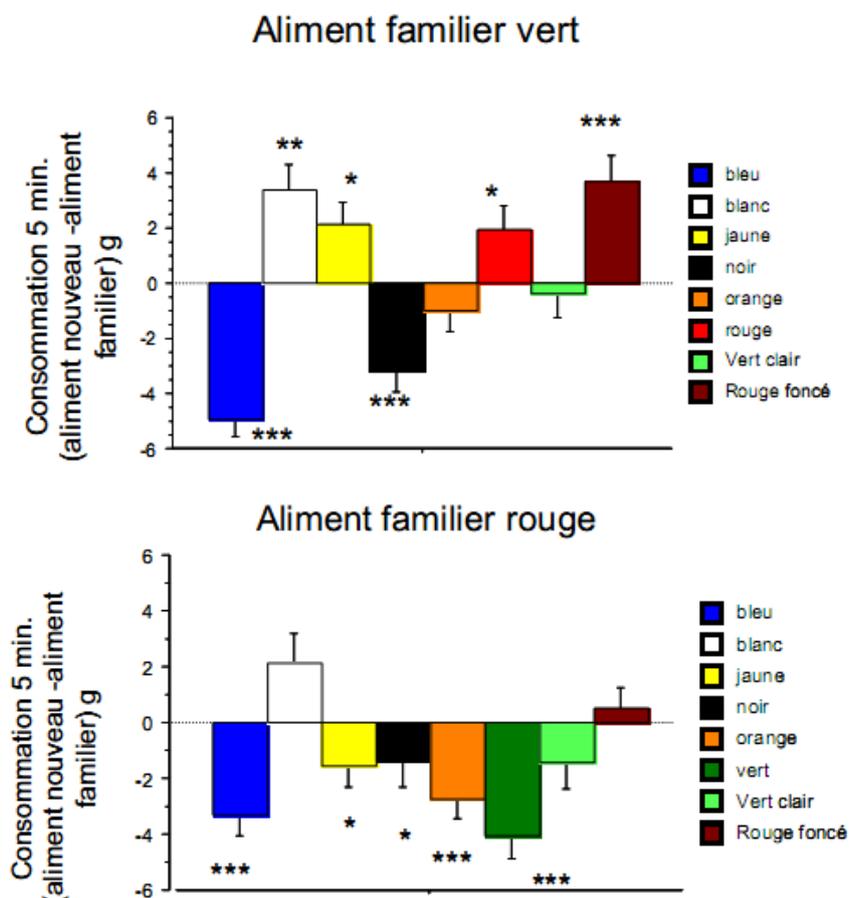
- l'aliment clair est préféré spontanément à l'aliment foncé. Ceci se traduit par moins d'exploration avec la miette claire comparée à la miette foncée,
- le contraste entre les deux aliments est plus favorable au passage « foncé » -> « vert » que « clair » -> « vert » où le contraste de la valeur  $a^*$  est plus important.

*Cette seconde expérience a mis en évidence un effet du contraste de couleur sur les réactions des dindonneaux lors d'une transition miettes-miettes.*

- Une expérience préliminaire a permis de tester à court terme la réaction des dindonneaux à **différentes couleurs**. Les animaux avaient reçu préalablement pendant 3 jours un aliment vert ou rouge. Ils ont ensuite reçu des aliments de différentes colorations : **vert pomme, blanc, rouge, rouge brique, bleu, jaune, noir** pendant 5 minutes, deux fois par jour et pendant quatre jours. Les différentes colorations des aliments granulés ont été obtenues par adjonction de colorants alimentaires. La consommation de chacun des nouveaux aliments a

été calculée en fonction de la consommation 5 minutes de l'aliment familier la veille de la transition.

Avec un aliment initial vert, la consommation est diminuée, lors de la transition, avec les aliments bleu et noir, augmentée pour les aliments blanc, jaune, rouge et rouge brique. Avec un aliment initial rouge, la consommation est diminuée pour toutes les couleurs sauf le blanc et le rouge brique.



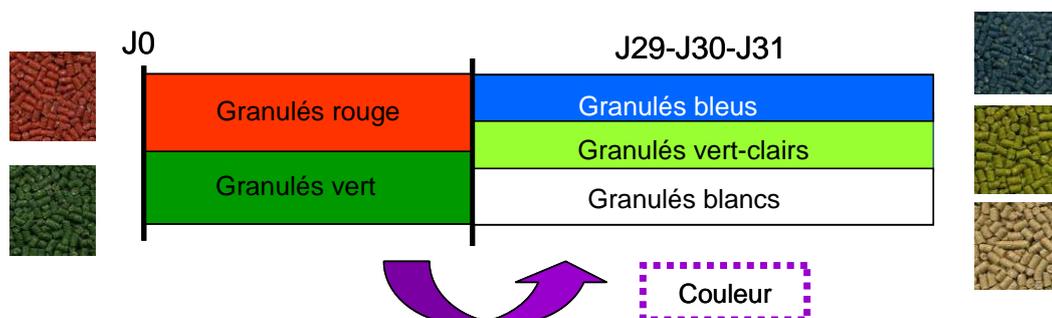
Les dindonneaux sont ainsi sensibles à des variations de couleur de l'aliment et réagissent différemment selon l'aliment précédent reçu. Les aliments blanc et rouge sont plus facilement consommés à court terme que les aliments bleu et noir, les autres étant intermédiaires. Le contraste de couleur (ici entre le vert ou le rouge et une autre couleur) lors de la transition est de ce fait important à considérer.

*Cette expérience permet de dégager, pour la troisième expérience, des couleurs induisant des comportements contrastés : le bleu, le vert pomme et le blanc, avec pour couleur initiale, le vert ou le rouge.*

- Afin de vérifier l'absence d'effet d'un éventuel goût de ces trois colorants (bleu, vert pomme, blanc, vert et rouge), une autre expérience préliminaire a été réalisée. Les colorants ont été dilués dans l'eau de boisson (0,04%) placée dans des pipettes opaques. Les consommations individuelles d'aliment et d'eau de 36 animaux ont été mesurées de J18 à J24. Les quantités d'aliment consommées ont été similaires, quelle que soit la solution d'eau proposée et les consommations de ces solutions colorées sont également identiques.

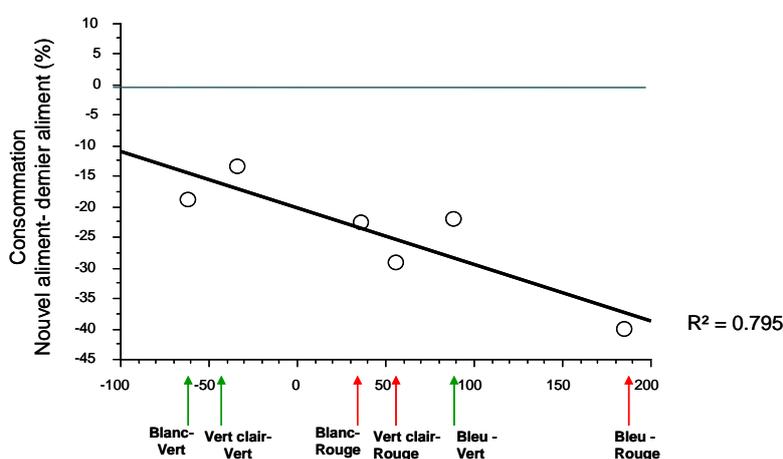
*Cette étude préliminaire a donc permis de valider l'absence d'effet du goût des colorants sur la consommation des dindonneaux avec la concentration utilisée.*

- Dans une troisième expérience, 144 dindonneaux ont été répartis en six groupes ayant reçu **un aliment rouge ou un aliment vert** jusqu'à J28. De J29 à J31 et trois fois par jour, ils ont reçu, après une période nocturne de 2h, pendant 5 minutes un des **3 nouveaux aliments colorés (bleu, vert clair ou blanc)**. La consommation de chacun des nouveaux aliments a été calculée en fonction de la consommation 5 minutes de l'aliment familier à J28.



Quel que soit le nouvel aliment coloré, la consommation des animaux des 2 groupes diminue au moment du changement d'aliment. Cependant, les résultats montrent **une réaction plus ou moins importante selon la couleur de l'aliment reçu avant la transition**, avec globalement une diminution de la consommation supérieure pour les animaux nourris précédemment avec l'aliment rouge.

**La baisse de consommation peut s'expliquer par l'écart de Hs** (teinte pondérée par la saturation) entre les deux aliments ( $R^2 = 0,8$ ). Une augmentation de la valeur de la teinte (du rouge vers le vert puis bleu) entraîne une réduction linéaire de la consommation.



$\Delta Hs : Hs \text{ aliment nouveau} - Hs \text{ aliment familier}$

*Variation de consommation au moment de la transition alimentaire en fonction de l'écart de Hs entre les deux aliments*

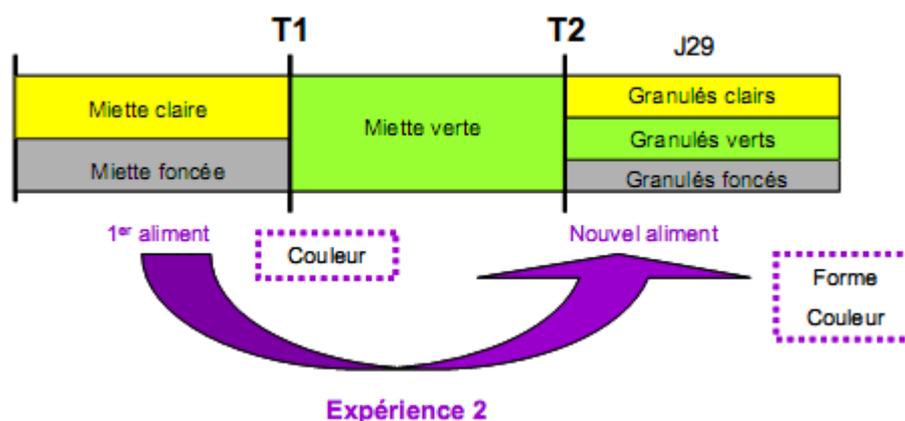
*Cette troisième expérience a mis en évidence un effet du contraste de couleur, mesurée à l'aide de la teinte Hs, sur les réactions des dindonneaux lors d'une transition.*

#### 4) Impact de l'expérience alimentaire sur les transitions

Nous avons vu précédemment qu'un contraste de couleur induit une diminution de consommation chez les dindonneaux. Il s'agit d'étudier maintenant si l'expérience alimentaire peut réduire la néophobie vis-à-vis de nouveaux aliments.

- L'expérience alimentaire lointaine

La deuxième expérience a permis de mettre en évidence l'impact **du 1<sup>er</sup> aliment reçu** sur les transitions ultérieures. L'objectif était de déterminer s'il est possible de réduire la néophobie envers un nouvel aliment en habituant les dindonneaux dès l'éclosion, à une coloration donnée de l'aliment.



Les animaux ont reçu durant les 2 premières semaines de vie, une miette claire (MC) ou foncée (MF) puis une miette verte de J16 à J29. Lors de la deuxième transition à J30, les animaux ont reçu un aliment sous forme de granulé d'une des trois couleurs (claire, verte ou foncée).

Les dindonneaux recevant un aliment de même couleur que celle connue lors des deux premières semaines de vie n'ont pas consommé plus que les oiseaux découvrant une nouvelle couleur.

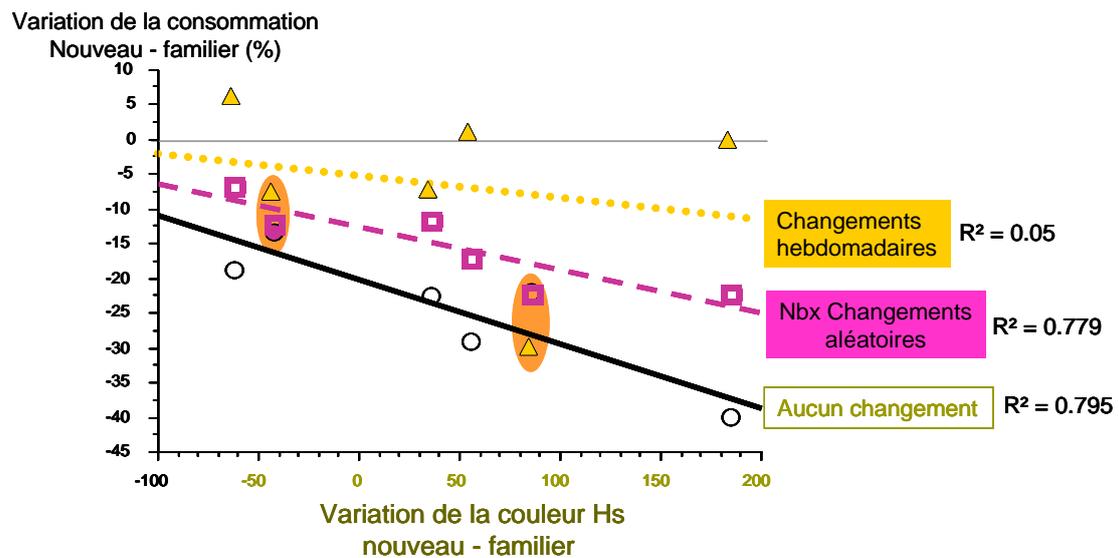
*Ainsi, dans les conditions testées, l'expérience visuelle précoce n'a pas réduit la néophobie lors d'une transition alimentaire. Toutefois, le changement de forme conjointe à la modification de couleur, a peut-être gêné l'identification de l'aliment.*

- L'expérience alimentaire proche

La troisième expérience a permis de montrer l'effet de trois types différents d'expériences alimentaires sur les transitions ultérieures :

- **sans changements** : les dindonneaux ont reçu un seul des deux aliments (rouge ou vert) pendant 4 semaines.
- **avec peu de changements et de longues expositions** aux aliments familiers : les animaux ont reçu l'aliment rouge et l'aliment vert en alternance 1semaine/1semaine pendant 4 semaines.
- **avec de nombreux changements et de courtes expositions** aux aliments familiers : les dindonneaux ont reçu l'aliment rouge et vert successivement de façon aléatoire d'un jour à l'autre pendant 4 semaines.

Les dindonneaux ont reçu ensuite les 3 nouveaux aliments colorés (bleu, vert clair ou blanc).



L'expérience alimentaire a permis de manière générale **une amélioration de la consommation lors d'un changement d'aliment**. L'expérience alimentaire précoce **avec de longues expositions aux aliments et peu d'alternance a été plus efficace** pour réduire la néophobie chez la dinde qu'une expérience avec de rapides alternances. De longues expositions peuvent en effet permettre à l'animal de mémoriser plus facilement les caractéristiques des aliments.

Cependant, **l'effet de l'expérience alimentaire précoce variée n'a pas été observé dans l'ensemble des transitions effectuées**. Pour le passage de l'aliment vert au bleu ou vert clair (cf. **zone orangee** sur le graphe), l'identification entre l'aliment précédent et le nouvel aliment n'est pas améliorée avec l'expérience. Ceci peut peut-être s'expliquer par l'aspect des aliments assez proche (contraste de  $a^*$  très faible entre vert/bleu et vert/vert pomme) induisant une discrimination difficile. Ceci suggère que la mesure de Hs (ou Ts) n'est dans ce cas pas suffisante pour prédire le comportement des dindonneaux.

*L'expérience alimentaire précoce la plus efficace pour réduire la néophobie chez la dinde est celle qui comporte de longues expositions aux aliments avec peu d'alternance comparée à des alternances fréquentes. De longues expositions peuvent en effet permettre à l'animal de mémoriser plus facilement les caractéristiques des aliments. Cependant, cet effet de l'expérience ne semble être observé qu'à condition que le contraste de couleur entre l'aliment reçu avant le changement et le nouvel aliment soit élevé.*

## 5) Changement de rigidité des particules

- Les quatrième et cinquième expériences ont permis d'étudier le comportement alimentaire de 144 dindonneaux placés en cages individuelles en mesurant la consommation à court terme (5mn) **pour un passage d'un aliment tendre à plus ou moins rigide**. Jusqu'à 21 jours (29 j pour l'exp. 5) puis entre chaque transition, les animaux ont été nourris avec un aliment granulé tendre (témoin). Les 3 jours suivants et deux fois par jour, ils ont reçu, après une

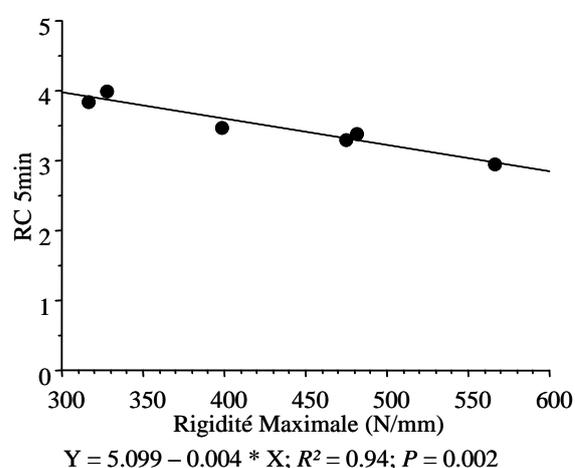
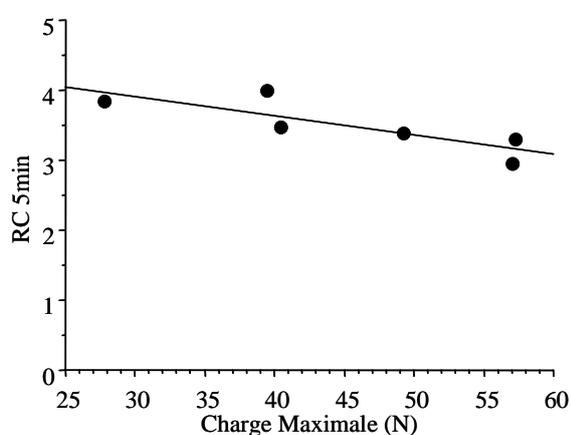
période d'obscurité de 2h, pendant 5 minutes un nouvel aliment de même taille mais plus ou moins dur que le témoin.

Pour l'expérience 4, les variations de dureté des six aliments expérimentaux ont été obtenues en incorporant de l'huile (2.5 ou 5 %), de l'eau (0 ou 2.5%) ou de l'amidon (0 ou 5%) et en effectuant une simple ou une double granulation.

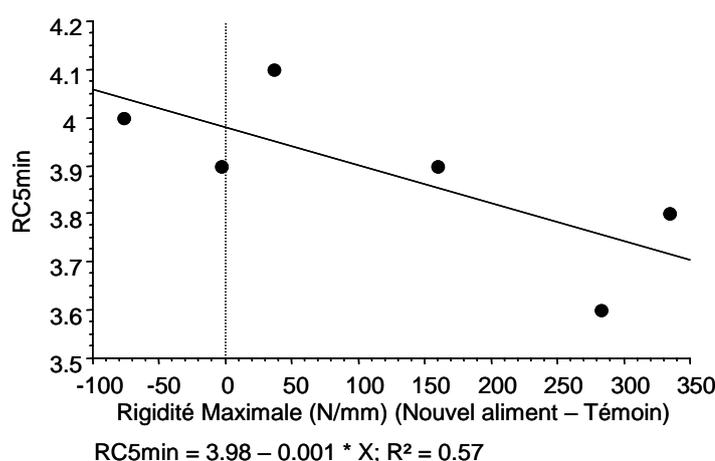
Pour l'expérience 5, les variations de dureté des six aliments expérimentaux ont été obtenues en incorporant de l'huile (0 ou 2.5 ou 5 %), de l'eau (0 ou 2.5%) ou de la glycérine (0 ou 3%).

Très peu de variations ont été observées entre les nouveaux aliments sur les valeurs moyennes de longueur, de masse volumique apparente et de teinte Hs. Un test de compression a permis d'exprimer la charge maximale en N nécessaire pour rompre un granulé (dureté) et le maximum de pente en N/mm (rigidité).

La réaction des animaux face au nouvel aliment est exprimée par le pourcentage de consommation (5mn) sur la consommation totale de la période (95mn). Chacun des dindonneaux recevant chacun des aliments, un rang de consommation (RC5mn) a été établi pour chaque aliment (1 : moins consommé à 6 : plus consommé).



**Expérience 4**



**Expérience 5**

Lors des différentes transitions alimentaires et pour les deux expériences, les dindonneaux ont mieux consommé les aliments de faibles dureté et rigidité. La consommation à court terme est corrélée négativement à la dureté, respectivement selon les expériences ( $R^2 = 0,69$  et  $0,35$ ) et

encore mieux à la rigidité ( $R^2 = 0,94$  et  $0,57$ ). Dans le cas d'un passage d'un aliment tendre à plus dur, la consommation a été plus importante pour les aliments les moins rigides, c'est-à-dire les plus proches de ce que connaissent les dindonneaux.

### JRA2011 Laviron

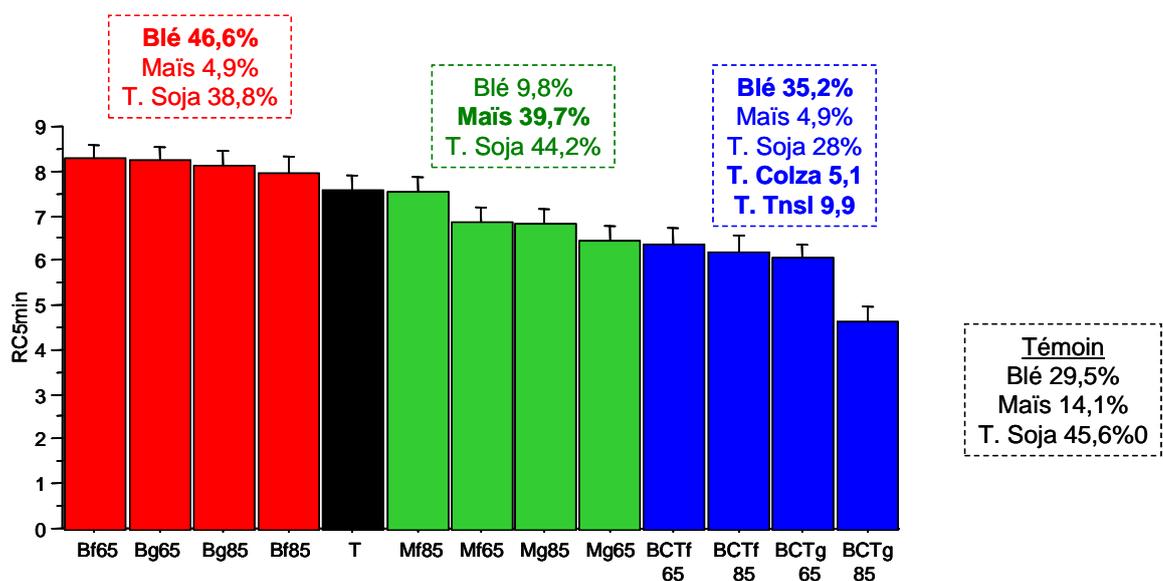
*Les caractéristiques mécaniques de l'aliment, comme la rigidité, peuvent être prises en compte pour expliquer la réaction des volailles face à un nouvel aliment. Diminuer les contrastes de rigidité entre l'aliment connu et le nouvel aliment pourrait faciliter l'adaptation à court terme des dindonneaux aux changements d'aliment en condition d'élevage.*

## 6) Effets de la formulation, du broyage et de la température de granulation

Une sixième expérience a permis de déterminer l'impact, sur la consommation, de la présentation de nouveaux aliments variant par **leur formulation, la finesse de broyage des matières premières et la température de granulation**, de manière à provoquer des variations de couleur, texture et rigidité.

Un aliment témoin (base blé-maïs) et douze aliments expérimentaux ont été fabriqués en utilisant 3 formules alimentaires (base blé et tourteau de soja (B), base maïs et tourteau de soja (M) et base blé et tourteaux de soja-colza-tournesol (BCT)), 2 granulométries (fine « f » et grossière « g ») et 2 températures de granulation (65 et 85°C). Tous les aliments sont granulés et ont la même taille (diamètre et longueur). Jusqu'à 21 jours, les animaux ont été nourris avec l'aliment témoin. A 21 jours et les 12 jours suivants, ils ont reçu, après une période nocturne de 2h, un nouvel aliment pendant 5 minutes puis l'aliment témoin pendant 2h.

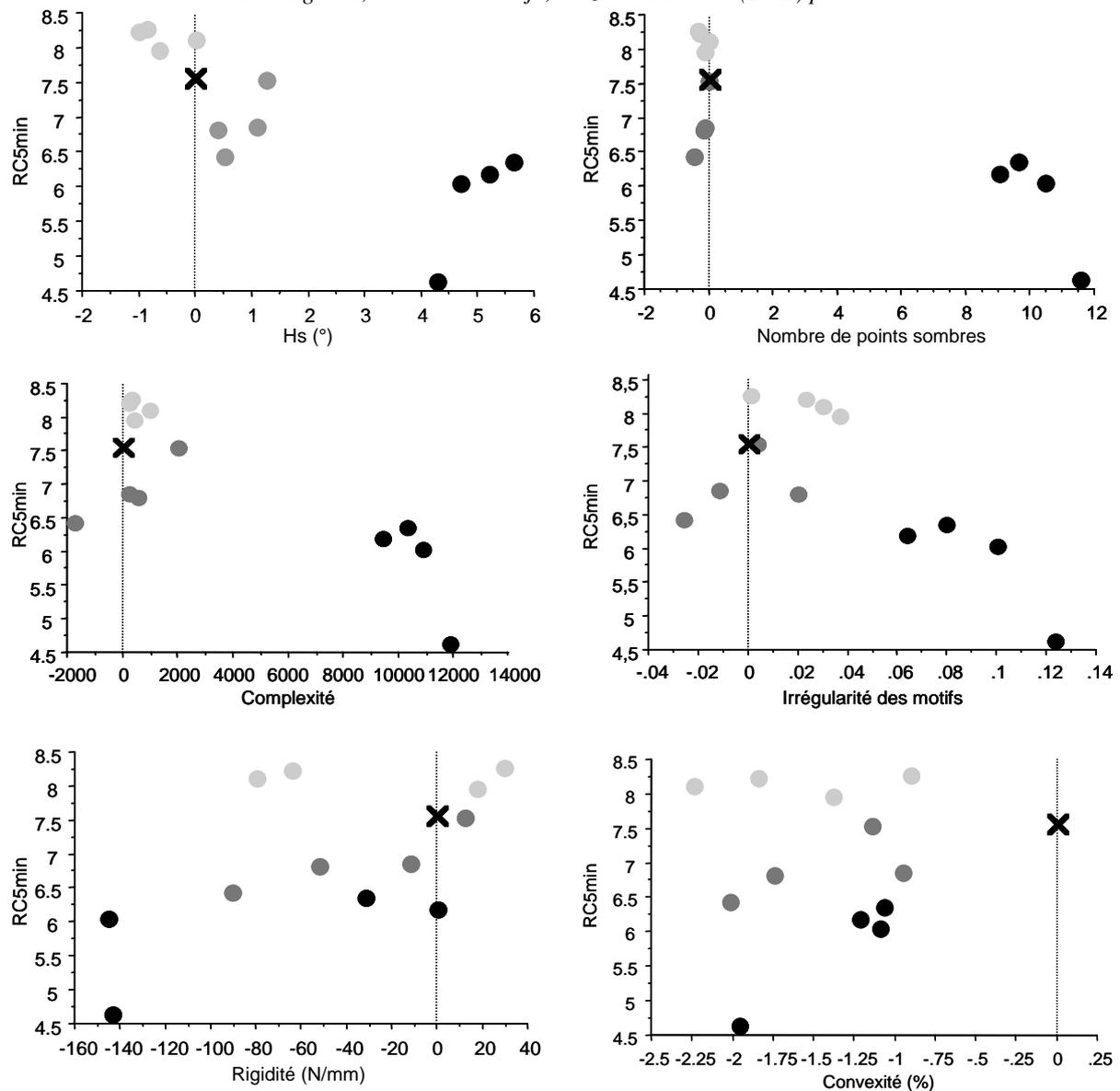
**La formulation** a un effet significatif sur toutes les caractéristiques **de couleur et de texture** ainsi que sur **la rigidité**. **La finesse du broyage** a un effet significatif sur **la rigidité et la saturation**.



*Rang de consommation 5min (du moins au plus consommé) en fonction des aliments*

La réaction des animaux face au nouvel aliment est exprimée par le pourcentage de consommation (5 mn) sur la consommation totale de la période (95 mn). Un rang de consommation (RFI5mn) a été établi pour chaque aliment (1 : moins consommé à 12 : plus consommé).

L'aliment témoin (T) est représenté par ✕, les aliments à base de blé (B) par ●, de maïs (M) par ●, et d'un mélange blé, tourteaux de soja, colza et tournesol (BCT) par ●



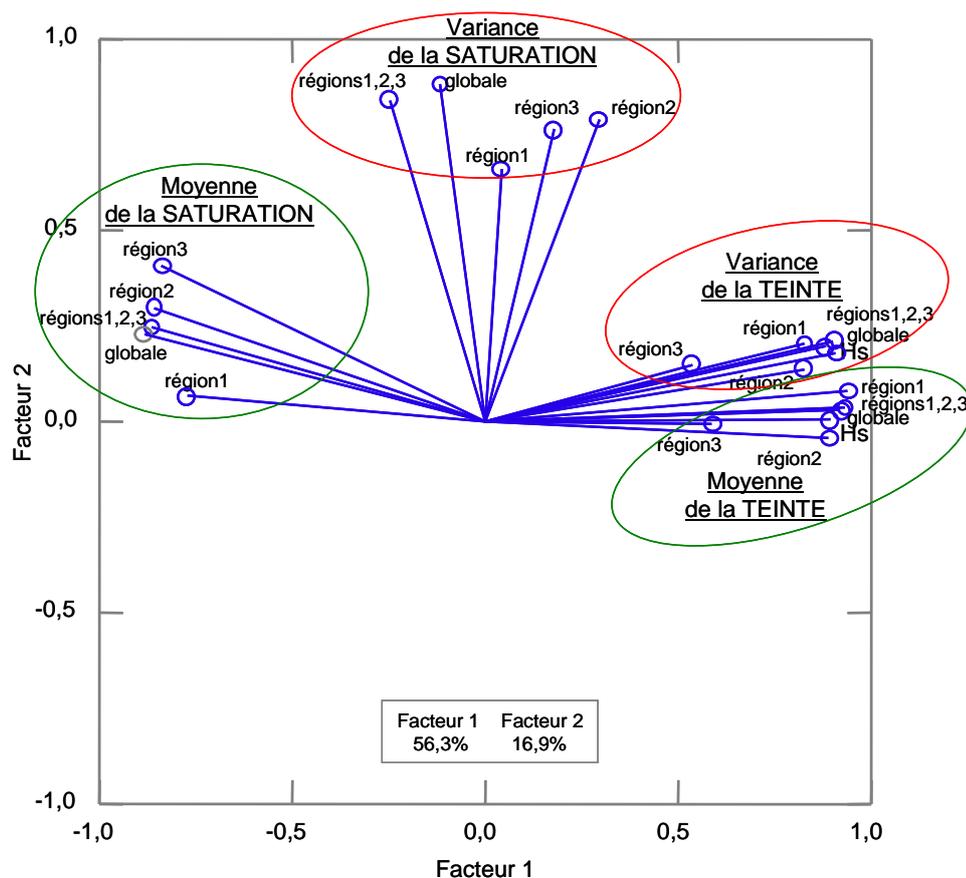
### ***Rang de consommation 5min (RC5min) en fonction de la variation des caractéristiques physiques des aliments (en différence à l'aliment T)***

La réaction des animaux est différente selon les aliments, avec un effet important de la formule (B<M<BCT) et secondairement de la granulométrie (fine<grossière). La température de granulation n'a, quant à elle, pas modifié la réaction des dindonneaux (mais interagit en fonction du type de formulation). Dans les conditions pratiquées, **les contrastes de teinte Hs et de texture, mesurées par analyse d'images, et de rigidité mesurée par compression permettent d'expliquer la réaction des animaux.** Lorsque la teinte des aliments est plus proche du rouge que celle du témoin, la réaction n'est pas modifiée et les variations de rigidité

n'ont pas d'impact. En revanche, lorsque la teinte (plus proche du vert) et la texture sont modifiées, la réaction est plus importante et la rigidité des particules est prise en compte par les dindonneaux.

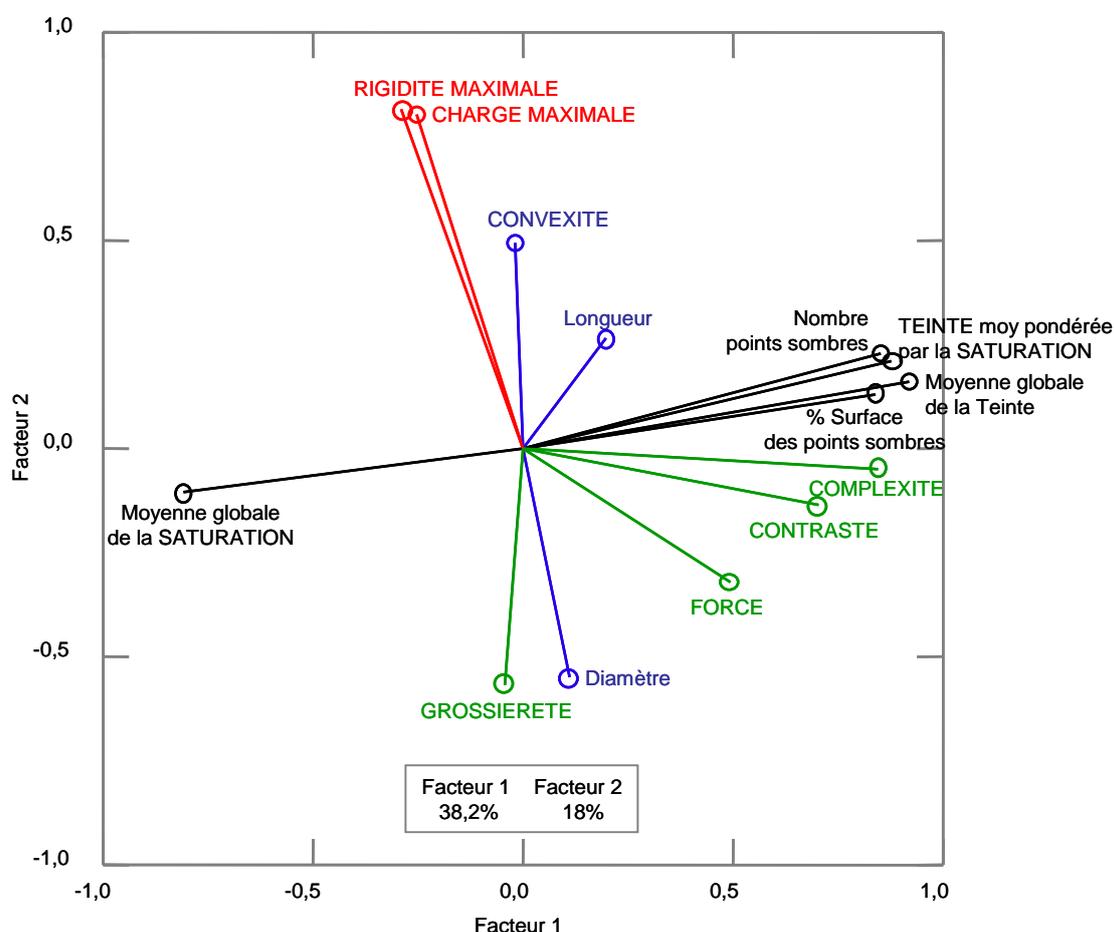
Des Analyses à Composantes Principales (ACP) ont permis d'explicitier les relations entre les différents descripteurs sur la base des 13 aliments de cette expérience.

**Une première ACP présente la distribution des variables de couleur** (moyenne et variance de la TEINTE et de la SATURATION) par région isolée (1-clair, 2-intermédiaire et 3-sombre), par regroupement des 3 régions et pour l'image globale (3 régions).



Les deux premiers axes expliquent 73,2% de la variance. L'ensemble des descripteurs de TEINTE (moyenne et variance) sont regroupés autour de l'axe 1 et s'opposent à la moyenne de la SATURATION. Tous ces indicateurs apportent ainsi sensiblement le même type d'information. Les variances des descripteurs de SATURATION sont en revanche orthogonales à l'axe 1 et apparaissent donc complémentaires des autres descripteurs.

**La deuxième ACP présente la distribution des variables rhéologiques** (charge maximale et Rigidité maximale), **des variables de couleur** (Teinte moyenne globale, Saturation moyenne globale et la Teinte pondérée par la saturation Hs ; Nombre et % de surface de points sombres), **des variables de forme** (longueur, diamètre, convexité) et **des variables de texture** (grossièreté, complexité, contraste, force).



Les deux premiers axes expliquent 56,2% de la variance et le 3<sup>ème</sup>, 10,5%. Comme précédemment, les descripteurs de TEINTE sont regroupés autour de l'axe 1 et s'opposent à la moyenne de la SATURATION. Les critères rhéologiques (rigidité, charge) sont bien représentés sur l'axe 2 et sont opposés au diamètre des granulés et à la grossièreté. Les autres indicateurs de texture et notamment la force, sont situés entre les 2 axes. Il est conclu que les descripteurs rhéologiques, de couleur et de texture permettent donc de décrire les aliments de manière pertinente.

*En conclusion, il est possible de réduire les problèmes de néophobie en prenant en compte, pour des aliments de même taille, les contrastes entre le nouvel aliment et l'aliment connu, en s'appuyant sur les descripteurs de teinte et de texture obtenus par analyse d'images et sur la rigidité. Ces caractéristiques sont modifiées à la fois par la formulation de l'aliment et par la granulométrie.*

## Conclusion

Les nouveaux descripteurs envisagés obtenus à l'aide de l'analyse d'image (couleur, texture) et rhéologiques sont pertinents car ils permettent d'expliquer la réaction des dindonneaux face à un nouvel aliment. Les valeurs obtenues dépendent principalement de la formulation de l'aliment et de la finesse du broyage.

Les dindonneaux réagissent en fonction du contraste entre les caractéristiques du nouvel aliment et celles de l'aliment qui était connu, tout d'abord visuelles puis tactiles. La réaction est fonction du degré du contraste, l'expérience alimentaire étant capable de réduire, voire même d'annuler ces effets.

Deux solutions peuvent ainsi être envisagées pour réduire la néophobie des volailles :

**Réduire les contrastes en assurant une *continuité sensorielle* aux volailles**

**OU**

**Augmenter la *diversité* en distribuant des aliments aux caractéristiques sensorielles variées**

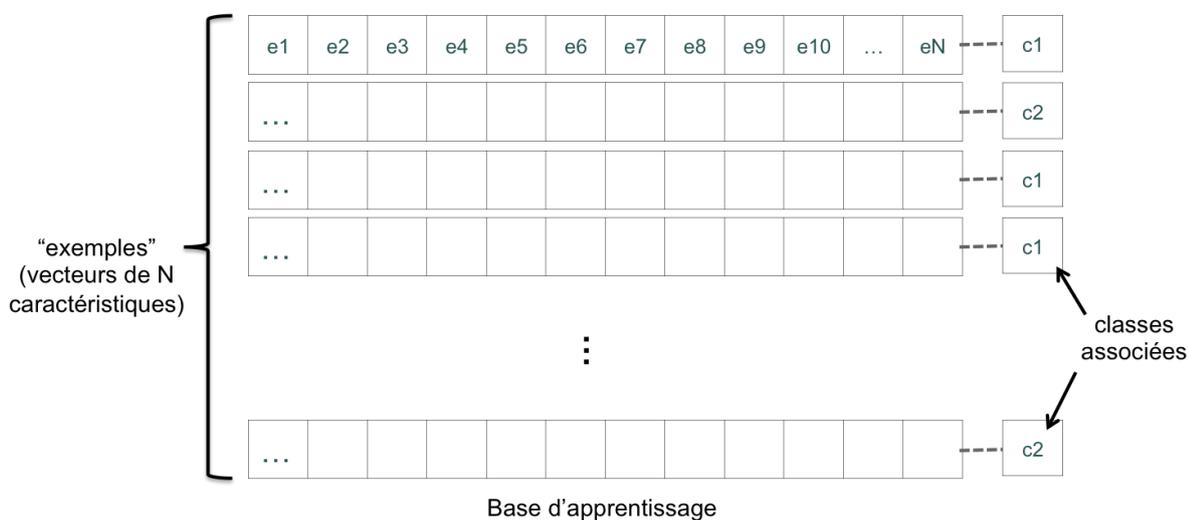
## IV) Prédiction du comportement alimentaire par l'analyse d'image et les mesures rhéologiques

L'objectif est de **concevoir un outil capable de prédire le comportement des volailles** au moment d'une transition alimentaire avec des aliments dont **les caractéristiques visuelles et tactiles sont connues**. Pour cela, nous proposons une méthode de **classification supervisée** qui permet d'établir des liens entre les caractéristiques mesurées et la classe de comportement alimentaire observé.

### 1) Processus de classification

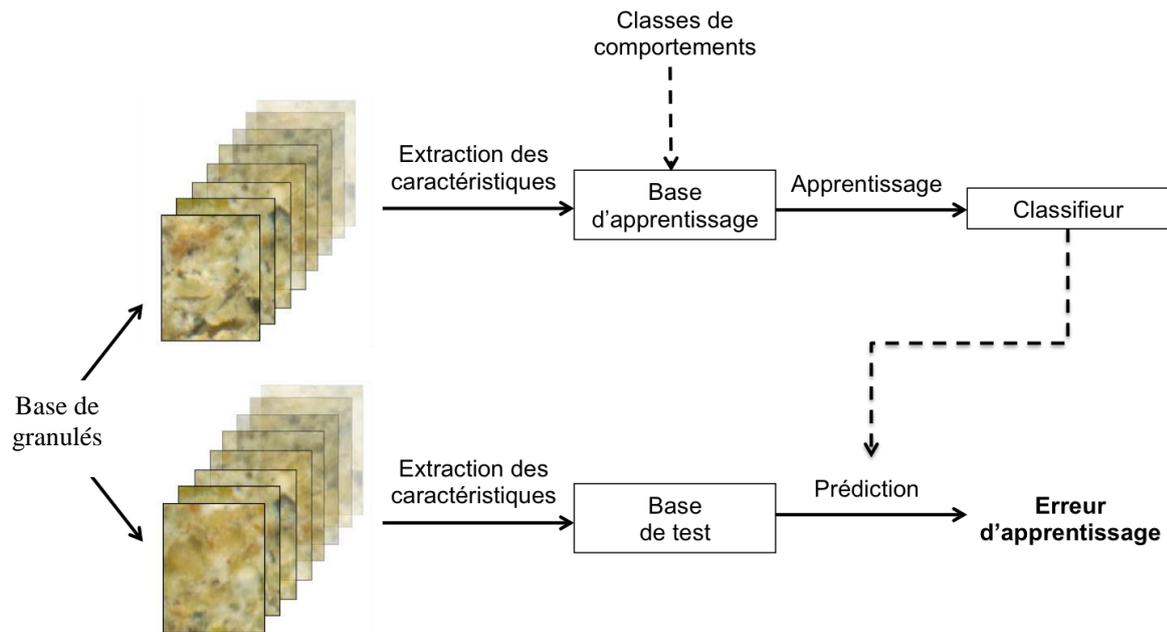
Le processus de classification supervisée se déroule comme suit :

1. **Généralisation d'une fonction sur une base d'apprentissage** : on apprend la relation qui existe entre des "exemples" et les classes associées qui ont été observées. Les exemples sont des vecteurs de caractéristiques et les classes sont des valeurs discrètes. La fonction ainsi apprise est appelée "classifieur" (voir figure ci-dessous).
2. **Mesure de la capacité de généralisation du classifieur sur une base de test** : on prédit la classe d'exemples qui est connue mais volontairement masquée. La comparaison entre les classes prédites et les classes observées donne un taux d'erreur d'apprentissage. Cette erreur d'apprentissage donne un indice de la capacité du classifieur à prédire la classe de données non connues.



Une base d'apprentissage est constituée d'exemples dont la classe est connue. Il s'agit d'apprendre la fonction reliant les exemples aux classes afin de pouvoir prédire la classe de nouveaux exemples.

Pour cette application, les exemples qui représentent les transitions sont des vecteurs de caractéristiques visuelles et rhéologiques. La classe associée à une transition est le type de comportement observé sur le terrain (sensible-, non sensible, sensible+ par ex.). La figure présentée ci-après schématise le principe de la classification supervisée des aliments.



**Principe de la classification supervisée des aliments industriels.**

Notre choix d’algorithme de classification s’est porté sur les séparateurs à vastes marges (SVM) en raison de leur pouvoir d’ajustement aux données et de leur capacité de généralisation.

*(Lien avec thèse de Rabie Hachemi)*

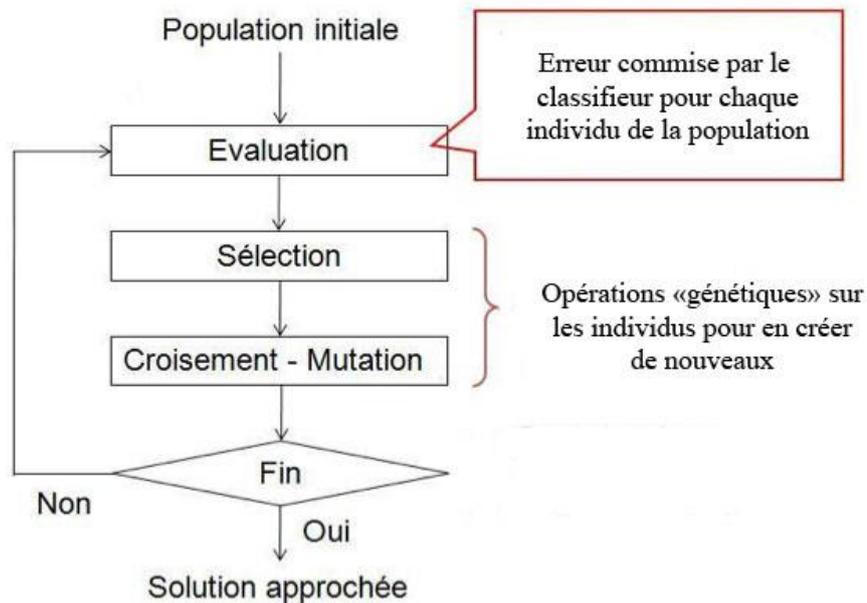
## 2) Sélection des caractéristiques

L’erreur d’apprentissage doit être minimisée au mieux, et pour ce faire, les exemples doivent être représentés par les caractéristiques qui discriminent le plus les aliments entre les classes de comportement. La sélection du sous-ensemble de caractéristiques optimal parmi toutes les caractéristiques disponibles est un problème d’optimisation. Pour ce type de problème, il n’existe pas de solution analytique, ni de méthode exacte pour obtenir la solution en un temps raisonnable. Pour explorer l’espace de solutions (tous les sous-ensembles de caractéristiques possibles), nous avons adopté la stratégie des algorithmes génétiques. Un algorithme génétique approche la solution optimale d’un problème donné en utilisant des techniques inspirées de la théorie de l’évolution.

L’algorithme commence par considérer un sous-ensemble de l’espace de solutions, appelé population initiale. La population initiale est constituée de sous-ensembles de caractéristiques aléatoirement générés, nommés individus. Les individus sont tour à tour évalués puis une nouvelle population est produite par des opérations de sélection, de croisement et de mutation sur les individus. On converge vers une solution optimale par populations successives (voir figure ci-après).

La sélection de caractéristiques ainsi obtenue est celle qui minimise l’erreur d’apprentissage et donc, qui donne le classifieur avec la meilleure capacité de généralisation aux données. Parmi l’ensemble des caractéristiques disponibles, cette sélection est celle qui permet de

discriminer le mieux les transitions entre les classes de comportement et donc la plus pertinente pour expliquer le comportement alimentaire face aux transitions.



Principe de l’algorithme génétique

### 3) Résultats

Deux bases de données ont été utilisées : une relevant de l’expérience 6 (Effets de la formulation, du broyage et de la température de granulation) et l’autre, de mesures réalisées sur le terrain (poulets de chair).

#### Expérience 6 : Effets de la formulation, du broyage et de la température de granulation

- 12 transitions alimentaires
- 31 exemples par transition
- 62 caractéristiques pour représenter chaque exemple
- 3 classes de comportement :
  - Non sensible (5 transitions / aliments B et Mf85)
  - Sensible - (6 transitions / aliments M sauf Mf85 et BCT sauf BCTg85)
  - Sensible -- (une transition / BCTg85)
- Algorithme génétique :
  - 100 individus dans la population initiale
  - 25 populations successives

Individus (caractéristiques) sélectionnés par l’algorithme génétique :

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Moyenne de la Teinte (région claire)</li> <li>- Moyenne et variance de la Saturation (région claire)</li> <li>- Moyenne de la Saturation (région intermédiaire)</li> <li>- Moyenne de la Saturation (région sombre)</li> </ul> |
|---|

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| - | Variance de la Teinte (image entière) |
| - | Surface de la région claire           |
| - | Surface de la région sombre           |
| - | Contraste de la texture               |
| - | Force de la texture                   |

Classes

1 : conso - -

2 : conso -

3 : conso =

Transition	Classe réelle	Classe prédite	Exemples classés 1	Exemples classés 2	Exemples classés 3
1	3	3	0	0	31
2	3	3	0	0	31
3	3	3	0	0	31
4	3	3	0	5	26
5	2	2	0	31	0
6	2	2	0	29	2
7	2	2	0	26	5
8	1	1	22	9	0
9	2	2	0	27	4
10	3	2	0	29	2
11	2	2	0	31	0
12	2	2	0	30	1

Erreur : 1 / 12

**Erreur d'apprentissage obtenue pour l'individu sélectionné**  
**La classe prédite est attribuée par vote majoritaire sur les exemples**

La capacité de généralisation du classifieur obtenu est bonne puisqu'une seule transition sur douze est mal classée sur la base de test (8,33 % d'erreur).

Seules des caractéristiques visuelles ont été retenues par l'algorithme génétique. Ceci peut s'expliquer par le fait que des aliments situés dans une même classe comportementale présentent des duretés très différentes. De plus, il est difficile de caractériser correctement la dureté d'un aliment avec moins de 100 mesures alors que les prises d'image portent sur 40 granulés (dans le cas présent, chaque granulé scanné était caractérisé en terme de dureté).

### Transitions observées sur le terrain (poulets) :

- 18 transitions alimentaires
- 31 exemples par transition
- 62 caractéristiques pour représenter chaque exemple
- 2 classes de comportement : non sensible (10 transitions) et sensible (8 transitions)
- Algorithme génétique :
  - 100 individus dans la population initiale
  - 25 populations successives

Individus (caractéristiques) sélectionnés par l'algorithme génétique :

- Moyenne et variance de la Teinte (région claire)
- Moyenne et variance de la Saturation (région claire)
- Moyenne et variance de la Saturation (région intermédiaire)
- Moyenne de la Teinte (région sombre)
- Moyenne de la Saturation (image entière)
- Variance de la Teinte pondérée par la Saturation (image entière)
- Surface de la région claire
- Surface des particules noires
- Contraste de la texture
- Complexité de la texture
- Force de la texture
- Convexité de la forme

Classes  
1 : picorage ++  
2 : picorage =

Transition	Classe réelle	Classe prédite	Exemples classés 1	Exemples classés 2
1	2	2	3	28
2	2	2	1	30
3	2	2	0	31
4	2	1	16	15
5	2	2	14	17
6	1	1	31	0
7	1	1	26	5
8	1	1	26	5
9	2	1	19	12
10	1	2	8	23
11	1	1	27	4
12	2	1	28	3
13	2	2	9	22
14	2	2	8	23
15	1	2	9	22
16	2	2	10	21
17	1	2	1	30
18	1	2	11	20

Erreur : 7 / 18

**Erreur d'apprentissage obtenue pour l'individu sélectionné. La classe prédite est attribuée par vote majoritaire sur les exemples**

Ainsi, seules des caractéristiques visuelles ont été retenues par l'algorithme génétique (aucun tactile). De plus, la capacité de généralisation du classifieur obtenu est faible puisque sept transitions sur dix-huit sont mal classées sur la base de test (38,89 % d'erreur). Dans le cas présent, la fonction apprise par le classifieur n'est pas suffisamment générale pour prédire avec confiance la classe de nouveaux exemples. Alors que l'acquisition des images est toujours réalisée avec le même éclairage, les environnements lumineux variés des élevages doivent modifier la perception des aliments par les volailles.

*En conclusion, la méthode de classification supervisée mise en œuvre paraît prometteuse. Elle permet de prédire le comportement des volailles en situation de transition alimentaire, à partir des caractéristiques visuelles et tactiles des aliments. Sa mise en œuvre nécessite toutefois une connaissance de l'environnement lumineux des volailles. Il sera nécessaire par la suite de mettre en place une procédure de « correction » de l'image en fonction de cet environnement.*



## V) La plate-forme VISAVI

### 1) Objectif

L'objectif de l'application développée est double :

- **Permettre aux utilisateurs d'acquérir simplement les descripteurs visuels retenus.** Les concepts et les méthodes d'analyse d'image utilisés pour caractériser visuellement les aliments ne sont pas facilement accessibles pour des personnes extérieures à ce domaine. La plateforme doit permettre aux utilisateurs d'extraire des caractéristiques visuelles à partir d'images d'aliments.
- **Autoriser l'ajout futur de nouveaux descripteurs visuels.** L'application doit être capable d'intégrer de nouvelles méthodes d'extraction de caractéristiques visuelles.

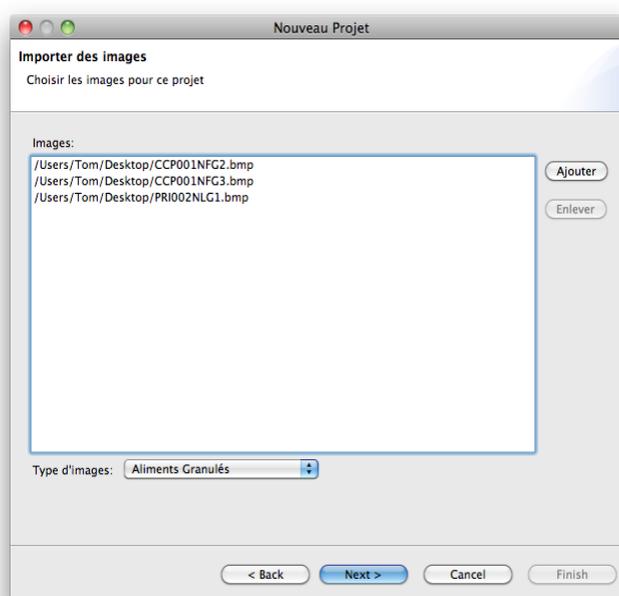
### 2) Fonctionnalités

Pour répondre à cet objectif, les fonctionnalités suivantes ont été implémentées :

- **Support de fichiers de type image en entrée (JPEG, BMP, TIFF)**
- **Extraction de caractéristiques visuelles à partir d'images d'aliment**
- **Visualisation des résultats et des images de granulés**
- **Ajouts possibles de nouvelles extensions logicielles**

Différentes contraintes ont été prises en compte pour la conception du logiciel :

1. **L'interaction homme-machine est adaptée au contexte d'utilisation.** L'interface de l'application est conçue pour être facilement utilisable par les utilisateurs potentiels. Ainsi, l'utilisation de l'application ne nécessite pas de connaissances élargies en informatique ou en analyse d'image et peut être prise en main rapidement grâce à une interface graphique efficace. Par exemple, un assistant guide l'utilisateur pendant tout le processus d'extraction des caractéristiques (voir ci-dessous).

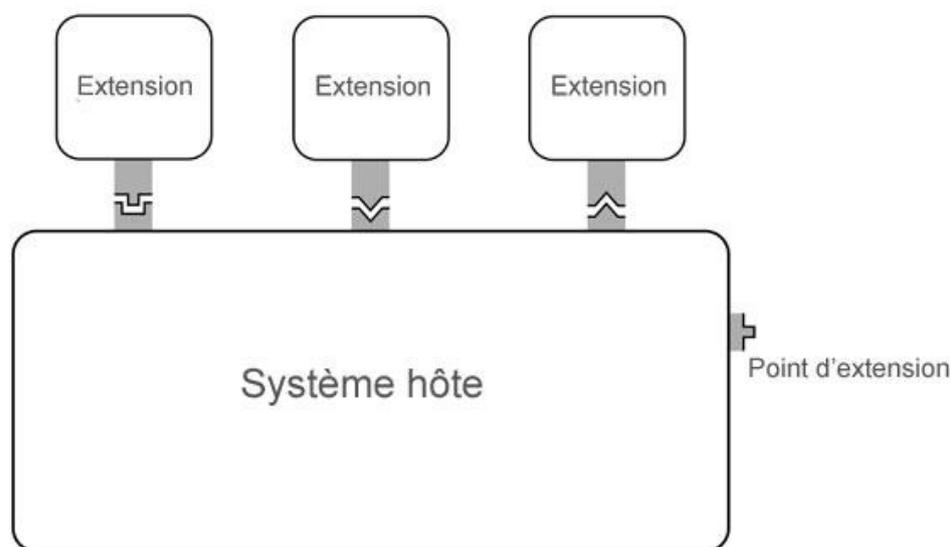


**Vue de l'assistant guidant l'utilisateur pour l'extraction de caractéristiques visuelles**

2. **L'application est extensible** : elle doit permettre l'intégration de parties non encore anticipées après livraison (de nouveaux descripteurs par exemple). L'architecture de l'application doit donc permettre son évolution future. Une telle structure favorise la durée de vie du système car il peut être maintenu et enrichi facilement par d'autres développeurs.

Pour satisfaire cette contrainte d'extensibilité, la solution retenue est une architecture à base de plug-ins. Un plug-in, ou extension, est une portion de code informatique conçu pour intégrer un système hôte. Le système définit des points d'extension où les plug-ins peuvent s'installer.

Un plug-in étend le système car il encapsule une fonctionnalité qui vient enrichir le système.



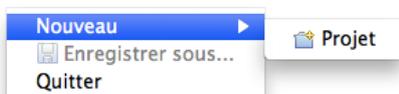
**Exemple d'architecture à base de plug-ins**

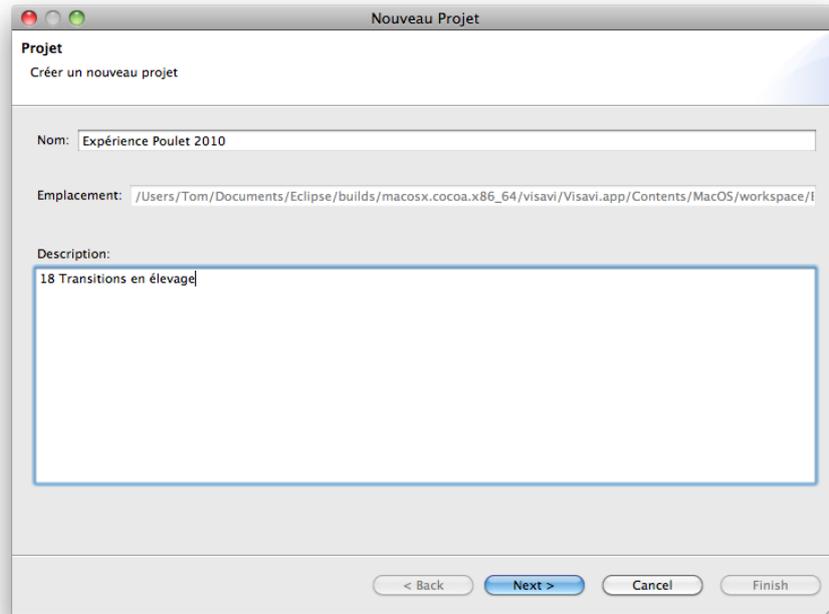
Parmi les avantages d'une telle architecture, citons les suivants :

- Implémentation sous-jacente cachée : intégrité du système hôte
- Modularité : séparation des difficultés, c'est à dire réduction de la complexité
- Application légère : chargement d'un plug-in en mémoire si nécessaire seulement.

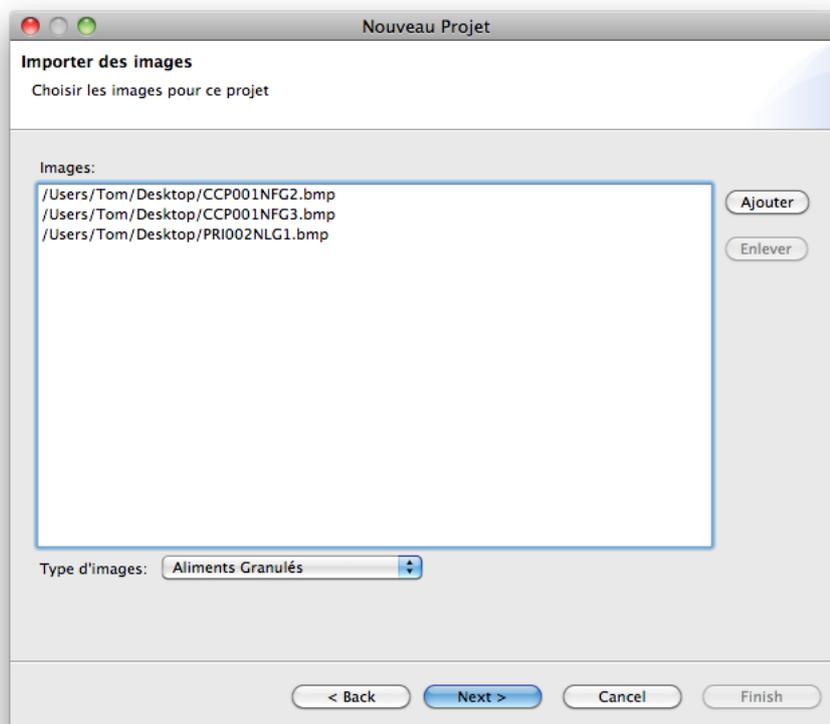
### 3) Utilisation

Cette partie décrit **l'étape de création d'un nouveau projet**. La finalité d'un projet est d'extraire les caractéristiques visuelles d'aliments à partir d'images de ceux-ci. Un assistant guide l'utilisateur pendant toute l'étape de création du projet.

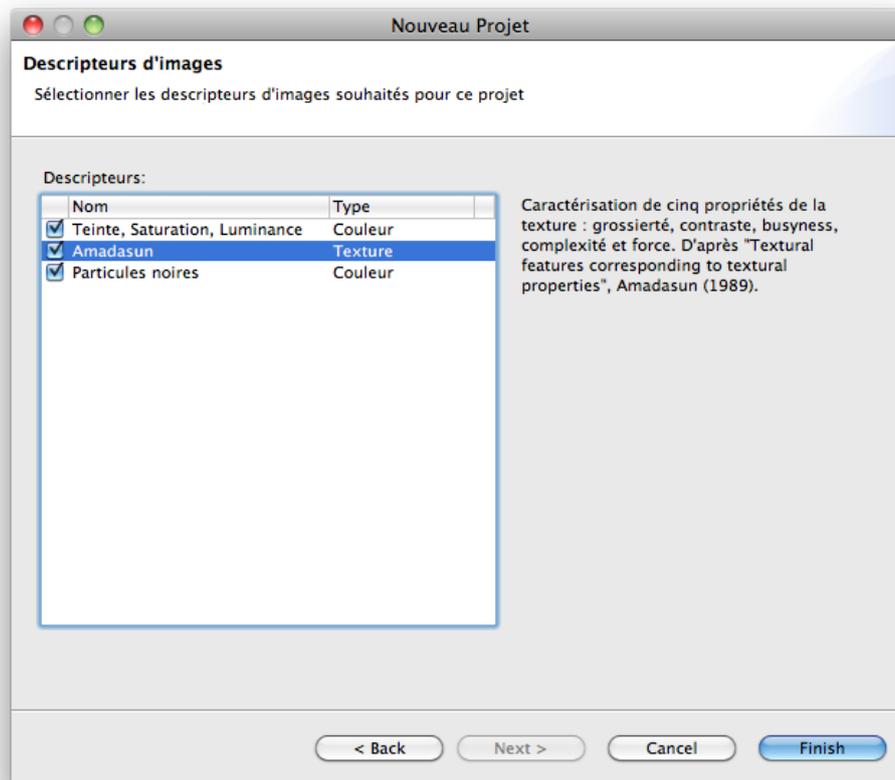




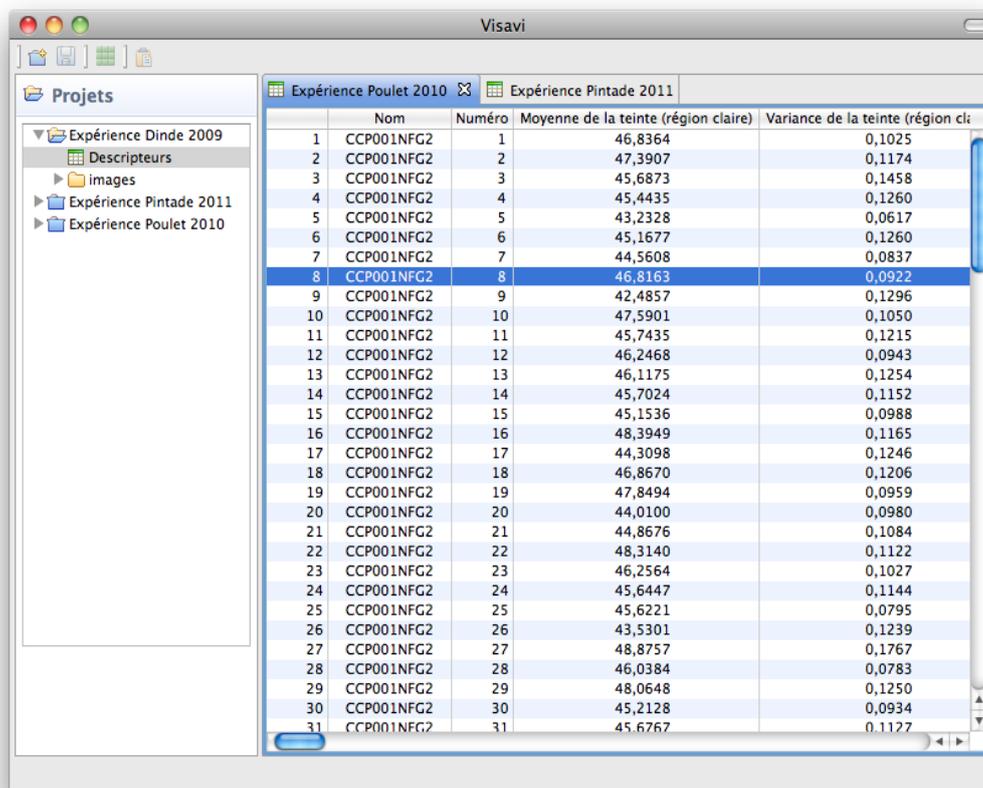
**I : L'utilisateur choisit un nom pour le projet et peut fournir une description**



**II : L'utilisateur choisit les images d'aliment sur lesquels il souhaite travailler.**



**III : L'utilisateur choisit enfin les descripteurs visuels qu'il désire extraire**

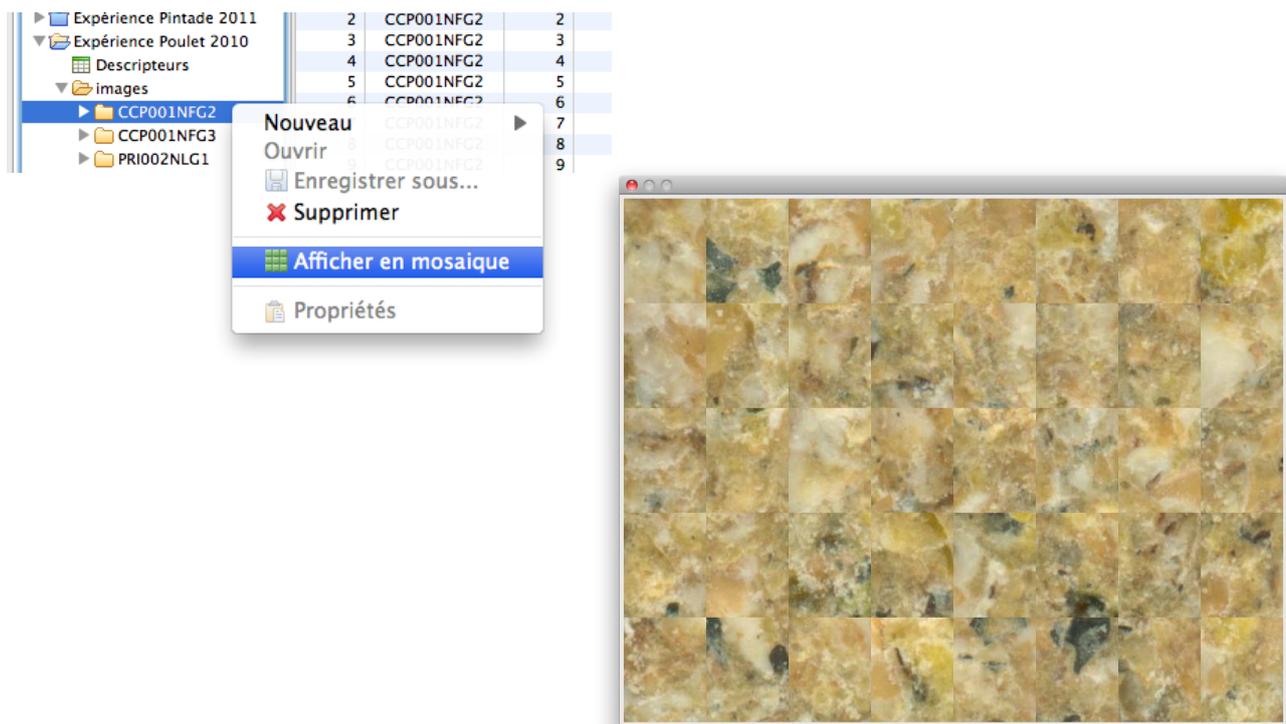


	Nom	Numéro	Moyenne de la teinte (région claire)	Variance de la teinte (région claire)
1	CCP001NFG2	1	46,8364	0,1025
2	CCP001NFG2	2	47,3907	0,1174
3	CCP001NFG2	3	45,6873	0,1458
4	CCP001NFG2	4	45,4435	0,1260
5	CCP001NFG2	5	43,2328	0,0617
6	CCP001NFG2	6	45,1677	0,1260
7	CCP001NFG2	7	44,5608	0,0837
8	CCP001NFG2	8	46,8163	0,0922
9	CCP001NFG2	9	42,4857	0,1296
10	CCP001NFG2	10	47,5901	0,1050
11	CCP001NFG2	11	45,7435	0,1215
12	CCP001NFG2	12	46,2468	0,0943
13	CCP001NFG2	13	46,1175	0,1254
14	CCP001NFG2	14	45,7024	0,1152
15	CCP001NFG2	15	45,1536	0,0988
16	CCP001NFG2	16	48,3949	0,1165
17	CCP001NFG2	17	44,3098	0,1246
18	CCP001NFG2	18	46,8670	0,1206
19	CCP001NFG2	19	47,8494	0,0959
20	CCP001NFG2	20	44,0100	0,0980
21	CCP001NFG2	21	44,8676	0,1084
22	CCP001NFG2	22	48,3140	0,1122
23	CCP001NFG2	23	46,2564	0,1027
24	CCP001NFG2	24	45,6447	0,1144
25	CCP001NFG2	25	45,6221	0,0795
26	CCP001NFG2	26	43,5301	0,1239
27	CCP001NFG2	27	48,8757	0,1767
28	CCP001NFG2	28	46,0384	0,0783
29	CCP001NFG2	29	48,0648	0,1250
30	CCP001NFG2	30	45,2128	0,0934
31	CCP001NFG2	31	45,6767	0,1127

Les caractéristiques sont visualisées dans la fenêtre principale dans un tableau.

L'utilisateur peut naviguer entre les différents projets dans le panneau de

**IV : Visualisation des caractéristiques visuelles**



**Visualisation des images d'aliment analysées**

**V :** Visualisation des images d'aliment



## ***Conclusion***

**Dans la pratique, les volailles reçoivent généralement au fil du temps des aliments souvent agglomérés, adaptés en taille et en composition, à leur stade physiologique, sans que soit considérée la sensorialité de l'aliment. Le projet VISAVI a permis de souligner l'importance des caractéristiques sensorielles des aliments lors de la prise alimentaire chez les volailles et met à disposition de nouveaux outils d'acquisition de données sur les aliments (images, rhéologie). Le travail nécessite maintenant d'être consolidé à l'aide d'une plus large base de données afin de pouvoir établir des recommandations précises. La prise en compte de la sensorialité des aliments et des capacités d'apprentissage des volailles, constitue un challenge ambitieux pour les nutritionnistes pour améliorer la durabilité de la production.**



## ***Publications réalisées dans le cadre du projet***

### 2008

Hachemi R., Loménie N. et N. Vincent (2008) - Visual characterization of poultry feeds: toward an explanation of the feeding behavior. Materials and sensations, oct. 22-24, Pau (France).

### 2009

Bouvarel I. (2009) - Feeding behaviour in turkeys is linked to the physical characteristics of the feed. 3rd Turkey Science and production conference, Macclesfield, UK, apr. 22-24.

Hachemi R., Loménie N. et N. Vincent (2009) - Discriminating poultry feeds by image analysis for the purpose of avoiding importunate poultry behaviors. Image processing, jan. 20-22, San José (USA).

Hachemi R., Loménie N., Lescoat P., Bouvarel I. et N. Vincent (2009) - Caractérisations visuelle des aliments destinés aux volailles. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 25 et 26 mars 2009, pages 206-210.

Lecuelle S., Chagneau A.M., Bouvarel I., Lescoat P. et C. Leterrier (2009) - Comment étudier le comportement alimentaire de dindonneaux au moment des transitions alimentaires. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 25 et 26 mars 2009, pages 143-147.

### 2010

Laviron F., Chagneau A.M., Lecuelle S., Lescoat P., Leterrier C. et I. Bouvarel (2010) - Pellet hardness effects short-term intake during diet change-over in turkeys. XIIIth European Poultry Conference, aug. 24-26, Tours (France).

Lecuelle S., Bouvarel I., Chagneau A.M., Laviron F., Lescoat P. et C. Leterrier (2010) - Colour Effects on Diet Change-over in Turkeys. XIIIth European Poultry Conference, aug. 24-26, Tours (France).

Lecuelle S., Bouvarel I., Chagneau A.M., Lescoat P., Laviron F. et C. Leterrier (2010) - Feeding behaviour in turkeys with a change-over from crumbs to pellets. Applied Animal Behaviour Science 125 : 132-142.

Laviron F., Lecuelle S., Chagneau A.M., Lescoat P., Leterrier C. et I. Bouvarel - Pellet stiffness effects on short-term intake during diet change-over in turkeys. Animal (soumis).

Lecuelle S., Bouvarel I., Chagneau A.M., Laviron F., Lescoat P. et C. Leterrier (2011) - Early visual experience of food does not appear to reduce subsequent feed neophobia in turkeys. Feeding behaviour in turkeys with a change-over from crumbs to pellets. Poultry Science doi : 10.3382.



Lecuelle S., Bouvarel I., Chagneau A.M., Laviron F., Lescoat P., Bertin A. et C. Leterrier (soumis 2011) - Experience with a variety of feed colours reduces feed neophobia in turkey. Applied Animal Behaviour Science (Soumis).

#### AUTRE

Laviron F. et I. Bouvarel (2010) - Impact de la formulation, du broyage et de la température de granulation des aliments sur la consommation à court-terme de dindonneaux. Compte rendu d'expérience - novembre 2010.