

## INTEGRATEURS TEMPS TEMPERATURE

Intitulé complet : Emballages avec indicateurs Intégrateurs de Temps et Température

Fiche consolidée par Nathalie Gontard (Université Montpellier), Coralie Gallis et al (CEA Grenoble)

### Données clés

#### Résumé

La puce fraîcheur permet d'adapter la DLC à l'évolution réelle du produit, en apportant **plus de sécurité alimentaire et une possible diminution du gaspillage, ce qui crée une relation de confiance avec le consommateur.**

Il y a déjà plusieurs essais de port d'indicateurs ITT sur les produits finaux mais aucun n'a été concluant pour cause d'un grand nombre de retours produits. Ils sont aujourd'hui utilisés essentiellement en « B to B ».

### 1-Description de la technologie et de son impact sur le gaspillage

#### 1.1 Présentation de la technologie

Les évaluations de durée de vie des aliments correspondent à des situations pour lesquelles le produit est considéré dans des conditions de température fixes et définies.

La validation expérimentale d'une Durée de Vie Microbiologique (DVM) comprend en général un scénario « worst case » avec une rupture de chaîne du froid, le plus souvent 1/3 de la DMV à +4°C, puis 2/3 à +8°C, par exemple.

En réalité le vieillissement réel d'un produit est caractérisé par une succession de conditions d'ambiances variables. L'altération à un temps donné correspond en effet à l'intégration de processus lents à basse température, et rapides à haute température. L'accélération de l'altération en fonction de la température est décrite par une énergie d'activation.

Beaucoup de phénomènes physiques ou chimiques sont accélérés par la température et peuvent être associés de façon simplifiée à une énergie d'activation. Les indicateurs ITT sont généralement des étiquettes extérieures à l'emballage (connues aussi sous la dénomination « puce fraîcheur ») qui changent d'aspect au cours du temps et de la température d'entreposage. Ils sont sélectionnés et mis au point afin que leur conversion soit caractéristique de l'état d'altération de l'aliment : pour ceci, la cinétique température dépendante du phénomène de virage de l'indicateur doit être identique à la cinétique apparente du processus de dégradation de l'aliment.

Plusieurs types d'indicateurs ITT existent :

- Les plus courants sont des encres thermo chromiques basées sur une réaction de polymérisation :



Figure 1: Fresh-Check Indicator Source: fresh-check.com

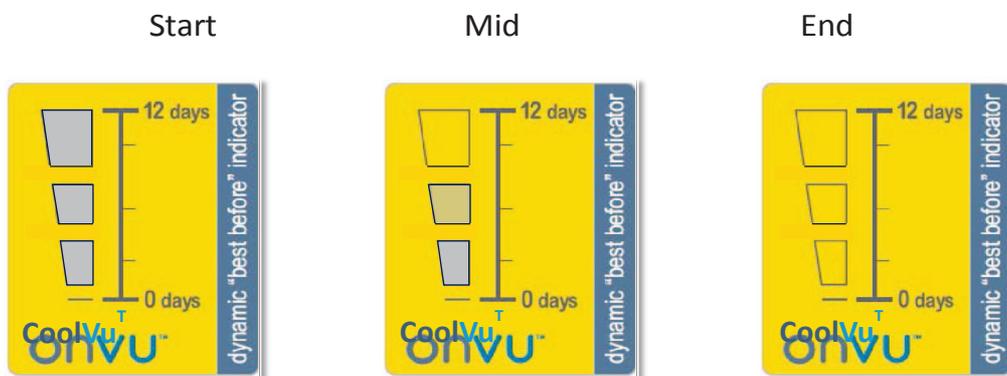


Figure 2: Indicateur temps température Source: Fresh point

- d'autres reposent sur le suivi de la cinétique d'un phénomène physique, comme le suivi de la migration par capillarité d'un liquide.
- d'autres enfin reposent sur des développements microbiologiques. Les phénomènes cinétiques associés étant exponentiels, ces indicateurs ne donnent généralement pas d'information monotone sur le stade de dégradation du produit, mais plutôt une information « tout ou rien », « use » / « do not use », caractérisée par exemple par l'effacement du code barre :



Figure 3 : Indicateur intégré au code barre Source : traceo.com

Ces indicateurs « tout ou rien » sont également utilisés en témoins de rupture sévère de chaîne du froid. Dans ce cas ils ne sont pas spécifiques à un produit donné ; ils alertent uniquement d'une anomalie inacceptable dans le cycle de transformation/distribution du produit ; pour cette utilisation ce sont des indicateurs « IT » qui donnent uniquement une information de dépassement de température.

**Applications et aliments concernés :**

Les champs d'applications sont les aliments frais, les produits laitiers, les produits traiteur, produits carnés, les produits de la mer, produits snack, de façon globale la majorité des produits emballés distribués réfrigérés puis stockés par le consommateur au réfrigérateur avant utilisation. Cette convergence des applications des indicateurs ITT donne une perspective toute particulière à leur développement, en lien avec le « réfrigérateur intelligent », innovation qui donnera une cohérence aux multiples modes de contrôle individuel des aliments qui ne permettent aucune gestion globalisée d'un ensemble de produits.



Figure 4 : Produits vendus avec ITT Source : Fresh point

**1.2 Impact sur le gaspillage alimentaire**

Les indicateurs sont ou ont été utilisés, avec plus ou moins de succès dans la distribution et par les consommateurs.

Le gaspillage se fait principalement en bout de chaîne. La technologie est donc ciblée sur l'acteur le plus en mesure de réduire le gaspillage. Les indicateurs ITT permettraient au consommateur de repérer les défauts de sa chaîne de froid (passage des produits dans le coffre des voitures, réfrigérateur à température trop élevée, réfrigérateur surchargé) et de l'avertir lorsqu'il faut se dépêcher de consommer un produit (puce entre 2 couleurs). Ils permettent donc aux consommateurs une gestion éclairée des stocks de produits à domicile qui ira dans le sens de la diminution du gaspillage.

Par ailleurs, les DLC des produits "frais" à courte durée de vie comprennent une marge de sécurité très importante qui provoque le rejet de produits qui ne devraient pas l'être quand les conditions optimales de conservation ont été respectées, ce qui est ou devrait être la plupart du temps le cas. De plus, certains produits ne sont plus consommables avant ces dates lorsqu'ils ont été conservés/distribués dans de mauvaises conditions d'où des accidents d'intoxications alimentaires. **Les puces fraîcheurs évitent ces problèmes en offrant une meilleure transparence sur la qualité du produit. A terme, ces indicateurs pourraient remplacer la DLC.**

Pour la distribution, l'utilisation d'indicateurs témoigne vis-à-vis du consommateur d'un objectif de gestion optimale des flux permettant d'allier la qualité des produits et la minimisation du gaspillage. Cependant, les avis sur l'influence que peuvent avoir les ITT sur le gaspillage divergent. Ces indicateurs sont à double tranchant. S'ils peuvent permettre à l'utilisateur de consommer des produits encore frais hors DLC, ils peuvent aussi entraîner de nombreux retours de produits. C'est pour cette raison que l'initiative de Monoprix d'imposer le port des puces fraîcheur aux produits frais n'a pas duré. Pour les industries, la chaîne de froid du consommateur est trop incertaine et entraînerait trop de retour produit. Il est également signalé des problèmes de changement de couleur trop rapide qui sont souvent dû à la chaleur des mains lors de manipulation du produit. D'autres distributeurs indiquent que toute indication d'état en dehors de l'extra frais est perçue négativement par le consommateur et démotive l'achat, ou encore pire, après l'achat génère et justifie un comportement de gaspillage.

**Mais les bénéfices ont déjà été démontrés, ils incitent tous les acteurs de la chaîne, du producteur au consommateur en passant par le distributeur, à respecter les règles de bonne conservation d'un produit, et donc à limiter les pertes.**

### 1.3 Comparaison avec l'existant

Le caractère innovant consiste à gérer l'utilisation, la distribution, et la consommation de produits, non pas en fonction de leur état de maturation/altération théorique, mais dans leurs conditions d'ambiances effectives. Ceci conduit à envisager des durées de vie de produits supérieures ou inférieures aux données théoriques, et de gérer au mieux l'ensemble de leur cycle d'utilisation.

Des améliorations sont toutefois nécessaires pour que la technologie des indicateurs constitue un plus fort potentiel de réduction du gaspillage alimentaire. En effet le fait que le consommateur ait un accès trop détaillé aux informations de qualité du produit avant l'acte d'achat peut conduire à une augmentation du gaspillage alimentaire (non achat). Une solution peut être de revisiter le concept d'emballage intelligent, ne délivrant que des données numériques, lisibles chez le distributeur par l'unique distributeur, et par le consommateur à domicile via des outils adaptés tels que le réfrigérateur intelligent.

## 2- Mise en œuvre de la technologie

### 2.1 Risque sanitaire et contrainte réglementaire

Les technologies d'indicateurs ITT ne posent pas de questions d'ordre sanitaire étant donné qu'elles reposent sur l'évolution d'un système extérieur à l'aliment emballé (étiquette généralement).

Cette technologie est encadré par le Règlement cadre 1935/2004/EC, art 4, publié le 27/10/2004 et le Règlement spécifique 450/2009/EC, publié le 29/05/2009 :

- Matériaux et objets actifs : matériaux et objets destinés à prolonger la durée de conservation ou à maintenir ou améliorer l'état de denrées alimentaires emballées; ils sont conçus de manière à comprendre délibérément des constituants qui libèrent ou absorbent des substances dans les denrées alimentaires emballées ou dans l'environnement des denrées alimentaires.

- Matériaux et objets intelligents : matériaux et objets qui contrôlent l'état des denrées alimentaires emballées ou l'environnement des denrées alimentaires.

Se pose alors la question de leur innocuité : à ce jour, en l'absence d'une liste établie de substances autorisées pour les emballages actifs et intelligents, tous les nouveaux produits doivent passer par la soumission d'un dossier à l'EFSA, ce qui constitue un frein provisoire au développement rapide des technologies.



D'un point de vue réglementaire, les indicateurs n'apportent qu'une information complémentaire aux seules données de référence que constituent les DLC des produits, et qui restent obligatoires. C'est pourquoi, il est extrêmement délicat d'apporter à un distributeur, et qui plus est à un consommateur, une information double, combinant pour exemple DLC et information fraîcheur. Comment un consommateur gèrera une situation de DLC dépassée associée une information « fresh » issue d'un indicateur ? Comment un distributeur doit gérer une situation de DLC non dépassée à une information «not fresh » issue d'un indicateur ? Qui certifie la conformité du produit ? Il faut donc trouver des solutions pour gérer cette complexité afin de faire évoluer les DLC vers des solutions plus justes et transparentes concernant la qualité des produits, et limiter ainsi les pertes et les risques liés aux marges de sécurité utilisées. Concernant la question de la responsabilité, la solution serait de mettre en place un Organisme certifié qui garantira la conformité des puces.

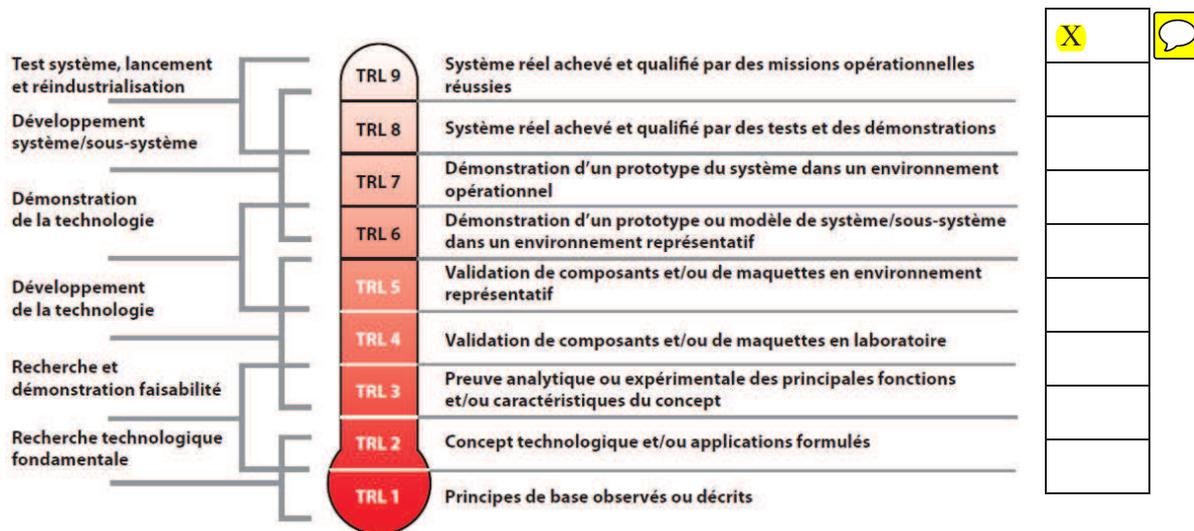
Pour les produits présentant une DLUO, la question est moins complexe, puisque la DLUO est une valeur de référence « indicative » ; dans ce cas les informations fraîcheur pourraient être utilisées à domicile en plus de la DLUO. Toutefois à ce jour, les puces fraîcheurs ne sont utilisées que pour les produits à DLC.

Dans tous les cas, la situation actuelle qui consiste à superposer, sans outil de compilation, des données de référence (DLC ou DLUO réglementaires) à d'autres informations de qualité de produits, est a minima une source de confusion ; d'où la nécessité de migrer vers une exploitation numérique de l'ensemble des données (capteurs et données réglementaires) qui apportera l'information la plus pertinente, ou préconisera directement la meilleure solution de gestion du produit en adéquation avec la réglementation.

En Europe, le paquet Hygiène mentionne une vérification de la température de la chaîne de froid mais laisse la liberté aux industriels de gérer ces contrôles. Aujourd'hui, il n'y a que des mesures ponctuelles. La réglementation pourrait donc jouer en faveur des indicateurs ITT en « B to B ».

## 2.2 Maturité de la technologie

Statut sur l'échelle Technology Readiness Level (TRL):



Dans leur mode actuel, les indicateurs ITT peuvent être considérés en pleine maturité. Si les produits sont complexes à mettre au point, leur production est généralement plutôt simple, ce qui explique que de nombreuses structures de petite taille ont pu s'engager dans cette activité.

En ce qui concerne la voie alternative reposant sur des indicateurs délivrant des informations exploitables numériquement, un effort conséquent de recherche technologique est actuellement en cours, notamment via des puces RFID à technologies adaptées, beaucoup moins coûteuses que les actuelles puces qui sont assez complexes dans leur élaboration, et compatibles en association avec les produits agroalimentaires les plus basiques.

## 2.3 Les freins possibles à la mise en œuvre de la technologie

Parmi les points de blocages techniques identifiés :

- *La complexité des informations à gérer* : Ces indicateurs présentent une hétérogénéité des modes de communication de l'information : apparition d'un pictogramme, disparition d'un code barre, changement de couleur... Ce manque d'homogénéité rend leur utilisation difficile pour le consommateur, qui peut en outre être amené à gérer des informations contradictoires avec la DLUO ou la DLC.
- *L'efficacité sur le gaspillage alimentaire* : La technologie risque de démotiver l'acte d'achat. Mais ce défaut, évoqué par les distributeurs, ne serait pas constaté dans les pays où les emballages indicateurs ont largement été développés.

- *Freins économiques* : sous une forme évoluée (avec exploitation numérique des données), la technologie envisagée (via RFID) présente un coût trop élevé, incompatible avec une utilisation large sur tous les types de produits agroalimentaires.
- *Freins réglementaires* : pas de freins réglementaires, mais une complexité technique à arbitrer sur le devenir d'un produit à partir d'informations quelquefois non convergentes (cf. DLC + information fraîcheur).

## 2.4 Evolution possible de la technologie à l'horizon 2025

Trois problématiques sont intéressantes à développer en parallèle :

- La connaissance et la maîtrise de la dégradation des produits alimentaires avec le développement du capteur de température, et la réduction des facteurs de sécurité associés à la DLC
- L'enjeu actuel: développer des systèmes simples, fiables et à faible coût. La technologie RFID peut générer des puces à faible coût selon le type de technologies utilisées.

Le capteur de température peut être un capteur intégré au réfrigérateur intelligent tel qu'un capteur optique/IR de détection de température pertinente et localisé au niveau d'un produit ou plus globalement dans le volume de stockage.

## 2.5 Principaux acteurs

- **France**

La France dispose de nombreux acteurs de la recherche en matière d'ITT :

- UMR IATE INRA Montpellier / Nathalie Gontard,
- Pôle Minalogic Grenoble, et structures associées (cf. CEA)
- Pôle Plastipolis Oyonnax, et structures associées

En complément de la recherche, on remarque des acteurs industriels, tels que la société Cryolog/Traceo en France.

- **Europe**

La R&D est également très active en Europe, où on remarque les firmes suivantes :

- Freshpoint et Bizerba en Suisse,
- Timestrip au Royaume-Uni.

- **Monde**

Le développement industriel reste cependant bien plus important au Japon et aux Etats-Unis, où on remarque la présence de leaders mondiaux :

- Fresh Max de Temp Time Corporation, N°1 mondial des ITT aux Etats-Unis
- MonitorMark de 3M aux Etats-Unis

Cette avance du Japon et des Etats-Unis s'explique par des raisons à la fois culturelles et réglementaires. La remise en cause en Europe du principe d'inertie de l'emballage ne date en effet que de 2004, depuis l'ouverture réglementaire sur les emballages actifs et intelligents.

## 2.5 Mise en œuvre au niveau national : forces et faiblesses

- **Faiblesses :**

L'un des freins au développement de capteurs de nouvelle génération, compatibles avec une exploitation numérique des données, est la nécessité de mettre au point des technologies convergentes qui pourront être utilisées par les mêmes outils numériques. Or le marché des indicateurs ITT est aujourd'hui très divers et construit à partir d'innovations niches évidemment non conçues pour répondre à une quelconque compatibilité.

- **Forces :**

La France possède actuellement toutes les compétences amont et les acteurs industriels pour innover dans le domaine des emballages indicateurs ITT.

L'atout national est la possibilité, par l'intermédiaire des pôles (notamment Minalogic), de fédérer l'activité sur les emballages indicateurs ITT (et plus globalement sur les indicateurs), afin d'amener les entreprises françaises à converger sur des technologies compatibles.

## 3- Impact environnemental

De façon générale, cet aspect a été peu étudié, car il est difficile de faire entrer l'aspect conservation du produit et réduction des pertes alimentaires dans les analyses du cycle de vie.

Dans leur version actuelle, les indicateurs ITT représentent un impact environnemental matière non nul, mais acceptable au regard de leur potentiel de meilleure gestion des denrées alimentaires. En effet, ils sont majoritairement recyclables. Par ailleurs, Shockwatch précise que l'adhésif utilisé sur la puce est à base d'eau. La proportion d'énergie nécessaire à la production des ITT est raisonnable.

En revanche, pour la mise au point d'indicateurs plus évolués, dont on espère un fort impact sur la diminution du gaspillage alimentaire, l'impact environnemental de la technologie devra constituer le point de départ de la sélection, autant du point de vue de leur acceptabilité que de leur viabilité économique.

Suite à l'évaluation de toutes les technologies en termes d'impact environnemental par les experts du CTCPA à partir des entretiens avec les équipementiers et d'après les informations contenues dans cette fiche, la technologie des ITT a obtenu une note de 10 pour l'indice Coût environnemental par rapport à l'existant.

Quantité d'emballage additionnel	Intensité ressource par kg d'emballage	Recyclabilité	Indice Coût environnemental par rapport à l'existant
1	1	1	10

L'échelle pour chaque critère est la suivante :

- **Quantité d'emballage additionnel**: 1: la technologie implique une quantité d'emballage supplémentaire par rapport à un emballage classique 0: la technologie ne modifie pas la quantité d'emballage -1: la technologie réduit la quantité d'emballage
- **Intensité ressource par kg d'emballage** : 1: la technologie nécessite plus de ressources par rapport à un emballage classique 0: la technologie utilise les mêmes ressources que la solution existante -1: la technologie utilise moins de ressources par rapport à un emballage classique
- **Recyclage**: 1: l'emballage présente un recyclage plus complexe par rapport à un emballage classique 0: l'emballage présente le même type de recyclage que la solution existante -1: la technologie présente un recyclage facilité par rapport à un emballage classique

L'échelle pour l'indice coût environnemental allait de 0 (la technologie a moins d'impact sur l'environnement sur les trois critères qu'une technologie existante comparable) à 26 (la technologie a plus d'impact sur l'environnement sur les trois critères qu'une technologie existante comparable) sachant que la valeur 7 équivaut au fait que la technologie a le même impact que la technologie existante sur les trois critères.

#### 4- Perception des consommateurs

Dans l'ensemble, les consommateurs sont assez favorables à l'utilisation d'indicateurs temps/température, et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les consommateurs apprécient les avantages liés au service après-vente (suivi de la conservation du produit) ainsi que la facilité d'utilisation de cette technologie à la maison (Davis, 1989). Ils suggèrent notamment de créer un code couleur unique pour tous les produits. De plus, les consommateurs apprécient de pouvoir avoir une information dynamique en fonction des conditions de conservation du produit. Cette innovation paraît bien adaptée aux produits à risque : boucherie, charcuterie et surgelés. Ce système d'indicateurs pourrait également être utilisé dans les supermarchés pour mettre en place des systèmes automatiques assurant une réduction du prix des produits dont la date limite de consommation est proche.

Des doutes concernant l'apport réel de cette technologie par rapport aux attentes qui en sont faites se posent, notamment s'il est montré que les entreprises agroalimentaires ont la possibilité de frauder en

remplaçant le capteur. Enfin, certains consommateurs doutent de la fiabilité de la technique car celle-ci dépend de trop nombreux paramètres.

L'impact de la technologie sur le gaspillage est fonction de la sensibilité de l'indicateur. Si celui-ci est trop sensible, les consommateurs pourraient jeter plus d'aliments qu'il ne le faudrait en réalité. La perception des couleurs est subjective ; des consommateurs pourraient jeter des produits alors que la puce n'a pas encore viré de couleur. Les consommateurs craignent que cette situation puisse à terme devenir abusive dans l'industrie agroalimentaire.

## 5- Dimension économique

### Le marché actuel

Les premières puces fraîcheurs sont apparues aux Etats-Unis. Aujourd'hui, tous les pays sont à peu de chose près au même niveau sur cette technologie, c'est-à-dire à un développement faible dans le secteur de l'agroalimentaire. La société Evidencia vend en France sa puce fraîcheur « Timestrip » à hauteur de 15% pour l'industrie agroalimentaire et de 80% pour l'industrie pharmaceutique.

De plus, 95% de ces ITT sont utilisés en B-to-B. Ils se situent au niveau de la palette ou des suremballages. Le groupe Ferrero utilise par exemple l'indicateur sur ses plaquettes de chocolat (2 indicateurs par boîte de 24 unités).

La France avait, dans les années 2000, une légère avance sur les autres pays Européens suite à l'initiative de Monoprix qui imposait à tous ses fournisseurs de mettre des indicateurs ITT sur leurs produits frais. Picard avait également équipé ses surgelés de puces fraîcheur. La plus longue initiative était celle de Carrefour qui avait équipé ses cartons de lait de ces puces pendant 7 à 8 ans. Toutes ces initiatives sont à ce jour abandonnées à cause d'un trop grand nombre de retour de produits. Les indicateurs entraînaient plus de pertes que de bénéfices pour les distributeurs et producteurs. Une industrie Norvégienne innovante de fruits coupés frais vendus en sachet et le distributeur Metro utiliseraient encore ces produits.

Le secteur de la RHF utilise ces indicateurs sur leurs produits. Ces puces peuvent être à utilisation multiple car utilisées sur les palettes. A titre d'exemple, le traiteur aérien, British Airlines, utilise les indicateurs fraîcheurs Vitsab entre son usine et la réception à l'avion. Il dispose quelques indicateurs dans un chariot contenant 48 unités.

### Les perspectives

Les courtes initiatives françaises ont permis aux puces fraîcheurs de se faire connaître auprès du consommateur qui devrait bien accepter ce produit. Dans d'autres pays voisins (Allemagne, Royaume-Unis, Ukraine), le consommateur est demandeur de cette information, selon l'équipementier Freshpoint. En effet, il y a aujourd'hui une demande de plus de traçabilité qui est favorable au développement des indicateurs ITT.

Cette technologie peut être appliquée à des produits à haute valeur ajoutée. D'ailleurs, les produits "Vineguard" de la société Freshpoint voient leur part de marché en croissance sur le vin, produit très sensible aux aléas de températures.

Les ITT appliqués sur des produits à forte valeur ajoutée pourront être vendus plus chers du fait d'une assurance de qualité supérieure.

Les industriels sont pour la plupart intéressés par cette technologie mais souhaitent une meilleure qualité pour éviter les retours non justifiés.

Les indicateurs temps/température pourraient être couplés à d'autres détecteurs (O<sub>2</sub>, microorganisme) pour à terme remplacer totalement la DLC.

### Rentabilité économique

Le prix des ITT est très variable. Il est fonction du modèle et des quantités achetées :

- Freshpoint : 0.02€/unité en moyenne
- La NIGK Corporation (firme japonaise) : moins de 0.10€/unité, avec dégressivité rapide du prix en fonction des quantités
- Evidencia : entre 10 et 20 cts d'euros
- Traceo/Cryolog : entre 10 et 40 cts d'euros
- Shockwatch : entre 50 et 70 cts d'euros

L'ajout d'ITT ne devrait pas augmenter le prix de revient de plus de 10 cts. Le consommateur devrait être prêt à payer pour avoir cette information, cela peut lui permettre de faire des économies en réduisant son gaspillage.

En conclusion, la matrice de SWOT suivante résume les éléments caractéristiques de la technologie des ITT :

<p><b>Forces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sécurité sanitaire</li> <li>- Diminution du gaspillage</li> <li>- Education du consommateur</li> <li>- Bonne perception des consommateurs</li> <li>- Economiquement intéressante</li> <li>- Bonne perception au niveau de la RHF</li> <li>- Détection de rupture de la chaîne de froid</li> <li>- Gestion des stocks</li> </ul>	<p><b>Faiblesses</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réglementation</li> <li>- Entraîne des retours au niveau industriel et distribution</li> <li>- Possibilité de confusion pour le consommateur</li> <li>- Coût additionnel</li> </ul>
<p><b>Opportunités</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Produits premium</li> <li>- Substitution de la DLC</li> <li>- Couplage avec d'autres détecteurs ou RFID</li> <li>- Demande de sécurité alimentaire des consommateurs</li> </ul>	<p><b>Menaces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marché de niche limitant le développement</li> <li>- Responsabilité du produit</li> </ul>

Les indicateurs ITT créent une relation de confiance avec le client lui apportant une information supplémentaire sur le produit. Aujourd'hui, les tentatives des industries ou des distributeurs sur les produits finaux n'ont pas été concluantes car les indicateurs entraînaient trop de retours sur les produits. Si aujourd'hui le consommateur a du mal à s'adapter et jette de manière compulsive les produits (puce non verte ou information contradictoire avec la DLC), à terme la puce devrait l'éduquer à réduire son gaspillage.

De plus, elle est ciblée sur le bon acteur, puisque c'est en bout de chaîne que le gaspillage est le plus important. Par ailleurs, le fait que des industriels aient essayé les ITT démontre qu'ils sont acceptables d'un point de vue économique. A terme, la réglementation pourrait favoriser son développement en permettant la substitution de la DLC par les indicateurs temps/température.

Le graphique radar ci-dessous synthétise l'impact de la technologie sur les axes économie, environnement, acceptation et réglementaire à partir de des entretiens avec les équipementiers.

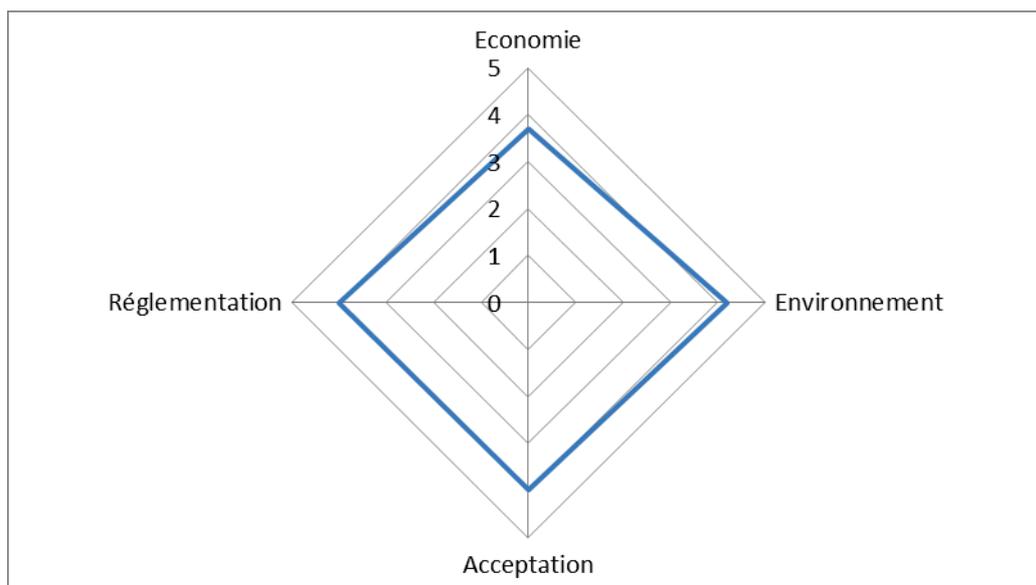


Figure 5 : Echelle 0 = peu intéressant économiquement, impact environnemental négatif, mauvaise acceptation, frein réglementaire ; 5 = intéressant économiquement, impact environnemental faible, bonne acceptation, réglementation favorable

## **Bibliographie**

### Acteurs :

MonitorMark, de 3M,

[http://solutions.3mfrance.fr/wps/portal/3M/fr\\_FR/FoodSafetyEU/FoodSafety/ProductInformation/ProductCatalogue/?PC\\_7\\_RJH9U5230ODK40IMRSPA7P2O65000000\\_nid=NFNLL5PG88be4W6C0B4X1Rgl](http://solutions.3mfrance.fr/wps/portal/3M/fr_FR/FoodSafetyEU/FoodSafety/ProductInformation/ProductCatalogue/?PC_7_RJH9U5230ODK40IMRSPA7P2O65000000_nid=NFNLL5PG88be4W6C0B4X1Rgl)

Technologies onVu et CoolVu, de Freshpoint et Bizerba, <http://www.freshpoint-tti.com/technology/default.aspx>

<http://www.bizerba-openworld.com/cms/fr/labels-consumables/labels-consumables.php>

Timestrip Plus, de Timestrip, [http://www.timestrip.com/coldchain\\_food.php](http://www.timestrip.com/coldchain_food.php)

TopCryo, de Cryolog (groupe Traceo), <http://www.traceo.com/fr/alimentaire/la-restauration-collective/chaine-du-froid.html>

Fresh Check, de Temp Time Corporation, <http://www.fresh-check.com/about.asp>

Warn Mark, de Shock Watch, <http://warmmark.com/>

(Sites consultés en octobre 2013)

### Consommateurs :

DAVIS, F. D. 1989. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13, 319-340.

### Prix de marché :

Indicateurs temps NIGK sur la plateforme de vente aux professionnels Alibaba, [http://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product\\_en&CatId=&SearchText=time+temperature+indicator+food](http://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=time+temperature+indicator+food)