



**HAL**  
open science

# Évaluation de l'intérêt technico-économique d'un abri climatique pour le maraîchage biologique morbihannais

Quentin Deneuve

► **To cite this version:**

Quentin Deneuve. Évaluation de l'intérêt technico-économique d'un abri climatique pour le maraîchage biologique morbihannais. Sciences agricoles. 2012. dumas-00738403

**HAL Id: dumas-00738403**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00738403v1>**

Submitted on 4 Oct 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**AGROCAMPUS OUEST**  
**CFR Angers - INHP**  
2, rue André Le Nôtre  
49045 ANGERS Cedex 01  
Tél : 02 41 22 54 54



**Station Expérimentale Horticole de Bretagne Sud (SEHBS)**  
Chambre d'Agriculture du Morbihan  
Route du Bono  
56400 Auray  
Tél : 02 97 46 30 80

Mémoire de Fin d'Etudes

**Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage**

Année universitaire : 2011 - 2012  
Spécialisation : Horticulture  
Option : Gestion Durable du Végétal

**Evaluation de l'intérêt technico-économique d'un abri climatique pour le maraîchage biologique morbihannais.**

Par : Quentin DENEUVE



Bon pour dépôt (version définitive)

Date : .../.../... Signature : Autorisation de diffusion : Oui  Non

**Devant le jury :** Soutenu à Angers, le 19 septembre 2012  
Sous la présidence de : Josiane Le Corff  
Maître de stage : Maët Le Lan  
Enseignant référent : Etienne Chantoiseau  
Autres membres du jury : Sébastien Picault (Ctifl, Carquefou), Pierre-Emmanuel Bournet (Agrocampus Ouest - Angers).

*"Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST".*

## **Fiche de diffusion du mémoire**

Aucune confidentialité ne sera prise en compte si la durée n'en est pas précisée.

### **Préciser les limites de la confidentialité <sup>(1)</sup> :**

- Confidentialité absolue :  oui  non  
(ni consultation, ni prêt)
- ↳ Si oui  1 an  5 ans  10 ans

- A l'issue de la période de confidentialité **ou** si le mémoire n'est pas confidentiel, merci de renseigner les éléments suivants :

- Référence bibliographique diffusable<sup>(2)</sup> :  oui  non
- Résumé diffusable :  oui  non
- Mémoire consultable sur place :  oui  non
- Reproduction autorisée du mémoire :  oui  non
- Prêt autorisé du mémoire :  oui  non

.....

Diffusion de la version numérique :  oui  non

↳ Si oui, l'auteur complète l'autorisation suivante :

*Je soussigné(e) \_\_\_\_\_, propriétaire des droits de reproduction dudit résumé, autorise toutes les sources bibliographiques à le signaler et le publier.*

*Date :*

*Signature :*

**Angers, le**

**Le maître de stage,**

**L'auteur,**

**L'enseignant référent,**

---

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé.

# Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier ma maître de stage Maët Le Lan qui, en m'accordant sa confiance, m'a permis d'effectuer ce stage de fin d'étude de six mois à la SEHBS. Je la remercie pour les connaissances apportées aussi bien d'un point de vue technique que relationnel ; et surtout pour son aide précieuse lors de la rédaction de ce mémoire.

Je remercie mon tuteur, Etienne Chantoiseau, pour les conseils apportés à la rédaction de ce mémoire et à l'intérêt porté au sujet.

Je remercie Agrocampus Ouest CFR Angers pour le prêt de matériel d'expérimentation (capteurs de rayonnement et centrale d'acquisition) et particulièrement Dominique Lemesle pour son temps accordé lors de ce prêt.

Je remercie Eva Olivier, stagiaire, pour sa motivation et les encouragements apportés durant ce stage.

Enfin, je remercie l'ensemble du personnel de la station, James Gillon, directeur ; Hélène Hay, secrétaire, Jean-Philippe Calmet, conseiller en maraîchage ; Denis François et Christophe Le Meut, ouvriers spécialisés, de m'avoir accueilli pour ce stage, qui fut une période d'enrichissement professionnel et personnel.

# Sommaire

<b>I. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>II. Contexte de l'étude et connaissances bibliographiques.....</b>	<b>1</b>
A) Le contexte du maraîchage morbihannais.....	1
1. Le contexte économique : un fort dynamisme de la production légumière. ....	2
2. Un contexte pédoclimatique plus favorable sur le littoral pour le maraîchage.....	3
3. Les exploitations maraîchères dans le Morbihan. ....	4
B) Les problématiques liées au cadre technique du maraîchage agrobiologique morbihannais. ....	5
1. Gagner en précocité et élargir les périodes de production : deux enjeux importants.....	5
2. Respecter les rotations : une nécessité pour les maraîchers. ....	6
3. Protéger les cultures de plein champ de certains ravageurs problématiques. ....	7
C) Les moyens existants à disposition des maraîchers et leurs limites.....	11
1. Les tunnels et les petits tunnels nantais : des alliés de la protection climatique et de la précocité. ....	12
2. Les voiles de forçage et les filets anti-insectes. ....	12
3. La lutte contre les principaux ravageurs et nuisibles : peu de solution et manque d'efficacité.....	14
D) L'utilisation d'abri climatique en arboriculture fruitière : un point de départ pour le maraîchage. ....	14
1. Qu'est-ce qu'un abri climatique ? Historique et état des lieux. ....	14
2. Les effets et utilisations d'un abri climatique. ....	15
<b>III. Matériels et méthode .....</b>	<b>17</b>
A) Présentation de l'essai.....	17
1. Les modalités de l'essai.....	17
2. Les thématiques abordées à travers l'essai.....	17
3. Les conditions pédoclimatiques de la parcelle en essai. ....	18
B) Description des abris climatiques installés : caractéristiques techniques et évolution. ..	18
1. La structure de l'abri climatique. ....	18
2. Les différents filets installés.....	19
3. Les choix techniques réalisés pour l'abri : évolution et justification.....	19
C) Itinéraires techniques et conduites des cultures en essai.....	21
D) Variables météorologiques et telluriques mesurées.....	22
1. La température de l'air. ....	22
2. La pluviométrie. ....	23
3. Le rayonnement global et actif pour la photosynthèse.....	23
4. La température du sol.....	23
5. L'humidité dans le sol.....	24

E) Variables agronomiques.....	24
1. Les rendements et calibres .....	24
2. Les déchets .....	24
F) Etude économique.....	25
G) Traitement des données.....	25
<b>IV. Résultats.....</b>	<b>25</b>
A) Conditions météorologiques comparées entre l’abri climatique et la parcelle témoin. ..	25
1. La température de l’air .....	25
2. La pluviométrie .....	26
3. Les rayonnements dans l’abri climatique 2.....	27
B) Résultats agronomiques des cultures.....	28
1. Le bloc « Cultures sensibles au mildiou ».....	28
2. Le bloc « Crucifère ».....	30
3. Le bloc « Ombellifère » .....	31
4. Le bloc « Cultures sensibles aux intempéries » .....	33
C) Etude économique pour les cultures de 2012.....	35
<b>V. Discussion .....</b>	<b>38</b>
A) Bilan global pour l’essai de 2012.....	38
B) Limites et perspectives de l’essai .....	41
<b>Conclusion.....</b>	<b>42</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>43</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>45</b>

## Liste des sigles et abréviations

AMAP : Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne

CA 56 : Chambre d'Agriculture du Morbihan

cm : centimètre

g : gramme

Ha : Hectare

GEPPA : Groupe d'Etude pour les Problèmes de Pédologie Appliquée

kg : kilogramme

mm : millimètre

PE : Polyéthylène

SAU : Surface Agricole Utile

UTA : Unité de Travail Annuel

## Liste des Annexes

Annexe I : Carte des textures des sols bretons selon la classe GEPPA dominante

Annexe II : Les différents types de couvertures paragrêles (d'après Borioli *et al*, 2003)

Annexe III : Pluviométrie et température moyenne relevé par la station Météo France sur le site de la SEHBS.

Annexe IV : Détail du chiffre d'affaire par culture



## Liste des Figures

Figure 1 : Nombre d'installations aidées en maraîchage dans le Morbihan (CA 56, 2012).....	3
Figure 2 : Les zones climatiques de Bretagne (Source : <a href="http://www.bretagne-environnement.org">http://www.bretagne-environnement.org</a> ).....	4
Figure 5 : Culture de poivrons sous chenille nantaise (SEHBS - CA 56, 2011).....	6
Figure 6 : Dépérissement d'un plant d'aubergine lié au <i>Verticillium</i> (A) et attaque de mildiou terrestre sur aubergine (B) et tomate (C) (SEHBS - CA56, 2012). ....	7
Figure 7 : Adulte de mouche de la carotte (A) et asticot (B) (SEHBS - CA56, 2008) ..	8
Figure 8 : Dégâts de mouche de la carotte sur pivots de carotte (SEHBS – CA56, 2008).....	8
Figure 9 : Courbe du suivi hebdomadaire du vol de la mouche de la carotte (SEHBS - CA56, 2011).....	9
Figure 10 : Adulte (A) [Source <a href="http://www.inra.fr/hyppz/IMAGES/7031590.jpg">http://www.inra.fr/hyppz/IMAGES/7031590.jpg</a> ] et asticot et pupe [Q Deneuve, 2012] de <i>Delia radicum</i> L.....	9
Figure 11 : Dégâts de <i>Delia radicum</i> L. sur navet (Q. Deneuve, 2012.....	10
Figure 12: Chenilles de la piéride du chou (à gauche) et de la piéride de la rave (à droite) (A) et dégâts de piérides ( <i>spp.</i> ) sur chou (SEHBS - CA56, 2004) .....	10
Figure 13 : Chenille de noctuelle (A) et dégât de noctuelle sur chou pommé (SEHBS - CA56, 2004).....	11
Figure 14 : Différents type de dégâts de lapins sur laitue (A), navet (B), carotte (C) (SEHBS – CA56, 2004) .....	11
Figure 15: Voile Mikroclima® sur culture de navet (A) et culture de carotte (B et C) (Q. Deneuve, 2012).....	12
Figure 16 : Voile Mikroclima® enlevé par le vent (Q. Deneuve, 2012).....	13
Figure 17 : Abri climatique en arboriculture fruitière (source : <a href="http://www.filpack-agricole.com/fr/Protection-et-Palissage-des-pommes-cerises-raisin-abricots/">http://www.filpack-agricole.com/fr/Protection-et-Palissage-des-pommes-cerises-raisin-abricots/</a> ).....	15
Figure 18 : Plan schématique de la parcelle expérimentale .....	17
Figure 20 : Photographie d'un poteau d'angle de l'abri climatique et matériaux utilisés (SEHBS, 2011).....	19
Figure 22 : Etape clés dans l'évolution de l'abri climatique de la SEHBS.....	21
Figure 23 : Illustration des zones de la toiture de l'abri 2.....	23
Figure 24 : Pluviométrie journalière et cumulée du 12 avril au 18 juin (A) et du 10 juillet au 28 août (B).....	26
Figure 25 : Impact des gouttes d'eau sur les planches de semis de carottes (Q. Deneuve, 2012) .....	27
Figure 26 : Pluviométrie cumulée en fonction des trois zones de la toiture de l'abri 2	27
Figure 27 : Rayonnement globale en fonction des modalités pour la période du 12/07 au 21/08.....	27
Figure 28 : Rayonnement global en fonction des heures pour une journée couverte (A) et une journée ensoleillée(B).....	28
Figure 29 : Cumul du rayonnement actif pour la photosynthèse pour les deux modalités du 12/07 au 21/0/8 .....	28
Figure 30 : Nombre de salades récoltés par modalités et par dates de récolte .....	29
Figure 31 : Poids commercialisable d'oignons par m <sup>2</sup> (A) et calibre moyen d'un bulbe (B) en fonction des modalités et par dates de récolte.....	30
Figure 32 : Température moyenne du sol journalière (A) et horaire (B) dans la culture de salade .....	30

Figure 33 : Poids moyen de navets récoltés sur les trois récoltes par modalité (A) et calibre moyen d'un bulbe en fonction des modalités et par date de récolte (B) .....	31
Figure 34 : Nombre de navets touchés par une attaque de mouche du chou en fonction des modalités et par dates de récolte .....	31
Figure 35 : Poids de carottes récoltés en fonction des modalités et par dates de récolte .....	32
Figure 36 : Détail du nombre moyen de pivots non commercialisables par modalité pour les trois récoltes.....	32
Figure 37 : Tension moyenne dans les 30 premiers cm du sol sur la culture de carottes .....	33
Figure 38 : Rendement cumulé moyen de poivron commercialisable par date de récolte pour les deux modalités.....	34
Figure 39 : Température moyenne journalière (A) et horaire (B) du sol à 15 cm de profondeur sur la culture de poivron du 02/07 au 21/08.....	35
Figure 40 : Culture de poivron dans l'abri climatique (A) et sur la parcelle témoin (B) le 12 juin 2012 (Q. Deneuve) .....	36

## Liste des Tableaux

Tableau 1 : Les principales caractéristiques des exploitations légumières bretonnes (Source : Agreste DRAAF Bretagne - Recensement agricole 2010).....	2
Tableau 2 : Coût d'investissement de différents types d'abris (Calmet et Le Lan, 2008(c)) .....	12
Tableau 3 : Les types de voiles de forçage et leur coût (Calmet et Le Lan, 2008 (b)).	13
Tableau 4 : Résultats d'analyses granulométriques entre 0 et 30 cm de profondeur. Les données sont exprimées en pourcentage des différentes classes texturales. ....	18
Tableau 5 : Descriptif des étapes des conduites culturales pour les 4 blocs de culture. ....	21
Tableau 6 : Moyenne des températures du 12 avril au 18 juin 2012 dans l'abri 1 et la parcelle témoin et écart entre ces deux modalités. ....	25
Tableau 7 : Moyenne des températures du 10 juillet au 28 août 2012 dans l'abri 2 et la parcelle témoin et écart entre ces deux modalités. ....	26
Tableau 8 : Poids de salades commercialisables en g/m <sup>2</sup> par date de récolte. ....	29
Tableau 9 : Cumul moyen du nombre de fruits commercialisables et des principaux déchets par modalité au 31 août. ....	34
Tableau 10 : Bilan économique des cinq cultures mises en place dans l'abri climatique en 2012 .....	37

## **I. Introduction**

Afin de répondre à plusieurs problématiques récurrentes auxquelles doivent faire face les maraîchers morbihannais en agriculture biologique, et de manière plus générale, dans un objectif de sécuriser leurs cultures maraîchères de plein champ, la Station Expérimentale Horticole de Bretagne Sud (SEHBS)(Chambre d'Agriculture du Morbihan), a décidé de tester comme solution un outil peu développé en culture légumière jusqu'à maintenant : l'abri climatique. Les problématiques peuvent être regroupées en deux grands thèmes :

- L'amélioration de la protection des cultures vis-à-vis des principaux ravageurs auxquels doivent faire face les producteurs.
- La protection des cultures de plein champ contre les aléas climatiques.

L'abri climatique est un outil de production qu'il est important de caractériser afin de savoir s'il permet de répondre à ces problématiques et surtout à quel niveau.

Pour cela la SEHBS a mis en place un essai pour évaluer les intérêts et les inconvénients d'une telle structure d'un point de vue agronomique et économique. Cet essai repose sur la comparaison de deux systèmes de cultures : le système « classique » avec les pratiques culturales employées actuellement par les maraîchers et le système de culture sous abri climatique. Cet essai est financé pour une période d'au minimum cinq ans. 2012 est la deuxième année de l'essai.

Cet essai a pour principaux objectifs : l'analyse de l'efficacité de l'abri climatique pour la protection de certains ravageurs des cultures légumières, et particulièrement les mouches des légumes ; l'observation des possibles impacts négatifs de l'abri sur les cultures légumières, notamment le développement des maladies dites de confinement ; l'évaluation des paramètres climatiques dans l'abri ; l'analyse de la viabilité économique de ce nouveau système de culture notamment par l'intermédiaire des rendements obtenus ; et l'amélioration du prototype construit, pour proposer aux maraîchers un outil fiable dans le temps et notamment vis-à-vis de la résistance au vent.

Dans une première partie, ce mémoire fait état du contexte dans lequel vient s'inscrire l'utilisation d'un abri climatique et détail les problématiques des maraîchers morbihannais en agrobiologie. Ensuite, nous verrons le matériel et la méthode utilisés pour la réalisation de l'essai de cette année en décrivant la structure de l'abri. Puis, les résultats seront exposés en trois parties : climatiques, agronomiques et économiques. Enfin, une discussion permettra de faire le point sur les premières observations et tendances agronomiques et sur les choix techniques liés à l'abri climatique.

## **II. Contexte de l'étude et connaissances bibliographiques**

### **A) Le contexte du maraîchage morbihannais.**

Afin de bien comprendre dans quel cadre vient s'inscrire l'utilisation d'un abri climatique en maraîchage biologique, nous verrons dans cette partie le contexte économique et pédoclimatique dans lesquels sont installés les exploitations maraîchères du Morbihan et particulièrement celles certifiées « Agriculture Biologique » (AB).

## 1. Le contexte économique : un fort dynamisme de la production légumière.

### a) La Bretagne : première région légumière de France.

La Bretagne, avec 23 % des surfaces nationales, se situe au premier rang français en termes de production légumière. Le tableau 1 suivant indique les données concernant les différentes spécialisations légumières rencontrées dans cette région.

**Tableau 1 : Les principales caractéristiques des exploitations légumières bretonnes (Source : Agreste DRAAF Bretagne - Recensement agricole 2010)**

Bretagne	Serriste	Maraîchage	Plein champ frais	Plein champ industrie
<b>Nombre d'exploitations</b>	280	320	2 065	1 440
<b>Surface moyenne de l'exploitation (ha)</b>	1,87	5	13,6	11,2
<b>Nombre moyen de légumes cultivés</b>	1,7	10,9	4,3	1,4
<b>Principales productions</b>	Tomates	Très diversifiées	Chou-fleur / Artichauts	Haricots verts / Petits pois

L'Agreste distingue quatre catégories d'exploitations légumières présentes en Bretagne. 8 % des exploitations sont définies dans la catégorie « Maraîchage ». Le maraîchage se caractérise par une grande diversité d'espèces légumières cultivées (11 en moyenne) sur une surface d'exploitation relativement réduite (5 ha en moyenne).

En ce qui concerne la production de légume frais (maraîchage + légume frais de plein champ) sous le label « AB », la Bretagne occupe la première place en France en termes de surface (23 % des surfaces nationales, [InterBio Bretagne, 2011]).

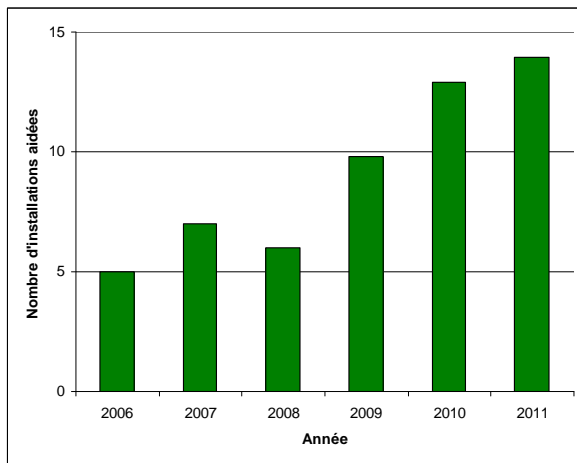
### b) Le Morbihan : un fort dynamisme de la production maraîchère.

Avec 10 900 ha, la production légumière du Morbihan, en frais et pour l'industrie, représente 23% de la surface régionale (Filippi, 2011). Dans la catégorie « Maraîchage », le département compte un peu plus de 200 exploitations en 2010, soit 62,5 % des exploitations régionales, et se situe ainsi à la première place régionale pour ce secteur d'activité. Bien que celui-ci ne représente que 2% des exploitations agricoles du département, l'activité pèse dans l'économie morbihannaise de par ses forts besoins en main-d'œuvre (3 UTA en moyenne contre 1 à 2 UTA pour les activités agricoles dominantes « Bovin lait » « Elevage hors-sol » (Filippi, 2011)).

Le Morbihan est aussi le sixième département touristique de France (Site du Conseil Général du Morbihan). Le littoral morbihannais, très attractif notamment l'été, génère autour de 1 milliard d'euro de consommation touristique (Comité départemental du tourisme du Morbihan, 2010). De plus, les morbihannais ont pour habitude d'acheter leurs produits frais sur les marchés locaux et plus généralement en vente directe. Les maraîchers en agriculture biologique tirent profit de ces moteurs économiques pour vendre leur production.

Malgré tout, la demande des consommateurs pour la gamme légumière en AB n'est pas entièrement satisfaite par l'offre. Ainsi le maraîchage morbihannais connaît un essor du

nombre d'exploitations maraîchères. Cette dynamique se traduit par l'augmentation des installations aidées depuis cinq ans (figure 1).



Dans ce cadre la chambre d'agriculture du Morbihan propose une formation au Brevet Professionnel de Responsable d'Exploitation Agricole (BPREA) en maraîchage agrobiologique ouvrant droit aux aides de l'Etat. Elle a accueilli un peu plus de 200 stagiaires en formation maraîchage sur la période 2001 à 2012.

**Figure 1 : Nombre d'installations aidées en maraîchage dans le Morbihan (CA 56, 2012)**

## 2. Un contexte pédoclimatique plus favorable sur le littoral pour le maraîchage.

Nous allons voir dans cette partie, qu'en plus de l'activité touristique importante dont bénéficie le littoral morbihannais, que les conditions pédoclimatiques favorisent la concentration des exploitations maraîchères dans cet espace géographique.

### a) Une texture de sol plus favorable sur le littoral.

Le sous-sol du Morbihan est constitué de roches variées qui proviennent de la chaîne hercynienne formée à la fin du Paléozoïque. Ces roches sont majoritairement métamorphiques avec des micaschistes et des schistes et magmatiques avec des granites.

De part cette diversité de roches mères, les sols morbihannais sont variables. Deux catégories peuvent cependant être distinguées : les sols à tendance limoneuse sur substrat schisteux et les sols à tendance limonosablo-argileuse sur substrat granitique (Annexe I).

Les sols du nord du département à dominante limoneuse sont plus denses et motteux. La zone côtière possède des sols de texture sablo-argileuse dominante. Ceci a encouragé une installation des exploitations maraîchères dans cette zone. En effet, la culture de certains légumes, particulièrement les légumes racines telle que la carotte, exige un sol moins dense et drainant.

### b) Un climat clément pour les cultures maraîchères avec une contrainte majeure : le vent.

Le Morbihan, département du sud de la Bretagne, a un climat océanique tempéré, caractérisé par des précipitations fréquentes, des hivers doux et des vents fréquents et souvent forts. Les précipitations moyennes sont comprises entre 800 et 1100 mm par an. Les températures maximales moyennes ne dépassent pas les 25°C en été et les températures minimales moyennes ne descendent pas en dessous de 0°C en hiver. A titre d'exemple, pour la ville de Vannes, le nombre de jours de gel se situe au alentour de dix jour par an et la moyenne annuelle d'ensoleillement est comprise entre 1550 et 1650 heures. A Lorient, cet ensoleillement dépasse certaines années les 2000 heures par an, ce qui est comparable avec la durée d'ensoleillement de la ville de Lyon.

L'influence des courants marins et la proximité terre-mer permet de distinguer cinq types de microclimats à l'intérieur même du territoire morbihannais (Figure 2).

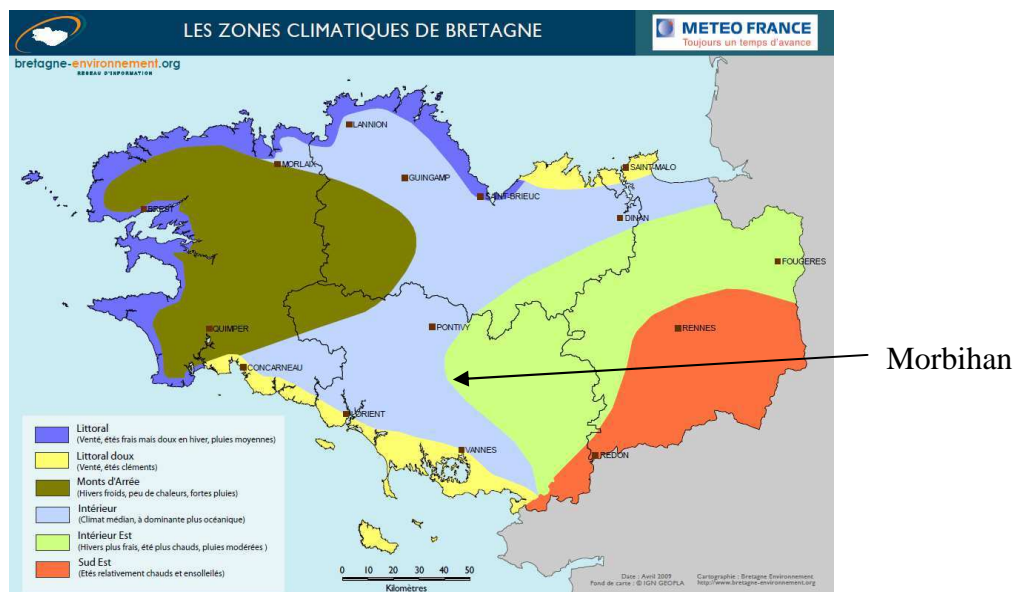


Figure 2 : Les zones climatiques de Bretagne (Source : <http://www.bretagne-environnement.org>)

La zone côtière qui possède un microclimat appelé « Littoral doux », est caractérisée par des étés particulièrement cléments. Ceci a favorisé l'installation en grande majorité des exploitations dans cette zone, particulièrement pour la culture des espèces légumières dites subméditerranéennes : Tomate, aubergine, melon, poivron.

Ainsi, comme illustrée par la figure 3, les deux tiers des exploitations sont situées au sud de la voie express reliant Brest à Nantes, à proximité de la côte et des rias.

Toutefois, ce microclimat est aussi caractérisé de « venté ». Ce vent est une contrainte à prendre en compte pour les maraîchers (dégradation des tunnels de culture, fragilité de certaines cultures en plein champ). La côte du département connaît d'ailleurs des épisodes venteux très marqués. En décembre 2011, lors de la tempête Joachim, des rafales de vents enregistrées à Vannes atteignent 126 km/h (Données MétéoFrance).



Figure 3 : Répartition des exploitations maraîchères dans le Morbihan

### 3. Les exploitations maraîchères dans le Morbihan.

En 2007, la chambre d'agriculture du Morbihan a effectué une enquête auprès des maraîchers conventionnels et agrobiologiques du département. Les données ci-dessous sont extraites de cette enquête.

Les maraîchers morbihannais se caractérisent par des exploitations de petites tailles : superficie moyenne de 4 hectares, répartis entre du plein champ et des abris froids. Il est difficile aujourd'hui de chiffrer précisément la répartition des surfaces entre ces deux créneaux étant donnée la diversité des systèmes maraîchers morbihannais.

La figure 4 illustre la répartition des exploitations en fonction des systèmes de ventes.

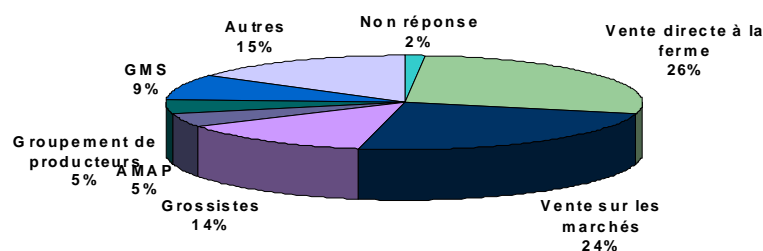


Figure 4 : Répartition des exploitations enquêtées en fonction du type de vente (Source : CA 56, 2007).

La vente des légumes se fait principalement en circuit court : la vente directe à la ferme, la vente sur les marchés et la vente en panier (parfois par l'intermédiaire de circuit AMAP). Pour satisfaire ces systèmes de ventes, les producteurs proposent toute l'année une large gamme de légumes : jusqu'à 45 références.

L'objectif de qualité que s'imposent les producteurs est un des facteurs de fidélisation de la clientèle.

## B) Les problématiques liées au cadre technique du maraîchage agrobiologique morbihannais.

Nous allons voir dans cette partie les problématiques principales auxquelles les maraîchers en agrobiologie sont confrontés.

### 1. Gagner en précocité et élargir les périodes de production : deux enjeux importants.

Pour élargir la saison de vente et arriver sur les marchés le plus tôt possible, les maraîchers recherchent la précocité dans les productions. Pour atteindre cet objectif, ils jouent avec différents créneaux de production intégrant des techniques et matériels variés.

#### a) Planter pour gagner en précocité.

Pour gagner en précocité, les maraîchers ont principalement recours à la plantation et n'utilisent le semis que pour peu de cultures. Cette pratique présente des avantages, et permet :

- d'augmenter la précocité des cultures
- de réduire le temps d'occupation des parcelles
- de limiter la concurrence des adventices et de faciliter les travaux de désherbage
- de réduire l'apparition de problèmes phytosanitaires, tels que ceux liés à la fonte des semis.

L'utilisation de plants en motte a donc pour objectifs principaux de sécuriser la production et de gagner en précocité. A titre d'exemple, la salade, l'oignon et le navet sont plantés en motte de 4 X 4 cm. Le poivron est planté en motte de 10 X 10 cm.

Le principal inconvénient de cette technique est l'augmentation du coût par rapport à l'installation d'une culture par semis.



## b) Echelonner les créneaux de production.

Les différents créneaux de production dont bénéficient les maraîchers permettent de produire sur des périodes élargies et ainsi de proposer des légumes à toutes les saisons. Ces créneaux sont : la production sous abri tunnel (chauffé ou non) et la production de plein champ avec des déclinaisons qui correspondent à des techniques et matériels utilisés variés (semis direct, plantation, chenilles nantaises, voiles de forçage).

A titre d'exemple, pour le poivron, il existe trois créneaux de production dans le Morbihan : un premier sous tunnel chauffé avec une plantation en mars et les récoltes s'échelonnent de mi-mai à octobre (peu utilisé par les maraîchers en agrobiologie) ; un deuxième sous tunnel froid avec une plantation en avril et les récoltes s'échelonnent de mi-juin à octobre ; et un troisième en culture de plein champ avec une plantation mi-mai et les récoltes s'échelonnent de mi-juillet à fin septembre. Ce dernier créneau nécessite l'installation de chenille de type nantais (figure 5) car les poivrons ont des besoins en chaleur important. Ces chenilles sont nécessaires pour protéger les poivrons contre les nuits fraîches notamment en début de culture mais aussi contre les intempéries (précipitations et vent forts).



**Figure 5 : Culture de poivrons sous chenille nantaise (SEHBS - CA 56, 2011)**

Pour beaucoup d'espèces légumières, ce nombre de créneaux de production est semblable et permet un étalement de la production. Le producteur doit tenir compte des inconvénients de chaque type d'installation et raisonner en fonction de ses objectifs de production (rendement, qualité, précocité).

## 2. Respecter les rotations : une nécessité pour les maraîchers.

### a) Qu'est-ce que le principe de rotation ?

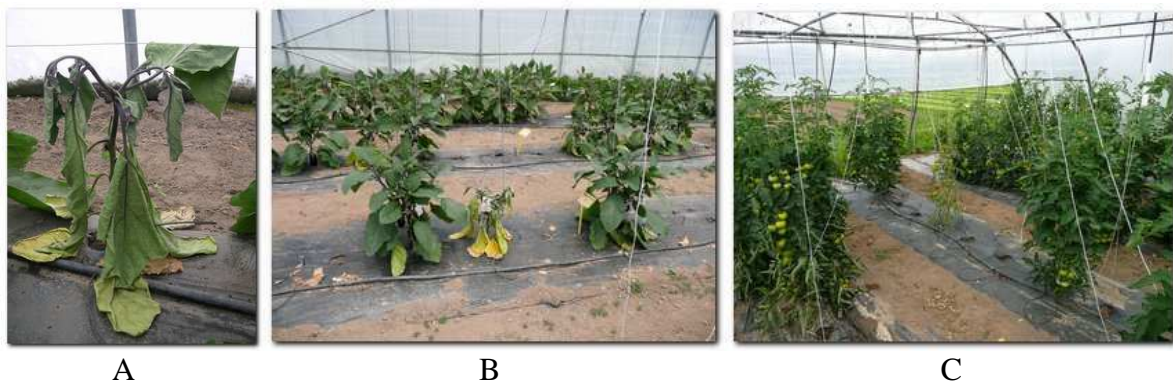
Le principe agronomique de rotation des cultures correspond à la succession des cultures mises en place sur une même parcelle au cours du temps. C'est un des fondements de l'agriculture biologique. Tout d'abord, la rotation a pour but d'entretenir la fertilité du sol et dans le meilleur des cas de l'améliorer. Ensuite, l'alternance des espèces avec des systèmes racinaires différents (pivot, fasciculé) permet aussi une amélioration structurelle du sol. Enfin, elle est indispensable en agriculture biologique en tant que mesure prophylactique pour limiter une dégradation de l'état sanitaire du sol en limitant la pression parasitaire. Plusieurs espèces légumières appartenant à la même famille botanique sont hôtes des mêmes agents pathogènes telluriques. La monoculture de ces espèces sur une même parcelle d'une année sur l'autre, augmente la quantité d'inoculum présent. Il est aussi déconseillé la succession de deux espèces sensibles à une même maladie d'origine tellurique bien qu'elles ne soient pas de la même famille. Par exemple, il n'est pas conseillé de faire suivre une culture de haricot

d'une culture de carotte à cause du rhizoctone brun ou du *Sclerotinia sclerotiorum* (Villeneuve, 1999).

b) Des contraintes d'espaces qui rendent difficile l'exécution optimale des rotations.

Les maraîchers morbihannais doivent essayer de respecter au mieux le principe de rotation pour les enjeux agronomiques cités précédemment et pour les conséquences économiques qui en découlent. Pourtant certaines cultures estivales d'espèces légumières appartenant aux familles des Solanacées (tomate, aubergine) ou Cucurbitacées (concombre, melon), sont produites exclusivement sous abri pour des raisons agronomiques : besoin en température élevée, réduction de l'apparition de certaines maladies, tel que le mildiou (*Phytophthora infestans*) en les protégeant de la pluie. Les raisons sont aussi économiques : optimisation des rendements et légumes incontournables pour la période estivale. Le retour trop fréquent de ces cultures d'un été à l'autre dans les mêmes tunnels, met à mal le principe de rotation.

Ainsi les maraîchers doivent faire face aux maladies liées aux champignons telluriques, tels que le *Sclerotinia* et le *Verticillium* dont les sclérotés pour le premier et les microsclérotés pour le second se conservent dans le sol 8 à 10 ans et jusqu'à 15 ans respectivement (Blancard, 2009). Ou encore des attaques de mildiou terrestre (*Phytophthora nicotianae* Breda de Haan) qui peut se conserver dans le sol sous forme de chlamydospores plus de 6 années (Blancard, 2009). Les plants malades sont alors retirés laissant des vides dans les tunnels de cultures (figure 6).



**Figure 6 : Dépérissement d'un plant d'aubergine lié au *Verticillium* (A) et attaque de mildiou terrestre sur aubergine (B) et tomate (C) (SEHBS - CA56, 2012).**

Des solutions à ces contraintes d'espace sous tunnels sont envisageables. Les cultures de Cucurbitacées, telles que les courges et les courgettes ; et de poivron (Solanacées) peuvent être réalisées en plein champ avec des résultats agronomiques satisfaisant pour les maraîchers. Cependant en raison des conditions climatiques, ces cultures ne peuvent pas être installées trop tôt au printemps. Les forts coûts de vents (rafales de 100 à 110 km/h) fréquemment observés fin avril-début mai dans le département, rend impossible la plantation de ces cultures avant la mi-mai. Or une plantation plus tôt (début mai) permettrait d'allonger la période de vente estivale et les producteurs bénéficieraient mieux de la présence touristique.

3. Protéger les cultures de plein champ de certains ravageurs problématiques.

En plein champ, des ravageurs sont devenus problématiques pour les producteurs en agrobiologie mais aussi pour les producteurs conventionnels. Ce sont essentiellement les

mouches des légumes, mais aussi dans une moindre mesure les chenilles défoliatrices et les nuisibles.

a) La mouche de la carotte.

i. *Présentation de la mouche*

La mouche de la carotte (*Psila rosae* Fabr., *Psilidae*) est un insecte de l'ordre des Diptères. Cette mouche de petite taille (4-5 mm de longueur, [Villeneuve et Leteinturier, 1992]) se caractérise par un corps noir d'aspect brillant avec des pattes entièrement jaune pale et des ailes sans tache. Sa tête a une couleur brun rougeâtre (figure 7 – A).



Figure 7 : Adulte de mouche de la carotte (A) et asticot (B) (SEHBS - CA56, 2008)

Les femelles pondent à proximité de la plante (jusqu'à 60 cm, [Villeneuve et Leteinturier, 1992]). Elles sont attirées par la couleur du feuillage et par les composés volatils, essentiellement des terpènes, qui se dégagent des ombellifères. La larve est un asticot qui mesure 8 à 10 mm de long en fin de développement (figure 7 – B). Elle se nymphose dans le sol sous forme de pupes.

Les plantes hôtes de cet insecte sont tous les végétaux de la famille des ombellifères cultivées, tels que le persil ou le panais, mais aussi des ombellifères sauvages dans une moindre mesure. Il est donc possible d'avoir une présence de la mouche même en absence de culture d'ombellifères.

ii. *Les dégâts occasionnés*

Les dégâts sont occasionnés par la larve qui creuse des galeries dans l'appareil racinaire (figure 8). A un stade jeune de la culture, les plantules peuvent complètement dépérir si l'attaque est sévère. Une décoloration et/ou rougissement du feuillage peuvent être suivis d'un dépérissement. Ceci constitue le dégât majeur pour les légumes-feuilles tels que le céleri-branche et le persil. Pour les légumes-racines, tels que la carotte et le panais, les galeries creusées par la larve à un stade plus avancé, constituent un dégât primaire. Des pourritures secondaires peuvent alors parfois s'installer, surtout pour les carottes cultivées en automne (Villeneuve et Leteinturier, 1992).



Figure 8 : Dégâts de mouche de la carotte sur pivots de carotte (SEHBS – CA56, 2008)

### iii. Trois vols en Bretagne

Dans le Morbihan, la mouche de la carotte est présente de mi-mars à fin novembre, avec trois pics majeurs qui correspondent aux trois vols annuels, comme indiqué par la figure 9 suivante.

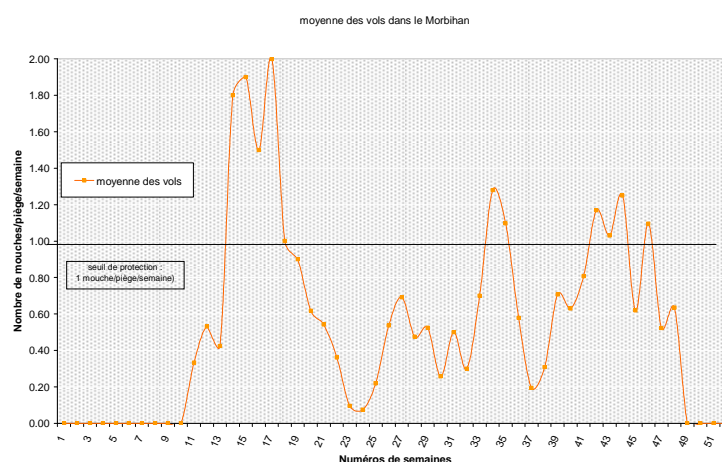


Figure 9 : Courbe du suivi hebdomadaire du vol de la mouche de la carotte (SEHBS - CA56, 2011)

L'émergence précoce des pupes est due à des températures douces au printemps notamment sur le littoral. Au-delà de 22°C, l'émergence des adultes du second vol est décalée pour permettre aux futures larves de bénéficier de conditions automnales plus optimales (Villeneuve et Leteinturier, 1992). Or les températures peu élevées durant l'été ne favorisent pas de période d'estivation. Ainsi, la période de risque est importante et concerne plusieurs cycles de cultures d'ombellifères. Par exemple, pour la carotte, il est fréquemment réalisé deux cycles en plein champ : de fin mars à début juillet et de mi-juillet à novembre (Calmet et Le Lan, 2011).

#### b) La mouche du chou

##### i. Présentation de la mouche

La mouche du chou (*Delia radicum* L., *Anthomyidae*) est un insecte de l'ordre des Diptères. Cette mouche de taille moyenne (6 à 8 mm de longueur [Site de la base de données INRA]) est de couleur grise avec des taches noirs (fig. 10-A). Elle ressemble à la mouche domestique.



A



B

Figure 10 : Adulte (A) [Source <http://www.inra.fr/hyppz/IMAGES/7031590.jpg>] et asticot et pupa [Q Deneuve, 2012] de *Delia radicum* L.

Les femelles pondent sur le sol au niveau du collet de la plante. La larve est un asticot qui se nymphose dans le sol sous forme de pupa (fig. 10-B). De même que pour la mouche de

la carotte, la diversité des hôtes rend possible la présence de la mouche même en absence de culture de crucifères.

*ii. Les dégâts occasionnés*

La larve de ce ravageur produit le même type de dégâts que pour la mouche de la carotte, à savoir des galeries dans la partie racinaire et dans la base des feuilles (figure 11).



Figure 11 : Dégâts de *Delia radicum* L. sur navet (Q. Deneuve, 2012)

*iii. Une présence permanente en Bretagne*

Dans le Morbihan, la mouche du chou est présente de mars à octobre (Calmet et Le Lan, 2011), de manière permanente. De même que pour la mouche de la carotte, les conditions de température douce en été et en hiver, favorisent la présence de l'insecte sur une longue période de l'année. Ainsi la période de risque est longue et concerne plusieurs cycles de cultures. Par exemple, pour le navet en plein champ, deux cycles sont souvent réalisés par an : de mars à juin et de juillet à octobre (Calmet et Le Lan, 2011).

c) Les lépidoptères ravageurs des choux

*i. Les piérides*

Il existe deux principales espèces de piérides causant des dégâts sur chou : la piéride du chou (*Pieris brassicae* L.) et la piéride de la rave (*Pieris rapae* L.). Ces deux papillons blancs se ressemblent au stade adulte mais les larves sont très dissemblables. Comme le montre la figure 12-A, la chenille de la piéride du chou est jaune et noire avec des poils longs. Celle de la piéride de la rave est verte avec des soies très courtes et denses. Cette dernière occasionne des dégâts plus importants que son homologue avec une forte défoliation (fig. 13-B) pouvant entraîner des pertes de plantes en été. La période de risque élevé se situe de juillet à septembre mais les dégâts peuvent être observés jusqu'en novembre (Estorgues, 2005).



Figure 12: Chenilles de la piéride du chou (à gauche) et de la piéride de la rave (à droite) (A) et dégâts de piérides (*spp.*) sur chou (SEHBS - CA56, 2004)

## ii. La noctuelle du chou

La noctuelle du chou (*Mamestra brassicae* L.) est un autre papillon dont la chenille (fig. 13-A) occasionne des dégâts de type défoliation, comme montrés sur la figure 13-B, mais aussi la présence d'excréments notamment sur la pomme rendent non commercialisable le légume. Le pic de dégâts est observé en automne mais la présence de la noctuelle peut être signalée dès le mois de juillet (Estorgues, 2005).



Figure 13 : Chenille de noctuelle (A) et dégât de noctuelle sur chou pommé (SEHBS - CA56, 2004)

### d) Les nuisibles

Parmi les gibiers problématiques pour les maraîchers morbihannais, les lapins sont ceux qui occasionnent le plus de dégâts. Ces mammifères vivent dans les friches, les haies et les talus à proximité des parcelles. Ils se déplacent la nuit pour venir se nourrir des espèces légumières très attractives pour eux. Les dégâts qui posent le plus de problème concernent les jeunes plants, notamment de choux, de navets, d'oignons, ou encore des jeunes pousses de carottes (figure 14).



Figure 14 : Différents type de dégâts de lapins sur laitue (A), navet (B), carotte (C) (SEHBS – CA56, 2004)

De manière plus localisé géographiquement, certains producteurs connaissent des dégâts de chevreuils et de sangliers dans leur exploitation.

Les dégâts liés aux oiseaux concernent principalement les producteurs de petits fruits rouges (framboises, groseilles, cassis, etc.). Ces productions se développent dans le Morbihan.

### C) Les moyens existants à disposition des maraîchers et leurs limites.

Dans cette partie nous détaillerons les moyens existants pour répondre aux problématiques des maraîchers morbihannais agrobiologiques.

## 1. Les tunnels et les petits tunnels nantais : des alliés de la protection climatique et de la précocité.

### a) Les tunnels : un outil fiable mais coûteux.

Les maraîchers morbihannais utilisent des tunnels froids ou chauffés pour cultiver certaines espèces qui ne peuvent pas l'être en plein champ et pour allonger la période de production. Les tunnels sont des équipements dont l'investissement n'est pas négligeable (Tableau 2). De plus, afin de garantir des conditions de luminosité optimale pour les cultures et de pérenniser la protection, il est nécessaire de renouveler le film plastique qui se dégrade au cours du temps avec les conditions météorologiques (les UV, les écarts de températures, le vent, etc.). Il est conseillé de faire ce changement tous les 6 à 8 ans, avec un coût du film plastique de 0,5 à 1 €/m<sup>2</sup> selon la qualité (Calmetet Le Lan, 2008(c)).

**Tableau 2 : Coût d'investissement de différents types d'abris** (Calmet et Le Lan, 2008(c))

Type d'abris	Coûts
<b>Tunnel 4,50 m de largeur</b>	4 à 6 €/m <sup>2</sup>
<b>Tunnel 8 à 9,60 m de largeur</b>	10 à 15 €/m <sup>2</sup>
<b>Multichapelle plastique</b>	15 à 30 €/m <sup>2</sup>
<b>Serre verre (sans équipement) <i>A titre indicatif</i></b>	35 à 50 €/m <sup>2</sup>

Les tunnels sont cependant indispensables pour produire certaines cultures d'été comme cité précédemment, telles que la tomate, l'aubergine ou encore le concombre.

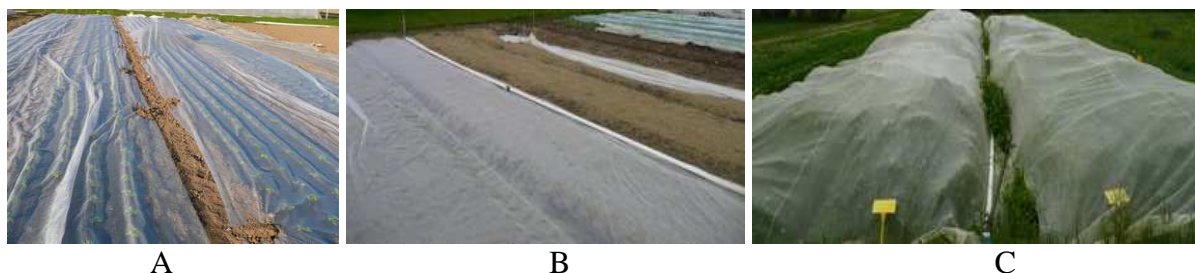
### b) Les petits tunnels nantais : un outil à installation chronophage.

Le petit tunnel nantais ou chenille nantaise est une structure légère composée d'arceaux métalliques et d'un film polyéthylène de 30 à 60 microns d'épaisseur à renouveler lors de chaque culture. Bien que le coût de ce matériel soit peu élevé, son temps d'installation est important. Il faut compter environ 1h30 pour installer 100 m<sup>2</sup> et un coût de 0,5 €/m<sup>2</sup> pour les arceaux et de 0,1 à 0,2 €/m<sup>2</sup> pour le film plastique (Calmet et Le Lan, 2008 (a)). De plus, il n'y a actuellement pas de filière de recyclage pour ce type de film plastique. Leur gestion en fin d'utilisation est problématique et occasionne une quantité importante de déchet.

## 2. Les voiles de forçage et les filets anti-insectes.

### a) Les différents voiles de forçages existants et leur coût.

Ces voiles sont des matériaux plastiques posés directement sur les cultures généralement sans arceaux métalliques. Leur légèreté permet à la culture de se développer en dessous et les plantes soulèvent progressivement le voile (figure 15).



**Figure 15: Voile Mikroklima® sur culture de navet (A) et culture de carotte (B et C) (Q. Deneuve, 2012)**

En fonction de l'effet recherché, il existe différents type de voiles avec des coûts variant suivant les caractéristiques, comme indiqué dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Les types de voiles de forçage et leur coût (Calmet et Le Lan, 2008 (b))**

Types de voile	Coûts
Film polyéthylène 500 trous/m <sup>2</sup> (épaisseur : 30 microns)	0,06 €/m <sup>2</sup>
Voile polypropylène non tissé (poids : 17g/m <sup>2</sup> [P17] ou 30g/m <sup>2</sup> [P30])	P17 : 0,10 €/m <sup>2</sup> P30 : 0,30 €/m <sup>2</sup>
Filet Mikroclima® (38 g)	0,68 €/m <sup>2</sup>

b) Quelles utilités ont-ils en maraîchage ?

Tout d'abord, ces voiles ont été développés dans le but de protéger les cultures contre le froid. Ils sont essentiellement utilisés sur des cultures de plein champ. En effet, ils ont des caractéristiques thermiques intéressantes et permettent un gain de précocité pour les cultures. Plus facile à installer que des mini-tunnels de type chenille nantaise, leur utilisation s'est généralisée. La principale période d'utilisation des voiles de forçage va de février à mai puis de septembre à novembre pour tous les légumes semés ou plantés à cette période. Ils réchauffent moins les cultures que les chenilles nantaises, et sont donc déconseillés d'usage pour les cultures à fort besoin en chaleur, tel que le poivron.

Enfin ces voiles protègent les cultures de certains ravageurs. Les protections les plus employées sont les voiles de forçage de type P17 en période précoce, puis plus tard dans la saison les filets de type Mikroclima®.qui évitent les brulures sur les plantes.

c) Les problèmes liés à l'utilisation de ces voiles.

L'utilisation de ces voiles a aussi des inconvénients. Ils représentent tout d'abord un coût, d'autant que leur durée de vie est limitée à un ou deux ans suivant leur état de dégradation et de leur usage. Par exemple, pour une protection contre les mouches des légumes, le remplacement de ces filets est primordial dès lors qu'ils présentent des trous.

Un autre inconvénient est la pause de ces voiles qui demande de la main d'œuvre et du temps, notamment s'il y a du vent. Ce dernier est d'ailleurs un facteur de dégradation des filets et en cas de mauvaise fixation, il faut passer du temps à repositionner les voiles (fig. 16).



**Figure 16 : Voile Mikroclima® enlevé par le vent (Q. Deneuve, 2012)**

Ces voiles ou filets qui reposent directement sur les cultures ne facilitent pas la visibilité des cultures, alors que l'observation régulière de celles-ci est une clé de réussite en



agriculture biologique. L'entretien des cultures est rendu plus contraignant (désherbage, traitement phytosanitaire, récolte, etc.).

De plus, le gain thermique obtenu par ces voiles peut s'avérer néfaste pour les cultures à plusieurs niveaux : les adventices poussent aussi plus vite, le confinement créé peut permettre un développement de maladie, et enfin l'augmentation excessive des températures peut occasionner des brûlures sur feuilles ou des blocages de croissance des plants. En périodes printanière et automnale, l'activité d'enlever et de remettre les voiles pour la nuit est chronophage.

Enfin, actuellement le Morbihan ne possède pas de filière de recyclage de ces voiles usagés, ce qui pose problème pour leur fin de vie.

### 3. La lutte contre les principaux ravageurs et nuisibles : peu de solution et manque d'efficacité.

Nous avons vu précédemment les principaux ravageurs et nuisibles problématiques. En agriculture biologique, la lutte chimique contre les mouches des légumes n'est pas possible. Aucun produit n'est homologué pour cet usage. Les moyens de lutte préconisés sont uniquement de la lutte mécanique avec les voiles de type Mikroclima® ou autres voiles anti-insecte. La pose de ces obstacles empêche les femelles de pondre sur la culture. Pour la carotte, il est conseillé de les installer au plus tard dès le stade 2 feuilles. Pour le navet, la protection se fait dès la plantation. Le suivi des vols sert à connaître le début de la période à risque et à positionner au mieux les voiles de protection. Les mesures prophylactiques de rotations et d'assolements sont aussi retenues.

Pour la lutte contre les chenilles défoliatrices des choux, les produits à base de *Bacillus thuringiensis* sont efficaces mais les traitements sont à renouveler régulièrement (environ tous les dix jours dans la période à risque). La lutte par protection avec des voiles est aussi pratiquée.

Pour les mammifères nuisibles, les moyens de lutte sont réduits en agriculture biologique. L'emploi de poisons de synthèse n'est pas envisageable et il existe certains répulsifs dont l'efficacité est très aléatoire (Estorgues, 2005). La meilleure méthode revient à créer une barrière mécanique pour protéger les cultures. L'installation de grillages, de filets ou de clôtures électrifiées autour des parcelles est relativement efficace (Estorgues, 2005). Cependant, ce matériel a un coût non négligeable (pas de prix référencé) et le travail d'installation devient vite fastidieux et chronophage lorsque les parcelles sont importantes. De plus, ces barrières ne sont pas pratiques lors de l'entrée du matériel agricole sur la parcelle.

Pour les oiseaux, les méthodes visuelles ou sonores d'effarouchement existent mais elles ont une efficacité limitée à quelques jours (Biller, 2012).

## **D) L'utilisation d'abri climatique en arboriculture fruitière : un point de départ pour le maraîchage.**

### 1. Qu'est-ce qu'un abri climatique ? Historique et état des lieux.

Un abri climatique est une structure constituée de filets en matière plastique (polyéthylène le plus souvent) à maille plus ou moins large en fonction de l'usage souhaité. Ils sont montés sur des poteaux en bois ou acier. Les filets sont maintenus par un système de câblage intégrant plus ou moins de composants élastiques pour maintenir une certaine flexibilité. Borioli et *al.*, 2003 décrivent les différentes structures les plus couramment utilisées en verger de pommier (Annexe II). Quelque soit l'usage, l'abri climatique recouvre

la culture qui se développe alors en dessous (figure 17). Comme son nom l'indique, cette structure sert avant tout à protéger les cultures contre les intempéries climatiques, telle que la grêle.



Figure 17 : Abri climatique en arboriculture fruitière (source : <http://www.filpack-agricole.com/fr/Protection-et-Palissage-des-pommes-cerises-raisin-abricots/>)

Actuellement, les structures de type abri climatique sont essentiellement utilisées en arboriculture fruitière, notamment en verger de pommier. La protection des vergers par ce type de structure s'est développée et généralisée depuis la fin des années 80. Le principal effet recherché était de protéger les fruits contre les dégâts de grêle contre lesquels les producteurs étaient démunis (Borioli *et al.*, 2003).

D'après le recensement des vergers fait en 2007 par le Ministère de l'agriculture, 14% de la surface des vergers français est protégée par des filets paragrêle et 91% de cette surface concerne les vergers de pommiers (Agreste, 2008). La pomme est un fruit sensible aux impacts de grêle et la durée de sa culture a pour conséquence une exposition longue aux intempéries ce qui augmente le risque (Vinet, 2002). Les grêlons créent des dégâts primaires en blessant le fruit. Les blessures constituent alors des portes d'entrées pour des champignons phytopathogènes. On parle alors de dégâts secondaires. Ces abris ont donc été surtout développés pour la pomiculture.

Aujourd'hui, de nombreuses études montrent que ces filets peuvent avoir d'autres utilités et ont des effets secondaires sur l'environnement des cultures. En France, le Centre Expérimental Horticole de Marsillargues (Hérault) (CEHM) a travaillé plusieurs années sur les conséquences agronomiques et techniques de l'utilisation des filets paragrêles sur pommier (Crété *et al.*, 2001).

## 2. Les effets et utilisations d'un abri climatique.

### a) Les effets sur le microclimat

L'abri climatique, de par sa structure en filet, constitue une barrière poreuse entre l'atmosphère extérieure et celle à l'intérieur de l'abri. Les filets impactent de manière plus ou moins directe sur plusieurs paramètres météorologiques et favorise un microclimat au sein de cette structure. Ce microclimat varie en fonction des conditions extérieures et des caractéristiques techniques des filets, telle que la taille des mailles.

Plusieurs études montrent que le rayonnement actif pour la photosynthèse (PAR), dont les longueurs d'ondes sont comprises entre 400 et 700 nm, est altéré par la présence du filet au niveau quantitatif et qualitatif. D'après une étude brésilienne, un verger de pommier couvert par un filet blanc réduit le PAR capté par les arbres de 18,4 % durant une journée (Amarante *et al.*, 2011). Le rapport d'essai du CEHM montre aussi que l'utilisation des filets réduit l'intensité lumineuse respectivement de 10 % à 20 % pour des filets blancs et noirs. Ces résultats sont confirmés par une autre étude qui indique une réduction de la lumière de 11 à 15 % (Solomakhin *et al.*, 2007).

Les filets utilisés pour les structures d'abris climatiques ont aussi un rôle de brise-vent. Cette action est d'autant plus importante que le maillage est petit. Crété *et al.* rapportent que la réduction du vent sous filet pare grêle de maille 3 X 7 mm peut atteindre 20 % (Crété *et al.*, 2001).

La température semble peu impactée par le système de filet pare grêle. Crété *et al.*, 2001 évoquent un abaissement de moins de 0,5°C de la température moyenne sous un filet noir de maille 3 X 7 mm par rapport au témoin non couvert par le filet. D'autre part, il semble que ces filets peuvent empêcher significativement les dégâts de gel en période printanière. Ces conclusions concernent des températures enregistrées pendant la période d'essai qui ne descendent pas en dessous de -2,5°C (Crété *et al.*, 2001). Le filet joue dans ce cas le rôle d'écran et limite les déperditions thermique dues aux pertes radiatives du couvert végétal. Pour des gelées plus importantes, la protection est considérée comme aléatoire et le filet ne peut pas être considéré comme efficace.

#### b) Les influences des filets sur l'état phytosanitaire des cultures

L'utilisation de filet de protection peut avoir un impact sur la culture qui se développe en-dessous. Une expérience menée au Brésil sur des pommiers 'Royal Gala', montre que l'utilisation d'un filet paragrêle noir augmente significativement la sévérité de la maladie foliaire causé par le champignon phytopathogène appartenant au genre *Glomerella* (Bogo *et al.*, 2012). Il est intéressant d'indiquer qu'il n'y a pas de différence significative entre la parcelle témoin non couverte et celle couverte par un filet paragrêle blanc.

De plus, l'allongement de l'humectation des feuilles due à la réduction du vent semble favoriser certaines maladies cryptogamiques, notamment des aggravations de contamination secondaire de la tavelure (*Venturia inaequalis* [Cooke] Wint.) sur pommier ont été signalées (Crété *et al.*, 2001).

Comme dit précédemment, la présence des filets constitue une barrière mécanique entre la culture et l'environnement extérieur. Ainsi, les filets pare-grêles ont montré d'autres intérêts pour la protection des cultures. En effet, en 2005, le concept appelé Alt'Carpo a vu le jour. L'idée est de protéger les vergers de pommiers du Carpocapse (*Cydia pomonella* L.). Le filet de part ses mailles (2,2 mm X 5,4 mm) empêche la ponte du papillon adulte sur les fruits. En 2009, une expérimentation réalisée sur 41 vergers protégés par ce système, indique que 85% ne présentaient aucun dégât, les 15% restants présentaient moins de 1% de dégâts sur fruits à la récolte (Site Alt'Carpo).

#### c) Les conséquences agronomiques

Plusieurs articles indiquent des pertes de qualité des pommes liés à l'utilisation des filets pare-grêle. Amarante *et al.*, 2011. relatent que l'ombre créée par les filets n'affecte pas les rendements et que le poids moyen des fruits est augmenté. Par contre, il semble que la qualité des pommes à la récolte et après conservation au froid soit diminuée (Amarante *et al.*, 2011). De même, Crété *et al.*, 2001 indiquent dans son article des pertes de qualité des pommes. Notamment, pour la variété Granny Smith, la moyenne sur trois ans de récolte montre des pertes qualitatives imputables à l'utilisation d'un filet noir en paragrêle. Ces pertes sont de 1,25 % de brix (indice du taux de sucre soluble), de 0,8 g d'acide malique et de 0,6 kg/cm<sup>2</sup> de fermeté. « Ces pertes sont préoccupantes et remettent en cause l'utilisation de filets noirs. » (Crété *et al.*, 2011). Les filets blancs montrent des résultats intermédiaires entre les parcelles non couvertes et celles couvertes avec des filets noirs, mais les faibles écarts des critères mesurés ne sont pas significatifs avec le témoin non couvert. Il y a de plus des comportements qui varient en fonction des variétés de pommes cultivées.

### III. Matériels et méthode

#### A) Présentation de l'essai.

L'essai sur l'évaluation technico-économique d'un abri climatique pour le maraîchage biologique est mis en place par la Station Expérimentale Horticole de Bretagne Sud (SEHBS) à Auray dans le Morbihan. Dans le cadre de cet essai, la SEHBS a mis en place un partenariat avec les sociétés IDmat basée à Vernoux-en-Gatine (Deux-Sèvres) et Texinov basée à la Tour du Pin (Isère). La première entreprise est spécialisée dans les systèmes de protection climatique en agriculture et la seconde fabrique des agrotextiles pour la protection des cultures. L'essai est prévu pour une durée minimum de 5 ans. La parcelle expérimentale a une surface de 2300 m<sup>2</sup>. Elle est certifiée sous le label « Agriculture Biologique » par l'organisme Ecocert. L'abri climatique a été monté en janvier 2011. L'année 2012 correspond à la deuxième année de culture.

##### 1. Les modalités de l'essai.

Deux modalités sont évaluées à travers cet essai. Elles correspondent à deux systèmes de cultures différents :

- La modalité « Abri climatique » : elle correspond à une surface de 1000 m<sup>2</sup> sur laquelle est installé un abri climatique.
- La modalité « Témoin » : de même surface que la modalité précédente, elle sert de référence témoin pour la comparaison de la modalité « Abri climatique ». Ce système de culture correspond aux pratiques culturales employées habituellement par les maraîchers agrobiologiques morbihannais.

La figure 18 suivante illustre le plan général de la parcelle en essai avec les deux modalités.

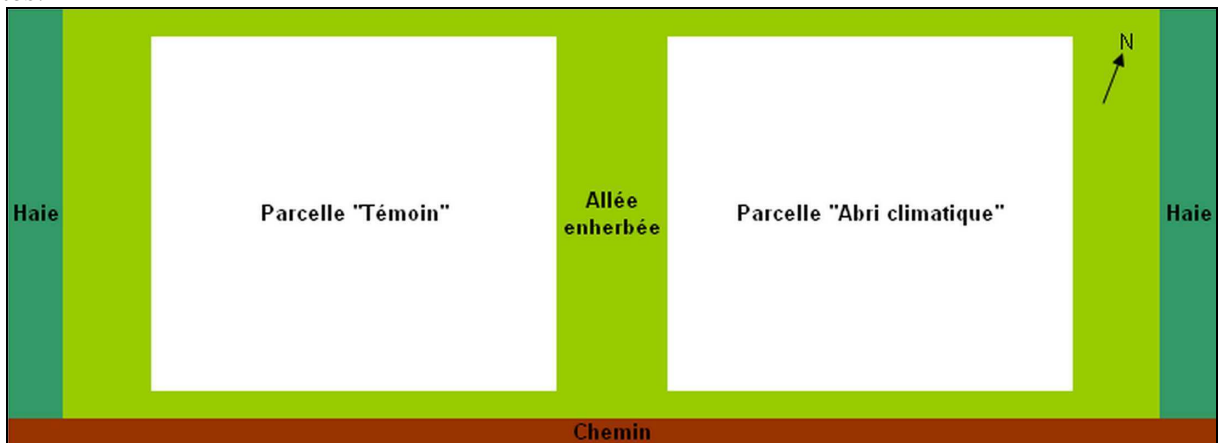


Figure 18 : Plan schématique de la parcelle expérimentale

##### 2. Les thématiques abordées à travers l'essai.

L'abri climatique est divisé en 4 blocs ayant pour surface 250 m<sup>2</sup> chacun. Ils correspondent à quatre thématiques différentes :

- Un bloc « Cultures sensibles au mildiou » : L'objectif de ce bloc est d'évaluer l'impact de l'abri sur l'apparition de maladie dite de confinement comme le mildiou.
- Un bloc « Crucifères » : L'objectif de ce bloc est d'évaluer la protection mécanique de l'abri vis-à-vis des ravageurs des crucifères (mouche du chou, chenilles défoliatrices).

- Un bloc « Ombellifères » : L'objectif de ce bloc est d'évaluer la protection mécanique vis-à-vis de la mouche de la carotte.
- Un bloc « Cultures sensibles aux intempéries » : L'objectif de ce bloc est d'évaluer le rôle protecteur de l'abri face aux intempéries climatiques, notamment le vent, sur des cultures dites sensibles (poivron, courge, etc.).

Les blocs changent d'emplacement tous les ans, ce qui correspond à une rotation des cultures de quatre ans. Chacun des blocs a sa réplique au sein de la modalité « Témoin plein champ ».

### 3. Les conditions pédoclimatiques de la parcelle en essai.

Le sol de la parcelle expérimentale est de type limono-sableux, dans la classe des textures équilibrées. Les résultats de l'analyse granulométrique sont présentés dans le Tableau 4.

**Tableau 4 : Résultats d'analyses granulométriques entre 0 et 30 cm de profondeur. Les données sont exprimées en pourcentage des différentes classes texturales.**

Argile (%)	Limon fin (%)	Limon grossier (%)	Sable fin (%)	Sable grossier (%)
17.2	16.5	10.5	13.7	42.1

Une station météorologique gérée par Météo France est placée sur la station expérimentale (Figure 19). La pluviométrie et les températures minimales et maximales sont enregistrées quotidiennement. Ces données sont transmises hebdomadairement par courriel à la station expérimentale (Annexe III).



**Figure 19 : Station Météo France de la SEHBS (SEHBS, 2010)**

## B) Description des abris climatiques installés : caractéristiques techniques et évolution.

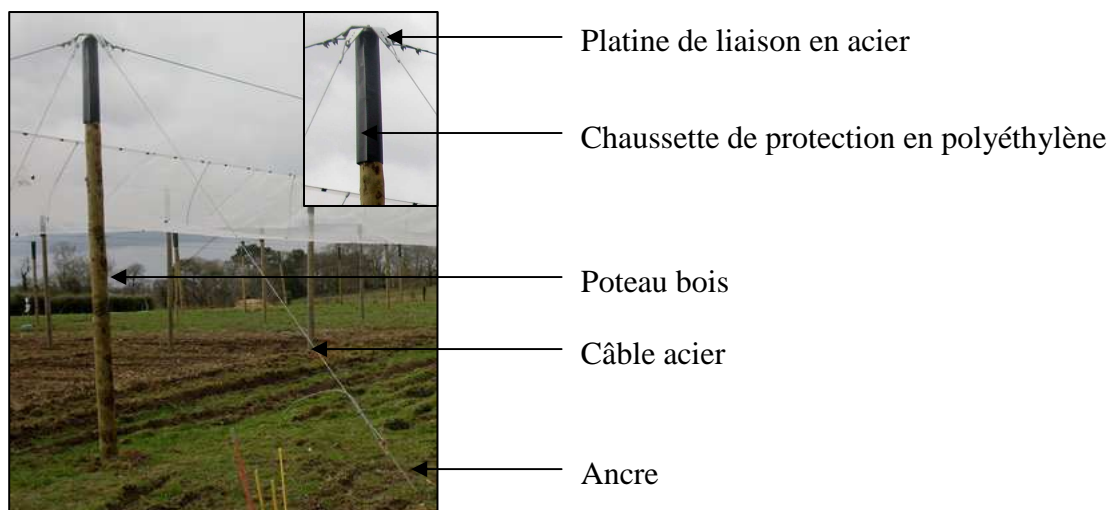
L'essai a débuté en janvier 2011 avec le montage d'un premier abri climatique. Pour des raisons de dégâts trop importants dus à des vents violents en décembre 2011, cet abri a été modifié. Ainsi pour l'année de culture 2012, incluant la période de stage (12 mars au 21 septembre 2012), deux abris se sont succédés. Nous les distinguerons comme suit dans le reste du rapport :

- Abri 1 : en place de janvier 2011 au 18 juin 2012.
- Abri 2 : en place à partir du 2 juillet 2012.

La période de 15 jours entre les deux abris correspond aux travaux effectués pour la rénovation de l'abri.

### 1. La structure de l'abri climatique.

L'abri climatique a une structure composée de poteaux en bois d'une hauteur de 4 m, enfoncés dans le sol de 50 cm ; soit une hauteur sous abri de 3,5 m. Les poteaux qui délimitent l'abri sont consolidés à l'aide d'un système d'ancrage, comme indiqué par la figure 20.



**Figure 20 : Photographie d'un poteau d'angle de l'abri climatique et matériaux utilisés (SEHBS, 2011).**

Les poteaux qui sont à l'intérieur de l'abri possèdent uniquement la chaussette de protection et un étrier (figure 21) dans lequel est maintenu un câble acier qui relie les poteaux les uns aux autres.

C'est sur cette ossature que viennent se fixer les filets.



**Figure 21 : Etrier tête de poteau (SEHBS, 2011)**

## 2. Les différents filets installés.

La séparation entre l'intérieur et l'extérieur de l'abri climatique est assurée par des filets en polyéthylène, ce qui en fait un outil relativement léger comparé à un tunnel ou une serre verre.

Voici les références des filets utilisés pour l'essai :

- Abri 1 : filets de la société Agrinova (Milan - Italie) :
  - Super Umbratex : Taille de la maille : 0,35 X 1,4 mm. Installé sur les côtés latéraux.
  - Umbratex : Taille de la maille : 1 X 1,5 mm. Installé en toiture.
- Abri 2 : filets de la société Texinov :
  - TIP 950 : Taille de la maille : 0,95 X 0,95 mm. Installé sur les côtés latéraux Nord-Sud.
  - TIP 030 : Taille de la maille : 1 X 3 mm. Installé sur les côtés latéraux Est-Ouest.
  - TIP 009 C : Taille de la maille : 3 X 7 mm. Installé en toiture.

## 3. Les choix techniques réalisés pour l'abri : évolution et justification.

L'abri climatique 1 a été monté en janvier 2011. Le choix des filets est orienté par la taille de la maille (< 1,5 mm) afin de lutter contre les mouches des légumes (pour rappel : mouche du chou : 6 à 8 mm de long ; mouche de la carotte : 4 à 5 mm de long). De plus, pour permettre une facilité du travail du sol dans l'abri, les côtés Est et Ouest possèdent des ouvrants sur toute leur longueur. Le système d'accroche des filets en toiture est tel qu'une zone de recouvrement des filets est présente au centre de chaque travée.

En décembre 2011 et avril 2012, de forts coups de vent ont dégradé l'abri. Il a donc été décidé de le rénover. Plusieurs changements s'expliquent par deux points majeurs :

- la résistance de l'abri face au vent. Pour cela, la taille des mailles des filets des côtés Est et Ouest (vent dominant) et de la toiture sont plus grande pour permettre un meilleur passage de l'air. Des poteaux en bois et des ancrs sont ajoutés côtés Ouest et celui-ci est fermé définitivement. Seul le côté Est conserve des ouvrants sur toute la longueur. Afin de diminuer la manipulation de ceux-ci, réservés à l'entrée du tracteur, une porte coulissante est installée dans l'angle Sud-Est.
- le système d'accroche des filets du toit est différent de l'abri 1. Ce choix est dû au concept du fabricant de filet. Un câble intégré au filet permet un montage plus rapide. Il n'y a plus de zone de recouvrement. Elle est remplacée par une bavette qui permet l'évacuation de la grêle et de la neige.

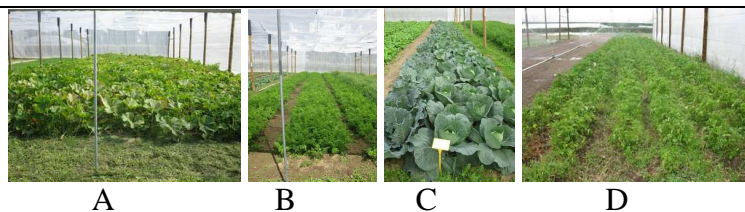
L'abri climatique de la SEHBS est un prototype pour le maraîchage dans le Morbihan. Des compromis entre la résistance au vent et le passage des insectes doit être trouvé. C'est pour ces raisons que l'évolution est nécessaire. Cette évolution est illustrée par la figure 22, qui retrace les étapes clés de l'abri climatique.

#### Janvier 2011 : Montage de l'abri climatique 1



Montage de l'Abri 1 (A et B). Caractéristiques : ouverture côtés Ouest (C) et Est. Filet en toiture présentant une zone de recouvrement (D) (SEHBS, 2011).

#### Été 2011 : Première année de culture



Cultures de la première année : bloc « Cultures sensibles aux intempéries » (Courge) [A], Bloc « Ombellifères » (Carotte) [B], bloc « Crucifères » (Chou pommé) [C] et bloc « Cultures sensibles au mildiou » (Pomme de terre) [D] (SEHBS, 2011).

#### Décembre 2011 : tempête Joachim ; et Avril 2012 : coup de vent violent



Dégâts sur l'abri 1 suite aux épisodes venteux de décembre 2011 et Avril 2012 (SEHBS, 2011 et 2012)

#### 18 juin au 2 juillet 2012 : Rénovation de l'abri climatique



Rénovation de l'abri climatique (SEHBS, 2012).

### A partir de juillet 2012 : Abri climatique 2



A B C D E

Nouvel abri climatique : abri 2. Caractéristiques : fermeture définitive et renforcement du côté Ouest par des ajouts de poteaux bois et d'ancrage (A). Filet en toiture ne présentant pas de zone de recouvrement. Présence d'une bavette en toiture (C). Installation d'une porte coulissante et conservation des ouvrants côté Est (E) (SEHBS, 2012).

Figure 22 : Etape clés dans l'évolution de l'abri climatique de la SEHBS

### C) Itinéraires techniques et conduites des cultures en essai.

Le tableau 5, suivant, indique les étapes culturales et les travaux réalisés pour les cultures de l'essai.

Les blocs mesurent 25 m de long et 9 m de large. Cinq planches de culture (24 X 1 m) peuvent être installées au maximum par blocs.

Tableau 5 : Descriptif des étapes des conduites culturales pour les 4 blocs de culture.

Bloc	« Cultures sensibles au mildiou »	« Crucifères »	« Ombellifères »	« Cultures sensibles aux intempéries »
<b>Activité</b>				
<b>Travail du sol</b>	17/02 : rotavator 12/03 : rotobèche 21/03 : rotobèche, cultirateur 19/07 : rotavator	17/02 : rotavator 26/03 : cultirateur (faux semis) 27/03 : rotobèche 28/03 : cultirateur 19/07 : rotavator	17/02 : rotavator 26/03 : cultirateur (faux semis) 03/04 : rotobèche, cultirateur 31/07 : rotavator	17/02 : rotavator 26/03 : cultirateur (faux semis) 02/05 : canadien 04/05 : rotobèche, cultirateur
<b>Fertilisation organique</b>	21/03 : Arvor Compost, 5T/ha. Duetto, 1T/ha (salade uniquement)	Pas de fertilisation	03/04 : Arvor Compost, 5T/ha	04/05 : Arvor Compost, 35T/ha, Duetto, 1T/ha
<b>Plantation/ semis</b>	22/03 : <u>Salade</u> feuille de chêne rouge 'Bellino' Clause, <i>Bremia lactucae</i> résistance 1 à 25, 3 planches, paillage film PE de 14 trous/m <sup>2</sup> . <u>Oignon</u> 'rosé', 2 planches, paillage film PE de 14 trous/m <sup>2</sup>	29/03 : <u>Navet</u> 'Primera', 5 planches, paillage film PE de 14 trous/m <sup>2</sup>	04/04 : <u>Carotte</u> 'Starca', 3 planches, semis papier, 250 graines/m.linéaire	09/05 : <u>Poivron</u> 'Denver', 5 planches, 4 plants/m <sup>2</sup> sur film PE



<b>Opérations culturales</b>	<b>Abri</b> 24/04 : désherbage thermique des allées 10/05 : désherbage oignon 18/07 : film paillage retiré	<b>Témoin</b> 22/03 : mise en place voile Mikroclima® 12/05 : désherbage oignon 29/05 : Voile Mikroclima® retiré 18/07 : film paillage retiré	<b>Abri</b> 24/04 : désherbage thermique des allées 03/07 : film paillage retiré	<b>Témoin</b> 29/03 : mise en place voile Mikroclima® 18/06 : Voile Mikroclima® retiré 03/07 : film paillage retiré	<b>Abri</b> 14, 15 et 16/05 : désherbage manuel 28/06 : désherbage manuel	<b>Témoin</b> 05/04 : mise en place voile Mikroclima® 14, 15 et 16/05 : désherbage manuel 27/06 : Voile Mikroclima® retiré 28/06 : désherbage manuel	<b>Abri</b> 12/06 : désherbage des allées (binette) 20/06 : désherbage des planches 19/07 : rotofil dans les allées 24/07 : installation du système de palissage 21/08 : rotofil dans les allées	<b>Témoin</b> 09/05 : installation chenille nantaise 20/06 : désherbage des planches Du 12/05 au 02/07 : ouverture/fermeture manuelle des chenilles 05/07 : ouverture définitive des chenilles 18/07 : rotofil dans les allées
	<b>Gestion phytosanitaire</b>	22/03 : Traitement préventif anti-limace Ferramol®, 12 kg/ha 20/04 : Traitement curatif anti-limace Ferramol®, 12 kg/ha	20/04 : Traitement curatif anti-limace Ferramol®, 12 kg/ha	<b>Abri</b> 20/04 : Traitement curatif anti-limace Ferramol®, 12 kg/ha	<b>Témoin</b> Installation de 4 pièges chromatiques englués pour le suivi de la mouche de la carotte, relevé hebdomadaire			
<b>Irrigation</b>	Suivi réalisé à l'aide de tensiomètres (Watermark®). Arrosage par aspersion avec des sprinklers.					Installation de 2 gaines T-tape sous chaque planche. Suivi par observation.		
<b>Récoltes</b>	<b>Salade :</b> 02/05 10/05 24/05 <b>Oignon :</b> 31/05 12/06 20/06	11/05 23/05 14/06	27/06 04/07 12/07	26/07 03/08 17/08 31/08				

## D) Variables météorologiques et telluriques mesurées.

Afin de constater si les filets de l'abri climatique peuvent modifier le microclimat au sein de celui-ci, et comprendre à quel niveau le(s) changement(s) se réalise(nt), plusieurs paramètres de l'air et du sol sont mesurés et comparés avec la modalité « témoin ».

### 1. La température de l'air.

La température de l'air est mesurée à l'aide de thermomètres mini-maxi 24 cm (CAMN – Rézé [44]). Un thermomètre est installé au milieu de l'abri climatique pour la modalité « Abri climatique ». Un autre est positionné au niveau de la parcelle témoin. Le relevé est effectué manuellement tous les matins des jours ouvrés. Deux variables sont notées :

- la température minimum en °C.
- la température maximum en °C.

La température moyenne journalière est calculée à partir de ces deux variables.

## 2. La pluviométrie.

La pluviométrie est mesurée à l'aide de pluviomètres (Signe Nature – Paris [75]). Ils sont relevés tous les matins des jours ouvrés.

Deux types d'informations sont collectés. La comparaison entre les modalités « Abri climatique » et « Témoin » ; et la répartition de la pluviométrie au sein de l'abri climatique. Trois zones ont été définies (Figure 23) :

- Sous le câble (entre poteaux)
- Sous la bavette
- Sous la zone intermédiaire

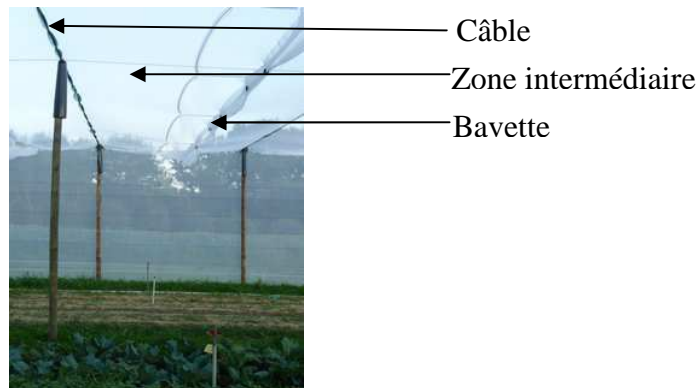


Figure 23 : Illustration des zones de la toiture de l'abri 2.

## 3. Le rayonnement global et actif pour la photosynthèse.

Pour comprendre si la transmission du rayonnement lumineux est modifiée par la présence des filets et de quelle intensité, deux types d'appareils sont installés dans l'abri 2 uniquement :

- Un pyranomètre (CIMEL – Paris [75]), référence CE 180). Il mesure le rayonnement global, c'est-à-dire le flux lumineux provenant du soleil (rayonnement direct) et celui provenant du ciel (rayonnement diffus). Cet appareil mesure les longueurs d'ondes entre 0,3 et 3  $\mu\text{m}$  (rayonnements visible et infrarouge moyen). Pour la modalité témoin, la station Météo France de la SEHBS, positionnée à proximité de la parcelle témoin, possède un pyranomètre.
- Un détecteur PAR/LE (SOLEMS S.A. – Palaiseau [91]). Il mesure le rayonnement visible dans la gamme de longueurs d'ondes comprises entre 400 et 700 nm. Ce domaine correspond aux lux et au flux utile à la photosynthèse. Un appareil est positionné dans l'abri climatique. Un autre à l'extérieur.

Tous ces capteurs sont reliés à une centrale d'acquisition (DL2e de DELTA-T DEVICES Ltd., Pulsonic - Orsay [91]). Les mesures s'effectuent toutes les 30 secondes. Une moyenne de ces valeurs est calculée toutes les 10 minutes.

## 4. La température du sol.

La température du sol est mesurée à l'aide de sondes équipées d'un boîtier d'enregistrement Tinytag (Agro Ressources – Le Thor [84]). La comparaison entre les deux modalités a eu lieu pour deux blocs différents :

- le bloc « Cultures sensibles au mildiou ». Deux sondes positionnées dans la répétition 2 de la culture de salade. Période : du 23/03/12 au 08/06/12

- Le bloc « Cultures sensibles aux intempéries ». Une sonde dans les répétitions 1 et 3 et deux sondes dans la répétition 2. Période : du 02/07/12 au 21/08/12.

La température du sol est mesurée toutes les 15 minutes à 15 cm de profondeur.

Les données sont téléchargées sur un ordinateur et exploitées avec le logiciel Tinytag Explorer 4.8 (Agro Ressources – Le Thor [84]).

### 5. L'humidité dans le sol.

L'humidité dans le sol est mesurée par des tensiomètres (Challenge Agriculture – Ambillou [37]) positionnés à 20 cm de profondeur. Les valeurs sont relevées à l'aide de l'appareil Watermark® (IRROMETER Company, Inc – Riverside [Etats-Unis]) tous les matins des jours ouvrés.

Pour des contraintes matérielles, seul un bloc est équipé avec trois sondes :

- Le bloc « Ombellifères ». Une sonde dans chaque répétition. Période : du 13/04/12 au 18/07/12.

## E) Variables agronomiques.

### 1. Les rendements et calibres

Les comptages sont réalisés à chaque récolte sur 1 m<sup>2</sup> sur trois planches différentes correspondant chacune à une répétition. Les poids commercialisables et non commercialisables sont pesés. Une exception concerne les poivrons, où les récoltes se font sur 16 plants sur trois planches différentes. Les poids commercialisables et non commercialisables sont alors calculés pour un m<sup>2</sup> de la surface entière du bloc (planche + allées).

Les calibres moyens des légumes sont calculés par division du poids commercialisable récoltés par m<sup>2</sup> sur le nombre de légumes commercialisables récoltés sur cette même surface. Exception faite pour le calibre d'un pivot de carotte est calculé à partir d'un échantillon de 10 carottes.

### 2. Les déchets

- Pour les salades : classées « hors calibre » (< 200 g), classées « déchets pucerons » par appréciation visuel de la personne qui récolte (cette personne a été la même pour les trois récoltes). Les salades classées « mildiou » se fait selon présence de mildiou sur les feuilles.
- Pour les navets : classés « déchets mouches du chou » par présence de dégâts de la larve, classés « déchets autres » par présence de dégâts liés à des limaces, vers et par bulbes mal formés.
- Pour les carottes : classées « éclatés » si le pivot est fendu ou craquelé, classées « trop petites » si le pivot mesure moins de 10 cm de long, classées « déformées » par observation d'une déformation (exemple : pivot fourchu), classées « présentant des trous » si présence de trous dans le pivot (exemple : dégâts de vers), classées « grignotées » si présence d'un dégât de mulot sur le haut du pivot, classées « sectionnées à la récolte » lorsqu'au moment du comptage les pivots ont été cassés.
- Pour les poivrons : classés « brûlures » si le fruit présente une trace de brûlure due au soleil sur l'épiderme, classés « déchets *Sclerotinia* » lorsque le fruit n'est plus commercialisable en raison d'une attaque de *Sclerotinia sclerotiorum* sur le

plant, classés « dégâts chenilles » si le fruit présente des trous liés à des chenilles.

## F) Etude économique.

L'étude économique présente trois postes importants : les approvisionnements, les charges en main d'œuvre, et le chiffre d'affaire par culture. Les charges ne sont pas exhaustives : elles intègrent les postes les plus importants et ceux qui diffèrent entre les deux modalités pour au moins une culture. De plus, nous n'avons pas comptabilisé le temps lié aux récoltes car il est dépendant des rendements. La marge brute ainsi obtenue n'a pas de signification en valeur brute mais sert de comparatif entre les modalités.

Pour l'abri climatique nous considérons un prix de 6 €/m<sup>2</sup> (3€/m<sup>2</sup> de montage et 3€/m<sup>2</sup> de matériel) que l'on amorti sur six ans. Soit le coût annuel pour 2012 de 1€/m<sup>2</sup>.

Pour le palissage des poivrons dans l'abri, nous considérons un amortissement des poteaux en bois sur 10 ans.

Dans le cas de notre essai, une partie des charges concernent l'Entretien dans l'abri climatique. En effet, au niveau des poteaux, des bandes enherbées sont installées. Ces charges peuvent être diminuées si ces zones sont cultivées.

Cette analyse économique est réalisée en faisant l'hypothèse que tous les légumes commercialisables sont vendus, ce qui n'est pas forcément le cas chez les producteurs.

Pour le calcul du chiffre d'affaire, le prix de vente des légumes est tiré du site : [http://www.terre-net.fr/outils/cours\\_marches/fruits\\_legumes.asp?typ=BIO](http://www.terre-net.fr/outils/cours_marches/fruits_legumes.asp?typ=BIO).

## G) Traitement des données.

Le traitement statistique des données est réalisé à l'aide du logiciel Statbox 6.7. Les analyses ANOVA sont faites sur les variables en fixant le seuil de la p-valeur à 5 %. Les groupes homogènes sont signalés par des lettres dans les tableaux et sur les figures présentant les résultats.

# IV. Résultats

## A) Conditions météorologiques comparées entre l'abri climatique et la parcelle témoin.

Dans cette partie nous allons décrire les paramètres météorologiques de la modalité « Témoin » et de la modalité « Abri climatique », en distinguant l'Abri 1 et l'Abri 2.

### 1. La température de l'air

#### a) Abri climatique 1

**Tableau 6 : Moyenne des températures du 12 avril au 18 juin 2012 dans l'abri 1 et la parcelle témoin et écart entre ces deux modalités.**

Températures (°C)	Abri climatique 1	Témoin	Ecart
Moyenne	17,4 a (± 4,3)	15,8 b (± 4,2)	1,6
Maximale	27 a (± 7,2)	23,9 b (± 6,4)	3,1
Minimale	7,9 (± 3,1)	7,6 (± 3,5)	0,3

Comme indiqué par le tableau 6, la température moyenne dans l'abri climatique, sur la période du 12 avril au 18 juin 2012, est significativement plus élevée de 1,6°C par rapport à celle de la parcelle témoin. Cette différence significative s'explique par une augmentation de 3°C en moyenne de la température maximale dans l'abri. Par contre, le test statistique n'est pas significatif pour l'écart des températures minimales. Il semble que la nuit il y ait des pertes de chaleur suffisantes dans l'abri pour que la température de l'air soit proche de celle de l'extérieur. En journée l'air se réchauffe plus du fait de l'effet de serre induit par les filets.

## b) Abri climatique 2

**Tableau 7 : Moyenne des températures du 10 juillet au 28 août 2012 dans l'abri 2 et la parcelle témoin et écart entre ces deux modalités.**

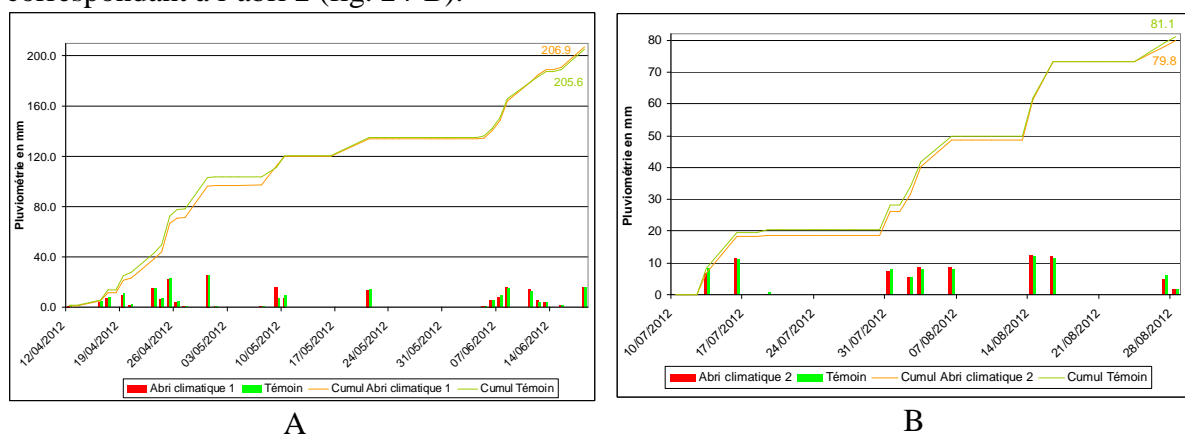
Températures (°C)	Abri climatique 2	Témoin	Ecart
Moyenne	22,4 a ( $\pm$ 4,0)	20,9 b ( $\pm$ 3,7)	1,5
Maximale	32,5 a ( $\pm$ 7,6)	30,1 b ( $\pm$ 6,6)	2,4
Minimale	12,2 a ( $\pm$ 2,1)	11,7 b ( $\pm$ 2,3)	0,5

Le tableau 7 nous indique que la température moyenne de l'air est significativement supérieure dans l'abri climatique de 1,5°C par rapport à celle de l'extérieur sur la période du 10 juillet au 28 août. Les températures moyennes maximales et minimales sont aussi significativement supérieures dans l'abri 2.

De même que pour l'abri 1, l'air se réchauffe plus dans l'abri climatique 2 par rapport à l'air extérieur.

## 2. La pluviométrie

Le test statistique n'est pas significatif pour la pluviométrie. La figure 24 représente la pluviométrie journalière pour la période correspondant à l'abri 1 (fig. 24-A) et pour celle correspondant à l'abri 2 (fig. 24-B).



**Figure 24 : Pluviométrie journalière et cumulée du 12 avril au 18 juin (A) et du 10 juillet au 28 août (B).**

Comme illustré par la figure ci-dessus, l'écart entre les cumuls de pluie de chaque modalité est très faible et ceci pour les deux abris. Pour les deux abris une hétérogénéité de la répartition de la pluviométrie est constatée :

- pour l'abri 1 les gouttes de petites tailles (0,2 à 0,5 mm, bruine) restent accrochées au filet et tombent alors par « paquet » de façon hétérogène dans l'abri. Nous remarquons alors des impacts sur les planches de cultures au niveau des zones de recouvrement des filets (figure 25). Cette hétérogénéité s'est traduit dans certains cas par une différence de pluviométrie allant parfois jusqu'au double de pluie par rapport à la quantité tombée réellement.

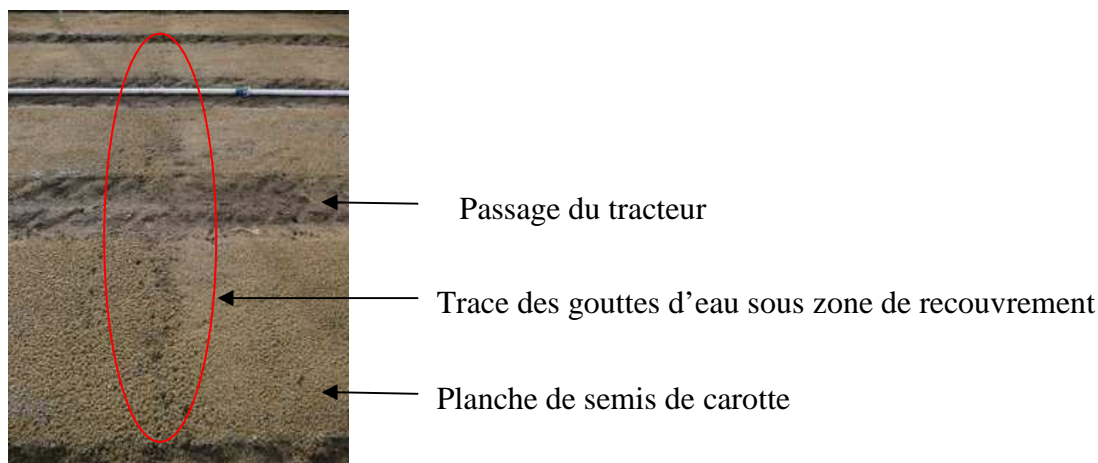
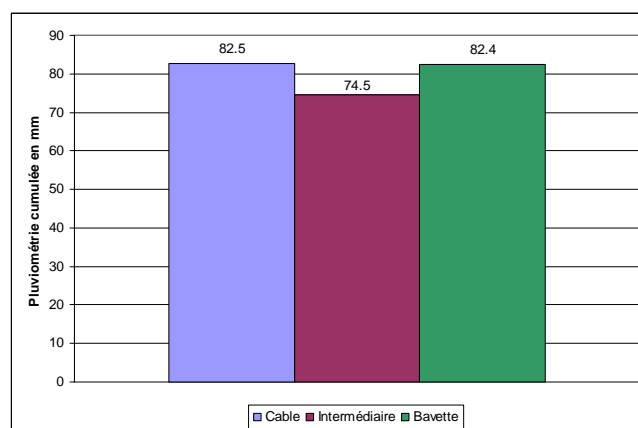


Figure 25 : Impact des gouttes d'eau sur les planches de semis de carottes (Q. Deneuve, 2012)

- pour l'abri 2, les cultures sous la zone intermédiaire reçoivent environ 9 % de pluie en moins que celles sous les autres zones. Les zones sous le câble et sous la bavette ont reçu une quantité d'eau équivalente au témoin (figure 26).

Figure 26 : Pluviométrie cumulée en fonction des trois zones de la toiture de l'abri 2



### 3. Les rayonnements dans l'abri climatique 2

#### a) Le rayonnement global

Les filets diminuent significativement de 17% le rayonnement global moyen mesuré sur la période du 12 juillet au 21 août. Toutefois cette baisse de rayonnement varie en fonction de la couverture nuageuse.

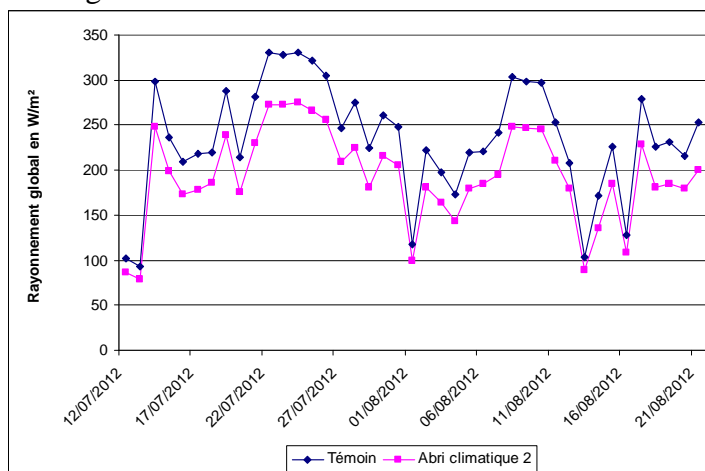
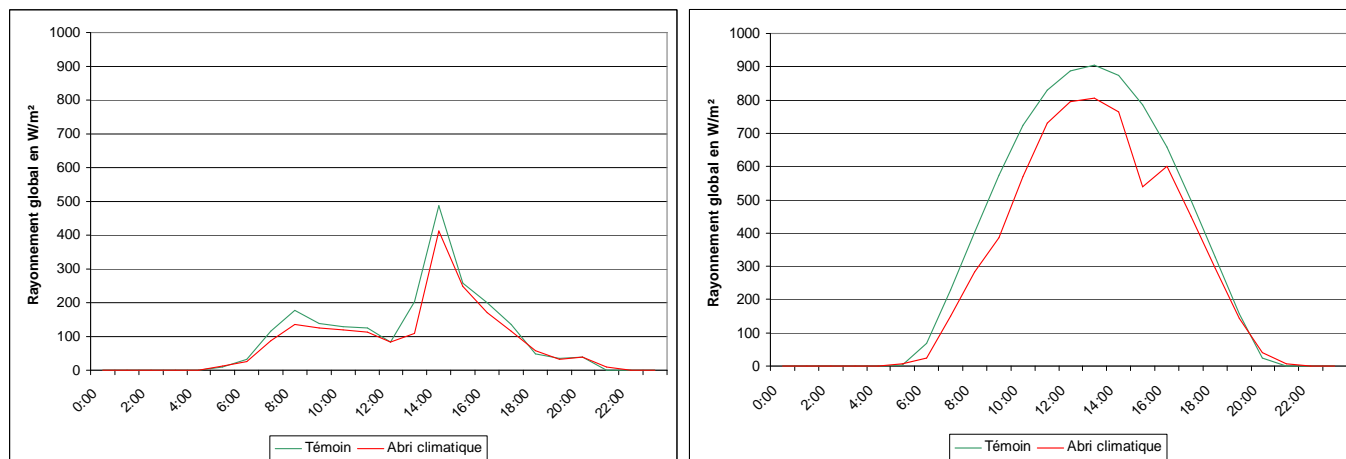


Figure 27 : Rayonnement globale en fonction des modalités pour la période du 12/07 au 21/08.

La figure 27 illustre ces variations du rayonnement global et permet d'identifier les journées couvertes et ensoleillées. La transmission lumineuse dans l'abri climatique se

comporte alors un peu différemment comme indiquée par l'allure des courbes de la figure 28. Par exemple, lors de la journée du 13/07 (fig. 28-A) le cumul de rayonnement est de 2219 W/m<sup>2</sup> sur la parcelle témoin contre 1902 W/m<sup>2</sup> dans l'abri climatique, soit une perte de 14 %. Lors de la journée du 24/07 (fig. 28-B) ce cumul est de 7942 W/m<sup>2</sup> pour le témoin contre 6593 W/m<sup>2</sup> pour l'abri climatique, soit une perte de 17 %.



A : Journée couverte (13/07)

B : Journée ensoleillée (24/07)

**Figure 28 : Rayonnement global en fonction des heures pour une journée couverte (A) et une journée ensoleillée(B).**

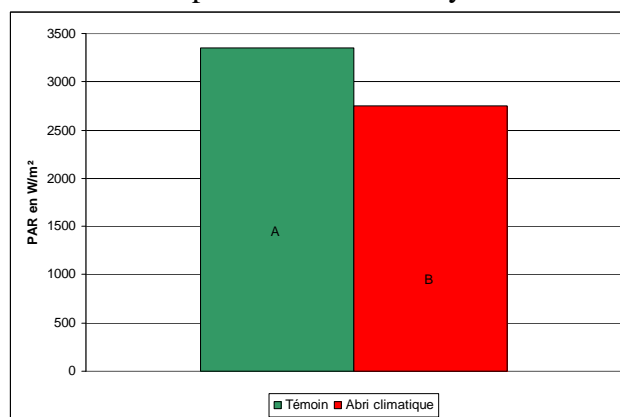
Un autre point intéressant concerne les mesures du rayonnement au lever et au coucher du soleil. Par exemple, le 24/07 (fig. 28-B), les valeurs du rayonnement à 5h, 20h et 21h sont plus élevées dans l'abri climatique.

### b) Le rayonnement actif pour la photosynthèse

Le rayonnement actif pour la photosynthèse se comporte comme le rayonnement global. Il est significativement plus élevé dans la parcelle témoin que dans l'abri climatique.

Le cumul du PAR permet d'évaluer un déficit dans l'abri climatique de 576 W/m<sup>2</sup> sur la période du 12 juillet au 21 août 2012, soit une perte de 18 % (fig. 29).

**Figure 29 : Cumul du rayonnement actif pour la photosynthèse pour les deux modalités du 12/07 au 21/08**



## B) Résultats agronomiques des cultures

### 1. Le bloc « Cultures sensibles au mildiou »

#### a) Les salades

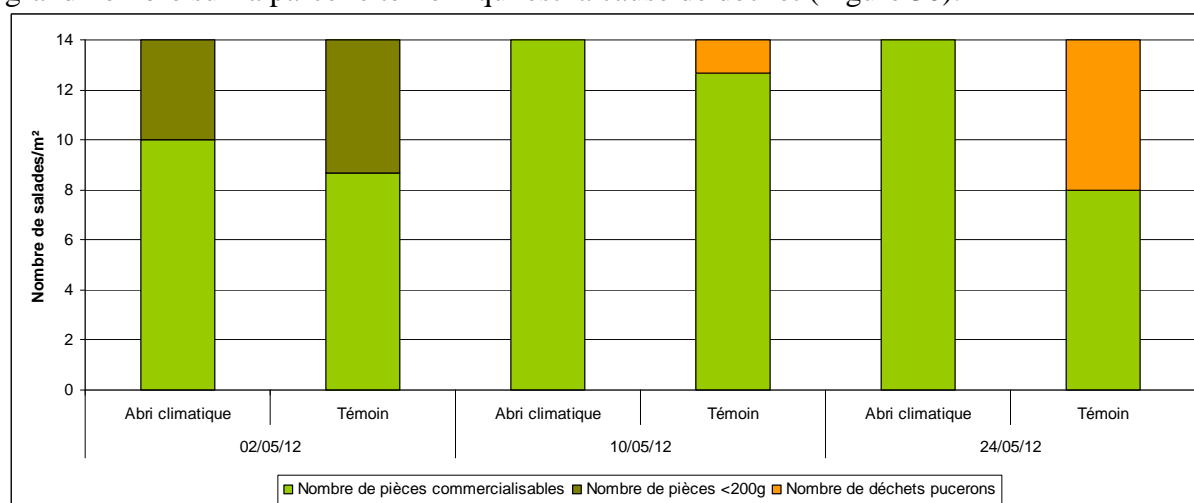
L'essai mené ne permet pas de distinguer significativement le poids commercialisable de salade par m<sup>2</sup> en fonction des deux modalités. Toutefois, comme indiqué par le tableau 8, une tendance semble se dégager en faveur de la modalité abri climatique pour les trois dates de récoltes. Il est intéressant de constater une meilleure homogénéité des salades récoltées

dans l'abri climatique, indiquée par des écarts type plus faible que ceux de la modalité « témoin ».

**Tableau 8 : Poids de salades commercialisables en g/m<sup>2</sup> par date de récolte.**

Dates de récolte	Abri climatique	Témoin	Ecart en %
02/05	2150 (±445)	1866 (±1153)	13
10/05	5513 (±248)	5014 (±744)	9
24/05	4531 (±204)	3316 (±2016)	27

Les écarts de rendements (de 9 à 27 %) peuvent s'expliquer par un nombre de têtes non commercialisables plus important dans la parcelle témoin que dans l'abri climatique (résultats non significatifs). Pour la première date de récolte les déchets sont liés à des salades hors calibre (< 200 g) ; pour la seconde et la dernière c'est la présence de pucerons en trop grand nombre sur la parcelle témoin qui est la cause de déchet (Figure 30).



**Figure 30 : Nombre de salades récoltés par modalités et par dates de récolte**

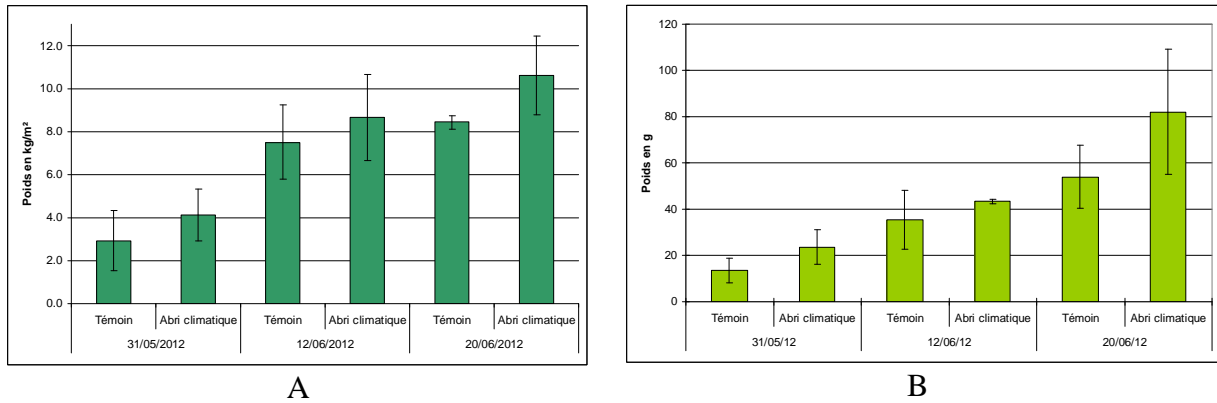
Une attaque de mildiou a été observée lors de la dernière récolte, soit 2 mois après plantation. Le nombre de têtes de salades touchées par la maladie est significativement plus important dans l'abri climatique que dans le témoin. En effet, toutes les salades cultivées sous abri présentent des dégâts de mildiou contre seulement 1,6 têtes/m<sup>2</sup> en moyenne pour la parcelle témoin. Ceci explique la chute de rendement dans l'abri climatique entre le 10 mai et le 24 mai (Tableau 8), en raison d'un parasite plus sévère. Cependant le rendement reste supérieur à la modalité témoin car toutes les salades sont commercialisables.

#### b) Les oignons

Pour la culture d'oignons, les tests statistiques réalisés sur l'ensemble des variables par date de récolte ne sont pas significatifs. Toutefois des tendances intéressantes semblent se dégager en ce qui concerne le rendement, à l'avantage de la modalité « abri climatique ». De plus, un gain de précocité est observé. En effet, le poids commercialisable du témoin au 20 juin est identique à celui dans l'abri climatique au 12 juin, soit une avance de 8 jours dans l'abri (figure 31-A).

Si nous considérons les trois récoltes comme répétitions, le rendement moyen de la culture est significativement supérieur dans l'abri climatique avec presque 8 kg/m<sup>2</sup> contre 6 kg/m<sup>2</sup> pour le témoin.





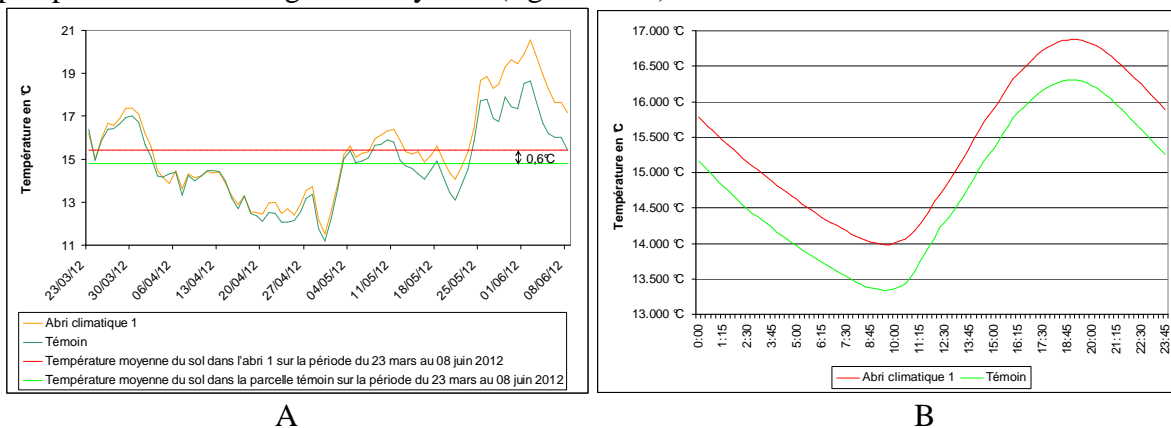
**Figure 31 : Poids commercialisable d'oignons par m<sup>2</sup> (A) et calibre moyen d'un bulbe (B) en fonction des modalités et par dates de récolte**

L'écart de rendement s'explique par des calibres d'oignons plus gros dans l'abri climatique : 50 g en moyenne sur les trois récoltes contre seulement 35 g pour le témoin (figure 31-B).

Aucune attaque de mildiou sur les oignons n'a été observée sur la période de récolte.

### c) La température comme facteur d'amélioration des cultures

Comme vu précédemment, l'augmentation de la température moyenne de l'air dans l'abri climatique est de 1,6°C sur la période de production des salades et de l'oignon. La mesure de la température du sol à 15 cm de profondeur dans les salades confirme ce réchauffement dans l'abri climatique avec une augmentation de la température du sol d'un peu plus d'un demi-degré en moyenne (figure 32-A).



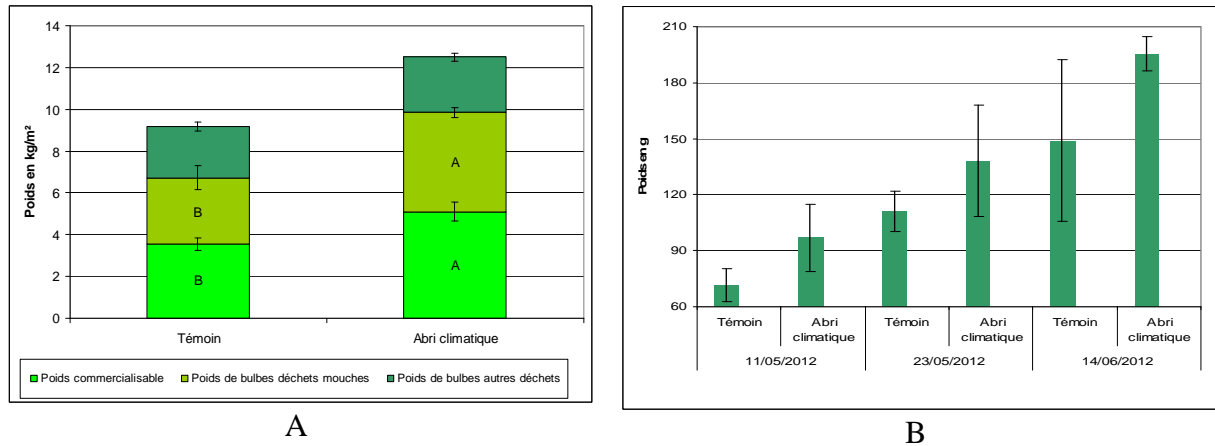
**Figure 32 : Température moyenne du sol journalière (A) et horaire (B) dans la culture de salade**

La moyenne des températures en fonction des heures (fig.32-B) nous indique un effet tampon de l'abri. En effet, l'écart de température se réduit durant la période de réchauffement du sol (11h à 16h) car il se réchauffe plus vite dans la modalité « témoin ». Par contre, l'écart est plus important en période nocturne car le sol perd d'avantage de degré hors de l'abri. Cette amélioration de la température du sol dans l'abri peut expliquer un meilleur développement des racines des salades.

## 2. Le bloc « Crucifère »

En considérant les trois dates de récoltes comme répétitions, le poids commercialisable de navet par m<sup>2</sup> est significativement plus élevé dans la modalité « abri climatique » avec un rendement moyen de 5 kg/m<sup>2</sup> contre 3,5 kg/m<sup>2</sup> pour la modalité « témoin » (figure 33-A). Les

écarts de poids constaté sont principalement dus à des différences de calibre entre ceux de l'abri climatique et ceux de la parcelle témoin. Bien que le test statistique ne soit pas significatif, une tendance en faveur de l'abri climatique semble se dégager, avec des calibres plus gros de 30 % en moyenne sur les trois récoltes (figure 33-B). Pour les deux modalités, le poids de bulbes non commercialisables représente environ 60 % du poids total récolté par m<sup>2</sup>.

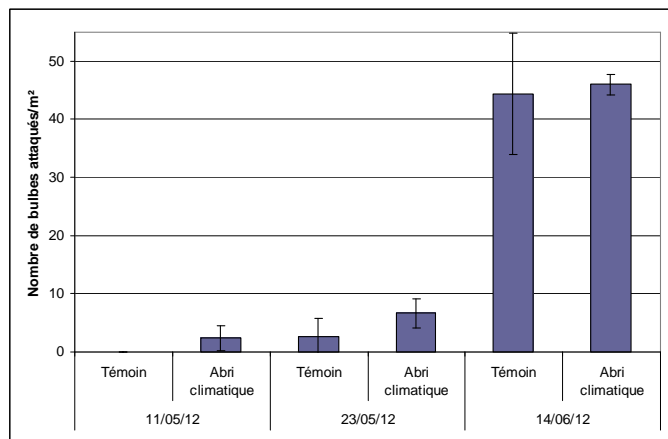


**Figure 33 : Poids moyen de navets récoltés sur les trois récoltes par modalité (A) et calibre moyen d'un bulbe en fonction des modalités et par date de récolte (B)**

Le poids de déchets liés aux dégâts de la mouche du chou présents sur les navets est 1,5 fois supérieur dans l'abri climatique.

Le niveau d'attaque de mouche du chou peut se traduire par la quantité de bulbes présentant des dégâts. Le test statistique sur cette variable n'est pas significatif. La figure 34 nous permet de voir qu'il n'y a pas de véritable différence entre l'abri climatique et la parcelle témoin. Ceci s'explique par une fermeture défectueuse de l'abri en raison des dégâts survenus sur l'« Abri 1 ». Les mouches alors présentes semblent s'être très bien développées dans l'abri climatique et les attaques sont plus homogènes que sur la parcelle témoin. Le voile Mikroclima® joue son rôle de protection en retardant les attaques qui sont réparties de manière plus hétérogène sur la parcelle (écart type important à la dernière récolte).

**Figure 34 : Nombre de navets touchés par une attaque de mouche du chou en fonction des modalités et par dates de récolte**



### 3. Le bloc « Ombellifère »

#### a) Les rendements et les causes de déchets

Les tests statistiques réalisés sur les variables de ce bloc sont uniquement significatifs pour les variables « poids commercialisable » à la première récolte et « nombre de pivots éclatés » sur l'ensemble des récoltes.

Comme illustré par la figure 35, toutes modalités confondues le poids total récolté par m<sup>2</sup> augmente au cours des dates de récoltes. Ceci est dû à une augmentation du calibre du pivot de la carotte qui poursuit son développement. Pour les deux modalités, le calibre

augmente en moyenne de 30 g, en passant de 44 g à 77 g pour la modalité « abri climatique » et de 41 g à 68 g pour la modalité « témoin ».

Les faibles écarts de calibre entre les deux modalités n'expliquent pas complètement les différences de rendements récoltés. Le nombre de pivots total récoltés par m<sup>2</sup> pèse dans ces différences. En effet, en moyenne sur les trois récoltes, 18 % de pivots supplémentaires sont récoltés dans l'abri climatique par rapport au témoin. Ceci s'explique par les frottements du voile Mikroclima® sur les planches de carotte en raison du vent dans la modalité « témoin ». Les jeunes plantules ont ainsi été arrachées.

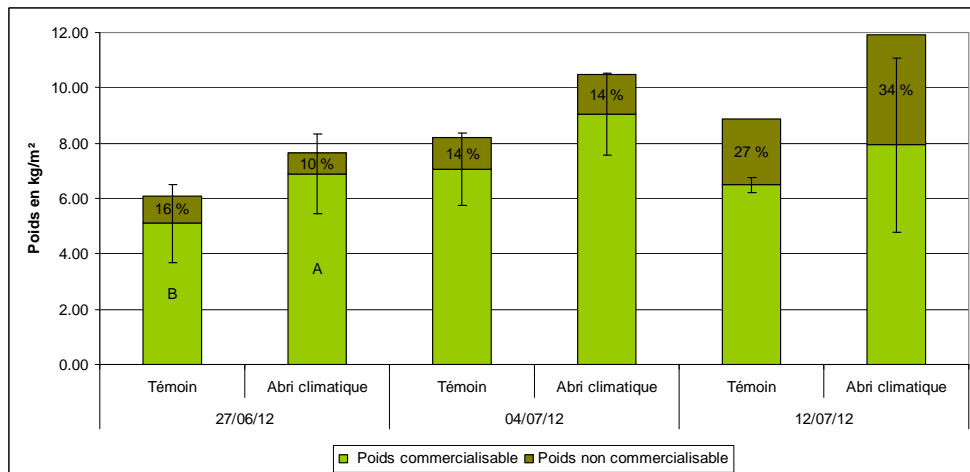


Figure 35 : Poids de carottes récoltés en fonction des modalités et par dates de récolte

La part du poids non commercialisable dans le poids total récolté, indiquée sur la figure 35 en pourcentage, nous indique que pour la première et la deuxième récolte les déchets représentent une part sensiblement équivalente entre modalités. L'augmentation de la part de déchets à la troisième récolte s'explique en partie par un nombre de pivots éclatés qui croît. La figure 36 nous indique le détail du nombre moyen de pivots non commercialisables par type de cause de déchets pour l'ensemble des récoltes. Le nombre de pivots éclatés dans l'abri climatique est significativement plus important avec 10 pivots/m<sup>2</sup> contre 6 pivots/m<sup>2</sup> pour la parcelle témoin.

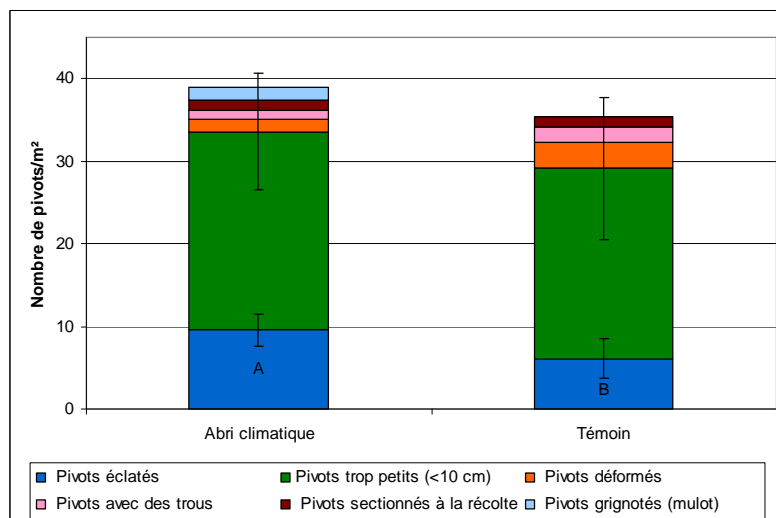


Figure 36 : Détail du nombre moyen de pivots non commercialisables par modalité pour les trois récoltes

Les écarts-types ne sont donnés que pour les deux principales causes de déchets : pivots éclatés et pivots trop petits (< 10 cm). Le nombre de pivots trop petits est identique d'une modalité à l'autre. Une attaque de mulot sur la répétition 3 de la modalité « Abri climatique » participe aussi l'augmentation du poids de déchet à la dernière récolte dans l'abri.

#### b) L'humidité dans le sol

La mesure de l'humidité dans le sol par des sondes tensiométriques placées dans chaque répétition nous indique un dessèchement des 30 premiers centimètres du sol plus important sur la parcelle témoin que dans l'abri (Abri 1) (figure 37).

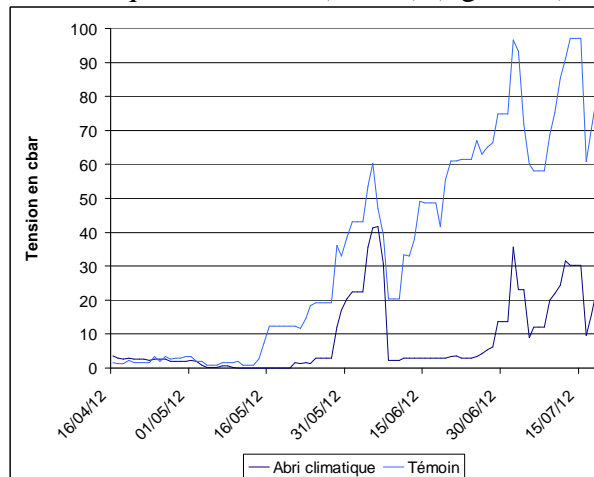


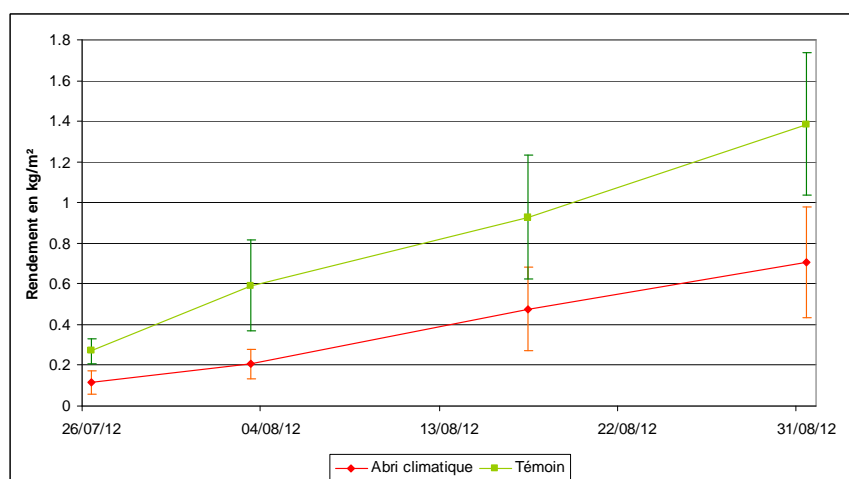
Figure 37 : Tension moyenne dans les 30 premiers cm du sol sur la culture de carottes

Les pivots plus gros dans l'abri climatique peuvent s'expliquer d'une part par l'augmentation de la température de l'air avec notamment un effet précocité de la culture. D'autre part, le facteur humidité du sol, peut être favorable à un meilleur calibre en raison d'un stress hydrique moindre. Par contre, la variation d'humidité dans le sol observée autour de la date de la troisième récolte (12/07), peut expliquer le nombre plus important de pivots éclatés. En effet, du 8 juin au 28 juin, le sol est gorgé en eau (valeur de la tension < à 10 cbars) et durant la période qui suit il y a des assèchements brutaux, notamment du 5 au 12 juillet, où le sol s'assèche de 33 %.

#### 4. Le bloc « Cultures sensibles aux intempéries »

##### a) Les rendements et les principales causes de déchets

Bien que les tests statistiques ne soit pas significatif sur les rendements par date de récolte et sur le rendement cumulé au 31 août, une tendance très nette semble apparaître en défaveur de la modalité « Abri climatique ». En effet, après 4 récoltes, s'étalant du 26 juillet au 31 août, le poids commercialisable de poivrons par m<sup>2</sup> est deux fois plus élevé dans la modalité « Témoin ». Les écarts-types indiqués sur la figure 38, sont calculés à partir des poids cumulé à chaque date pour les trois répétitions. Ils accumulent donc les écarts de chaque date de récolte.



**Figure 38 : Rendement cumulé moyen de poivron commercialisable par date de récolte pour les deux modalités**

A l'heure de la rédaction de ce mémoire, la culture de poivron n'est pas terminée et il reste encore des récoltes à effectuer jusqu'au mois d'octobre. Pour la modalité « témoin », le rendement commercialisable cumulé au 31 août semble être dans la partie basse de la fourchette des rendements attendus. Les températures fraîches du début de l'été peuvent expliquer ceci. Les rendements à cette même date dans l'abri climatique ne sont pas satisfaisants.

Le meilleur rendement dans la parcelle témoin s'explique aussi par un calibre de fruit significativement plus important. Avec un calibre moyen de 172 g sur l'ensemble des récoltes, les poivrons de la parcelle témoin sont plus gros de 28 % que ceux de l'abri climatique.

Le tableau 9 suivant nous indique que le nombre de fruit récoltés dans la parcelle témoin est en tendance plus élevé. Celui des fruits présentant des brûlures est significativement plus grand pour le témoin avec 1,1 fruit/m<sup>2</sup> contre 0,4 fruit/m<sup>2</sup>. Il est intéressant de constater que l'abri climatique n'a pas empêché les dégâts de chenilles (ceci est à nuancer en raison du changement d'abri climatique).

La parcelle témoin a aussi été plus sévèrement touchée par le *Sclerotinia*, qui s'est développé sur tige et a causé des pertes de plants (12,5 % des plants en moyenne contre 0 % dans l'abri) et des dégâts sur fruits.

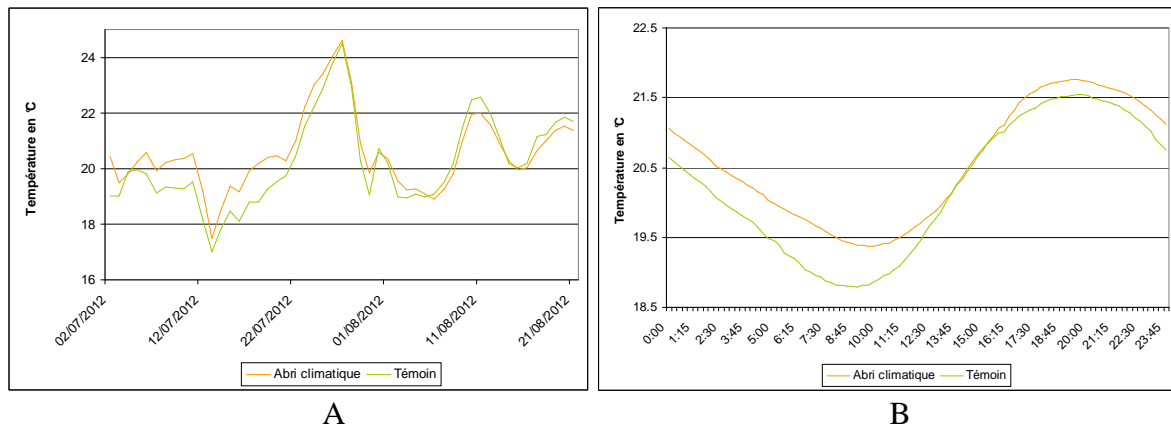
**Tableau 9 : Cumul moyen du nombre de fruits commercialisables et des principaux déchets par modalité au 31 août.**

Cumul moyen du nombre de fruits/m <sup>2</sup>	Commercialisables	Avec brûlure	Dégâts dus au <i>Sclerotinia</i>	Dégâts dus aux chenilles
<b>Abri climatique</b>	5,5 (±2,0)	<b>0,4</b> (±0,3) B	0,8 (±0,7)	0,7 (±0,2)
<b>Témoin</b>	8,3 (±1,3)	<b>1,1</b> (±0,3) A	1,7 (±0,9)	0,8 (±0,4)

#### b) Quelques explications de ces résultats

La température du sol mesurée à 15 cm de profondeur dans la culture de poivron du 2 juillet au 21 août (figure 39-A), nous indique que le sol dans l'abri climatique a significativement 0,3°C supplémentaire en moyenne sur la période. Les chenilles ne sont

ouvertes définitivement qu'à partir du 5 juillet et la température du sol reste plus élevée dans l'abri. Cependant à partir du 5 août, la température du sol est plus élevée dans la parcelle témoin. Ceci peut s'expliquer du fait du très bon développement végétatif des poivrons dans l'abri. Les plants couvrent alors plus le sol et limite le réchauffement du sol. De plus, comme vu précédemment, le rayonnement global est atténué par les filets qui créent de l'ombrage. Les moyennes de températures horaires (fig. 39-B) nous indiquent que lors de la période de réchauffement (après midi), le sol augmente en température très vite. Nous constatons là encore l'effet tampon de l'abri avec une variation journalière de température de 2,4 °C contre 2,8 °C dans la parcelle témoin.



**Figure 39 : Température moyenne journalière (A) et horaire (B) du sol à 15 cm de profondeur sur la culture de poivron du 02/07 au 21/08.**

L'ombrage créé par les filets limite aussi les brûlures liées au soleil et peut expliquer la différence significative de déchets liés à ces coups de soleil entre le témoin et l'abri climatique.

### C) Etude économique pour les cultures de 2012

L'évaluation économique est détaillée dans le tableau 10 pour chaque culture. Elle présente trois postes importants : approvisionnements, charge en main d'œuvre, et chiffre d'affaire. Les charges ne sont pas exhaustives : elles intègrent les postes les plus importants et ceux qui diffèrent entre les deux modalités pour au moins une culture. De plus, nous n'avons pas comptabilisé le temps lié aux récoltes car il est dépendant des rendements. La marge brute ainsi obtenue n'a pas de signification en valeur brute mais sert de comparatif entre les modalités.

L'abri climatique représente une part importante (environ la moitié) des charges d'approvisionnements pour la modalité « Abri climatique ». L'écart de 0,30 €/m<sup>2</sup> entre modalité pour les cultures de salades, oignons, navets et carottes correspond à la différence de prix entre l'abri et le voile Mikroclima®. Pour les poivrons, bien que le palissage effectué dans l'abri climatique coûte moins cher que les chenilles nantaises.

Pour les charges en main d'œuvre, deux activités créent les principales différences :

- l'installation des voiles Mikroclima® et des chenilles nantaises ainsi que le temps passé à repositionner ces voiles après les coups de vent du printemps et l'ouverture/fermeture des chenilles du 12 mai au 2 juillet.
- le désherbage : globalement, à l'instar des cultures, les adventices se développent très bien dans l'abri climatique, bénéficiant notamment du réchauffement de l'air. Les photographies de la culture de poivron présent à la même date illustrent ces propos (figure 40).



**Figure 40 : Culture de poivron dans l'abri climatique (A) et sur la parcelle témoin (B) le 12 juin 2012 (Q. Deneuve)**

Pour les cultures de salade, d'oignon, de navet et de carotte, les marges obtenues pour la modalité « Abri climatique » sont supérieures de 30 % (oignons, carottes) à 70 % (navets). Ces écarts très intéressants s'expliquent essentiellement par une augmentation des rendements dans l'abri climatique par rapport au témoin et donc du chiffre d'affaire (Détail en Annexe IV).

Pour la culture de poivron, le bilan économique s'arrête à la date du 31 août (date de la dernière récolte). Il faut comprendre qu'il reste environ deux mois de récolte. Ceci explique la marge peu élevée réalisée pour la modalité « Témoin ». Après 4 récoltes, la culture de poivron dans l'abri climatique permet de dégager une marge brute positive mais 80 % moins élevée que pour la modalité témoin. Ceci s'explique par des rendements inférieurs de moitié dans l'abri climatique ; et donc un chiffre d'affaire qui est lui aussi divisé par deux (10€/m<sup>2</sup> pour le témoin contre 5€/m<sup>2</sup> dans l'abri).

**Tableau 10 : Bilan économique des cinq cultures misent en place dans l'abri climatique en 2012**

Cultures	Salade		Oignon		Navet		Carotte		Poivron	
	Abri climatique	Témoin	Abri climatique	Témoin	Abri climatique	Témoin	Abri climatique	Témoin	Abri climatique	Témoin
<b>Approvisionnement en €/m<sup>2</sup></b>										
Abri climatique	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00	
Voile Mikroclima®		0.68		0.68		0.68		0.68		
Compost (0.018€/kg)	0.01	0.01	0.01	0.01			0.01	0.01	0.06	0.06
Engrais organique (0.32€/kg)	0.03	0.03							0.03	0.03
Paillage PE	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10			0.10	0.10
Plant/semence	0.86	0.86	0.77	0.77	1.11	1.11	0.62	0.62	1.16	1.16
Matériel d'irrigation	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.11	0.11
Traitement phytosanitaire	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00			
Chenilles nantaises										0.60
Palissage									0.08	
<b>Total approvisionnement (€/m<sup>2</sup>)</b>	<b>2.03</b>	<b>1.71</b>	<b>1.91</b>	<b>1.59</b>	<b>2.23</b>	<b>1.91</b>	<b>1.65</b>	<b>1.33</b>	<b>2.55</b>	<b>2.07</b>
<b>Temps de travaux en heures par culture</b>										
Travail du sol	0.80	0.80	0.53	0.53	1.08	1.08	1.10	1.10	1.33	1.33
Fertilisation organique	0.50	0.50	0.33	0.33			0.67	0.67	1.33	1.33
Pose du paillage	0.90	0.90	0.60	0.60	0.67	0.67			3.67	3.67
Plantation / semis	3.60	3.60	2.40	2.40	12.00	12.00	2.75	2.75	6.25	6.25
Désherbage	1.55	2.85	1.03	1.90	0.30		24.17	22.00	3.38	1.83
Bachage/Débachage (Mikroclima®+Chenille)		2.00		1.33		2.00		1.17		4.70
Entretien dans l'abri (tonte, rotofil)	0.53		0.35		0.88		1.72		1.88	
Palissage/Pose des chenilles									2.33	5.00
Nettoyage après culture	0.15	0.15	0.10	0.10	0.25	0.25	0.25	0.25		
Total en heure	8.02	10.79	5.35	7.20	15.18	16.00	30.66	27.94	20.17	24.11
<b>Charge en main d'oeuvre (13€/heure) en €</b>	<b>104.29</b>	<b>140.32</b>	<b>69.52</b>	<b>93.55</b>	<b>197.34</b>	<b>208.00</b>	<b>398.58</b>	<b>363.22</b>	<b>262.21</b>	<b>313.43</b>
<b>Total charge en main d'oeuvre en €/m<sup>2</sup></b>	<b>0.70</b>	<b>0.94</b>	<b>0.70</b>	<b>0.94</b>	<b>0.79</b>	<b>0.83</b>	<b>1.59</b>	<b>1.45</b>	<b>1.05</b>	<b>1.25</b>
<b>Revenu brut</b>										
<b>Chiffre d'affaire en €/m<sup>2</sup></b>	<b>12.67</b>	<b>9.78</b>	<b>13.12</b>	<b>10.56</b>	<b>8.16</b>	<b>5.71</b>	<b>14.28</b>	<b>11.22</b>	<b>2.23</b>	<b>4.26</b>
<b>Marge en €/m<sup>2</sup></b>	<b>9.94</b>	<b>7.14</b>	<b>10.52</b>	<b>8.04</b>	<b>5.14</b>	<b>2.96</b>	<b>11.03</b>	<b>8.44</b>	<b>-1.36</b>	<b>0.94</b>
<b>Marge Abri climatique - Marge Témoin (%)</b>	<b>+ 39</b>		<b>+ 31</b>		<b>+ 73</b>		<b>+ 31</b>		<b>- 245</b>	



## V. Discussion

### A) Bilan global pour l'essai de 2012

Les résultats agronomiques concernant les cultures mises en place en 2012 sont très intéressants et encourageants. Les rendements obtenus sont globalement supérieurs dans l'abri climatique d'environ 20 % (30 % pour les navets) pour toutes les cultures sauf pour les poivrons. Ces meilleurs rendements semblent s'expliquer par un gain de précocité dans l'abri et qui conduit à des calibres de légumes plus gros à la même date de récolte.

Les résultats obtenus avec les poivrons ne sont pas très satisfaisants pour les deux modalités. Le caractère exceptionnel du climat du début de l'été, avec notamment des températures nettement inférieures à la moyenne au début du mois de juillet peut expliquer ces résultats. Cela permet aussi de nuancer les rendements cumulés obtenus après un mois de récolte. Ils sont deux fois moins élevés dans l'abri climatique que pour les poivrons cultivés sous chenilles nantaises. Les températures moyennes optimales pour le développement du poivron (*Capsicum annuum* L.) se situent entre 15°C et 35°C (Chaux et Foury, 1994). Ces conditions de température ont été respectées durant la culture. Il faut alors regarder d'autres paramètres. Chaux et Foury, 1994 signalent aussi que l'humidité relative de l'air est corrélée négativement au nombre de fleurs et de fruits noués. Ce paramètre peut avoir joué sur le nombre de fruits récoltés légèrement inférieur dans l'abri. Le rayonnement apparaît être un facteur limitant où sa baisse entraîne une diminution du nombre de fruits et/ou des rendements (Chaux et Foury, 1994). La baisse du rayonnement global de 17 % en moyenne sur la période du 12 juillet au 21 août peut expliquer les écarts de rendement entre les deux modalités.

Il a été montré que le microclimat dans l'abri est légèrement modifié. Ces changements concernent :

- la température de l'air, avec notamment un réchauffement plus important en journée et une augmentation de la température moyenne (autour de 1,5°C pour les deux abris mais attention à des périodes différentes).
- le rayonnement global qui est limité en condition estivale du fait de l'ombrage créé par les filets.
- la température du sol, avec des variations un peu moins marquées qu'hors de l'abri.
- l'humidité dans le sol, avec un sol qui s'assèche moins qu'à l'extérieur de l'abri.

Globalement, les conditions climatiques sont plus homogènes dans l'abri climatique. Ces changements semblent être bénéfiques pour le développement végétatif des plantes. Il est d'ailleurs observé un meilleur développement végétatif des poivrons sous abri qu'à l'extérieur. L'abri climatique semble être plus adapté pour la culture des légumes feuilles et racines et moins pour celle des légumes fruits.

Il nous apparaît difficile de conclure sur l'efficacité des filets pour l'aspect protection contre les ravageurs. Tout d'abord, la mouche de la carotte (*Psila rosae* Fabr.) n'a pas été observée durant la période de culture des carottes. Les quatre pièges englués disposés sur la parcelle témoin n'ont pas piégé de mouche. Aucun dégât de larve n'est observé pour les trois récoltes. Ensuite, en ce qui concerne la mouche du chou (*Delia radicum* L.), du fait des dégâts survenus sur l'abri climatique 1, l'étanchéité était très mauvaise. Les mouches, attirées par les odeurs des navets, ont pu alors s'installer rapidement. Il est possible que la mouche une fois

dans l'abri bénéficie de l'augmentation de la température moyenne et effectue son cycle plus rapidement. De plus, du fait de l'hivernage de ce ravageur dans le sol sous forme de pupes, si la mouche est présente une année n, au printemps de l'année n+1 les émergences d'adultes se feront dans l'abri. Il serait donc conseillé de ne pas cultiver de Brassicacées, hôte du ravageur, au printemps. Ceci dans le but de casser le cycle de la mouche. Ce conseil est aussi valable pour la mouche de la carotte et les cultures d'Apiacées.

Pour les lépidoptères ravageurs des choux (piérides et noctuelles), la taille des mailles des filets ne permet pas le passage de ces insectes. Par contre, il a été observé qu'au niveau de la bavette (Abri 2), un manque de fermeture permettait le passage des papillons dans l'abri. Il faudrait alors augmenter le nombre de pièces de type « fermoir » pour assurer une meilleure étanchéité de ces zones.

Enfin, pour les gibiers et les oiseaux, aucun dégât de ces ravageurs n'a été observé dans l'abri climatique alors que quelques dégâts de lapins sur navets à la plantation et d'oiseaux sur poivron ont été signalés sur la parcelle témoin. Toutefois, il faudrait vérifier l'efficacité en présence de cultures très attractives pour les oiseaux comme les petits fruits rouges (groseilles, cassis, framboises, etc.). Pour les lapins, il semble intéressant de bien enfouir les filets (30 à 50 cm de profondeur) pour limiter le passage par-dessous.

En ce qui concerne le développement de maladie dite de confinement. L'observation de mildiou sur salade a eu lieu 2 mois après plantation. Pour germer, les sporanges de l'agent pathogène *Bremia lactucae* ont besoin d'un film d'eau à la surface des feuilles et d'une température de 15°C pendant 2 à 3 heures (Thicoïpé *et al.*, 1997). Ces conditions climatiques étaient réunies au mois de mai. La présence des dégâts de mildiou a été constatée sur l'ensemble des salades de l'abri climatique alors que seulement quelques têtes présentaient des dégâts minimes sur la parcelle témoin. Deux hypothèses peuvent expliquer ceci :

- l'effet brise vent des filets limite la circulation de l'air entre les salades et permet à un film d'eau de stagner plus longtemps sur les feuilles, permettant la germination des sporanges.
- les conditions climatiques sous l'abri, favorable au développement des légumes feuilles, permet un meilleur développement des salades sous abri. Elles sont d'une part moins soumises au stress et peuvent être plus fragiles que celles cultivées sous Mikroclima®. D'autre part, l'augmentation du calibre diminue les espaces d'aération entre les feuilles de salades et entre les salades d'une même planche.

Ainsi, il semble que dans les conditions climatiques de cette année, l'impact de l'abri climatique 1 sur le développement du mildiou de la salade, soit positif.

Pour ce qui concerne la protection contre les intempéries, il est intéressant tout d'abord de constater que les poivrons plantés sous abri climatique n'ont pas subis de dégâts liés au vent pourtant présent au mois de mai. Ils ont résisté aussi à une plantation avancée de 10 à 15 jours par rapport à ce qui est conseillé habituellement aux producteurs. Pour palier à la baisse de rendement, expliquée précédemment, des améliorations des techniques culturales peuvent être apportées. Par exemple, trouver une densité optimale de plantation. Elle est de 2 plants/m<sup>2</sup> pour cette année. En diminuant cette densité avec des plants plus écartés, cela favoriserait la pénétration de lumière. Habituellement, pour les poivrons en plein champ, aucun travail d'effeuillage n'est réalisé. Il est possible de l'envisager sous abri en vérifiant que le coût de main d'œuvre engendrée soit compensé par un gain de rendement.

D'un point de vue économique, bien que l'abri représente un coût non négligeable et pèse dans les charges d'approvisionnement, les meilleurs rendements obtenus permettent de

dégager des marges brutes supérieures de 30 à 70 % à celles obtenues dans la modalité « Témoin ».

Les résultats, non abordés dans ce mémoire, des cultures de l'année 2011 (première année de l'essai), vont dans le même sens que ceux de l'année 2012. Les rendements et les calibres sont globalement supérieurs à ceux obtenus en plein champ. Par exemple, dans le bloc « Cultures sensibles aux intempéries », la culture de courge, sensible au coup de vent, à très bien résistée dans l'abri. Il semble que la réduction du vent a permis une meilleure croissance des plantes. Les calibres et les rendements sont significativement plus élevés dans l'abri climatique (Calibre moyen des fruits : 6,7 kg dans l'abri contre 4,6 kg sur la parcelle témoin) (Le Lan, 2011).

La Serail (Station d'Expérimentation Rhône Alpes et d'Information légumière) a mis en place depuis 2010 un essai sur la mise au point d'un abri climatique pour les cultures maraîchères. Cet essai compare trois abris climatiques entre eux, dont les filets présentent des caractéristiques différentes, et avec une parcelle témoin sans abri. La taille de la maille des filets latéraux semblent être un paramètre important. Il est montré notamment que plus la maille est petite, plus la vitesse du vent est réduite et plus l'augmentation de la température moyenne est importante (Guerpillon *et al.*, 2011).

En ce qui concerne les choix techniques liés à l'abri.

Les filets de l'abri climatique 1 (taille de maille des filets latéraux : 0,35 X 1,4 mm) sont choisis pour leur efficacité supposé pour lutter contre les mouches des légumes (pour rappel : mouche du chou => 6 à 8 mm de long ; mouche de la carotte => 4 à 5 mm de long). Cependant, ces filets à maille réduite, ont une prise au vent très importante et l'abri n'a pas résisté aux violents coups de vent successifs (décembre 2011 et avril 2012).

Il a donc fallu trouver un compromis entre la contrainte du vent et la protection vis-à-vis des mouches des légumes. Les filets de l'abri climatique 1 ont donc été changés. Le choix a été pris de mettre sur les côtés exposés au vent dominant un filet à maille plus grande (1 X 3 mm). Ces filets permettent ainsi d'augmenter le passage de l'air dans l'abri. Les ancrages des côtés Est et Ouest qui étaient positionnés à l'intérieur de l'abri, ont été sortis à l'extérieur de l'abri pour consolider l'ensemble de la structure. Les exploitations maraîchères dans le Morbihan sont situées essentiellement sur la côte soumise au vent. La résistance de l'abri est, selon moi, un élément à ne pas négliger pour assurer la pérennité dans le temps de celui-ci. Un autre point de vue personnel pour la solidité de l'abri est la réduction des surfaces ouvrantes.

Comme n'importe quelle structure soumise aux aléas climatiques, il faut prendre en compte l'entretien qui est indispensable pour limiter la dégradation de cet outil. Comme vu précédemment la meilleure efficacité contre les ravageurs est de maximiser l'étanchéité de l'abri climatique.

L'abri climatique peut-il être considéré comme un outil fiable pour les maraîchers morbihannais ?

La situation géographique des exploitations maraîchères dans le Morbihan peut justifier l'installation d'un abri climatique. La réduction du vent sous abri permettrait de sécuriser les cultures. De plus, les gains de précocité observés, sont en adéquation avec un des enjeux des producteurs : gagner en précocité pour être présent le plus tôt possible sur les marchés (un des principaux circuits de vente utilisé par les producteurs). L'analyse économique montre que la viabilité financière d'une telle structure est envisageable. Il est néanmoins important pour chaque producteur de construire un projet cohérent avec ses objectifs de production.

L'abri climatique doit être considéré comme un nouvel outil de production. Il est possible de parler de nouveau créneau de production qui est proche du plein champ et non comparable à un créneau sous tunnel.

## B) Limites et perspectives de l'essai

Il faut rappeler que les résultats en 2012 ont été obtenus dans des conditions météorologiques spécifiques à cette année. La reproductibilité de ces premières observations et tendances est donc à vérifier sur plusieurs années. Notamment pour les poivrons, les résultats sont à nuancer en raison du caractère exceptionnel du climat du début de l'été, avec notamment des températures nettement inférieures à la moyenne au début du mois de juillet.

Les dégâts survenus sur l'abri climatique et particulièrement ceux d'avril 2012, ont compliqué le bon déroulement de l'essai. La fiabilité de la structure vis-à-vis des ravageurs, notamment des mouches du chou, ne peut pas être conclue. De plus, la période des travaux d'une quinzaine de jours à entrecouper la culture de poivrons. Ceux-ci ont alors bénéficiés des deux types d'abris. Néanmoins, ces dégâts nous ont permis de constater que l'abri climatique 1 (Abri 1) n'était pas satisfaisant du point de vue de la résistance au vent. Nous avons donc pu faire évoluer et améliorer le prototype. Il faut maintenant voir si le nouvel abri (Abri 2) résiste au coup de vent de l'hiver et du printemps suivant.

En ce qui concerne les mesures des paramètres météorologiques, l'absence de mesure de la vitesse du vent est regrettable. Ce paramètre climatique semble pourtant à l'origine de beaucoup de changement du microclimat sous l'abri. Par exemple, la diminution du brassage d'air favorise l'augmentation de la température de l'air. L'humidité du sol qui reste plus importante dans l'abri est sans doute aussi liée au moindre assèchement du sol.

Pour le bloc « Cultures sensibles au mildiou », il serait intéressant d'avoir un comparatif de la vitesse du vent, d'hygrométrie voire même d'indice d'humectation du feuillage, qui sont des facteurs qui jouent sur le développement du *Bremia lactucae*.

Pour améliorer ceci, des stations météorologiques ont été commandées et permettront dès cet automne de mesurer la vitesse du vent, la température de l'air à l'instant présent (en plus du maximum et minimum) et l'humidité de l'air. Une sera installée au centre de l'abri, l'autre sur la parcelle témoin.

Pour le rayonnement, pour des raisons de matériels, les mesures n'ont été effectuées que sur une courte période estivale. Cependant, il serait intéressant de mesurer le rayonnement en période printanière et automnale. En effet, il semble que lorsque le soleil est bas sur l'horizon, les filets latéraux permettent une diffusion de la lumière au sein de l'abri. Ainsi, le bilan global sur l'année serait peut-être plus équilibré entre l'abri climatique et l'extérieur.

Nous pouvons aussi poser la question de la qualité de la lumière que les filets laissent passer. Il faudrait analyser les spectres de longueurs d'ondes pour voir si les filets ne filtrent pas une partie de ces longueurs d'ondes.

Pour les années suivantes, il faut conforter les résultats déjà obtenus. Il est intéressant de faire évoluer l'essai vers l'amélioration des techniques culturales afin d'optimiser la production. Par exemple, il serait intéressant de réfléchir aux légumes qui tirent le plus de bénéfices de cet outil, de définir de nouveaux itinéraires culturaux adaptés (date de plantation, rotations au sein de l'abri, densité optimal de plantation ou de semis, gestion de l'arrosage).

## Conclusion

La deuxième année de l'essai sur l'évaluation technico-économique d'un abri climatique mis en place par la SEHBS a permis de montrer que cette structure avait un intérêt pour les maraîchers morbihannais en agrobiologie. Les cultures légumières adaptées semblent bénéficier des changements du microclimat sous abri. Cela se traduit par un aspect précocité et des rendements intéressants en partie dus à une amélioration des calibres des légumes. L'augmentation des rendements permet une augmentation des marges brutes. La viabilité économique d'une telle structure est envisageable. Néanmoins, le coût d'investissement de l'abri climatique n'est pas négligeable et les coûts de maintenance ne sont pour le moment pas référencés.

Finalement, l'abri semble très intéressant pour sécuriser la production des légumes de plein champ dans un système maraîcher diversifié biologique mais aussi conventionnel. Ce type de structure peut également s'avérer être une solution d'avenir pour palier à la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires.

Ce nouveau système de culture doit être réfléchi dans sa globalité et peut permettre d'ouvrir de nouveaux horizons dans la façon de produire des légumes.

## Bibliographie

- Agreste, Ministère de l'agriculture de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire (2008). Enquête sur la structure des vergers en 2007. Agreste Chiffres et Données, Série Agriculture n°198.
- Billier B. (2012). Les nuisibles en cultures légumières. In : Bulletin de la Culture légumière n° 172 – Juin 2012. Planète Légumes. 38 p.
- Blancard Dominique (2009). Les maladies de la tomate. Identifier, connaître, maîtriser. Ed. Quae, c/o Inra. Versailles 280 p.
- Bogo A., Trezzi Casa R., Rufato L., Gonçalves M. J. (2012). The effect of hail protection nets on Glomerella leaf spot in 'royal Gala' apple. Crop protection, 31. pp. 40-44.
- Borioli P., Welschen P., Rivory B, Allard E, Ricavy I. (2003). La couverture paragrêle. Bilan des pratiques actuelles. L'Arboriculture Fruitière, n° 577. 1 : 5 pp.
- Calmet J-P et Le Lan M. (2011). Cultures maraîchères dans le Morbihan. Planning culturaux, données techniques et économiques en agriculture biologique. Chambre d'Agriculture du Morbihan. 49 p.
- Calmet J.P et Le Lan M. (2008). Bases techniques pour formation BPREA Maraîchage biologique CA 56 (a) SB\_Maraîchage\_S5\_TD1.ppt (chenilles nantaises), (b) SB\_Maraîchage\_S5\_TD2.ppt (voiles de forçage), (c) SB\_Maraîchage\_S5\_TD3.ppt (tunnel)
- Chaux C. et Foury C. (1994). Productions légumières. Tome 3, Légumineuses potagères, Légumes fruits. Agriculture d'aujourd'hui, Sciences, Techniques, Applications. Paris. 563 p.
- Comité départemental du tourisme du Morbihan (2010). Les chiffres clés du tourisme en Morbihan. Morbihan tourisme. 3 p.
- Crété X., Regnard J.-L., Ferre G., Tronel C. (2001). Filets paragrêle. Effets secondaires et conséquences sur la conduite du verger. L'Arboriculture Fruitière, n°553. 51 : 55 pp.
- Estorgues V. (2005). Maladies et ravageurs des légumes de plein champ en Bretagne. Chambre d'Agriculture de Bretagne. 150 p.
- Filippi M. (2011). Agreste – DRAAF Bretagne Recensement agricole 2010. Première tendances Morbihan. 2 p.
- Guerpillon E., Icard C., Pierre P. (2011). Sécurisation de la production de plein champ – Mise au point d'un abri climatique. Compte-rendu d'essai. Ctifl - Serail. 34 p.
- Inter Bio Bretagne (Association interprofessionnelle de la filière Agriculture Biologique en Bretagne) (2011). Inter bio Bretagne vous informe. Le point sur la filière « Légumes Bio » en Bretagne. Chiffres clés – Situation Novembre 2011. 4 p.
- Le Lan M. (2011). Abri climatique 2011. Intérêt agronomique et économique de l'utilisation d'un abri climatique pour les cultures légumières de plein champ en agriculture biologique. Compte-rendu d'essai. SEHBS – Chambre d'agriculture du Morbihan. 13 p.
- Morbihan tourisme. Comité départemental du tourisme du Morbihan (2010). Les chiffres clés du tourisme en Morbihan. 3 p.
- Solomakhin, A. A. and Blanke, M. M. (2007), Overcoming adverse effects of hailnets on fruit quality and microclimate in an apple orchard. J. Sci. Food Agric., 87: 2625–2637.
- Thicoipé J-P., Joubert G., Hutin C., Leteinturier J., Moras P., Navez B., Odet J., Pelletier J., Perus M., Stengel B. (1997). Laitues. Monographie, Ctifl SERAIL. 281 p.
- Villeneuve F. (1999). Légumes de plein champ. Protection phytosanitaire respectueuse de l'environnement. Ctifl. 191 p.

Villeneuve F. et Leteinturier J. (1992). La Carotte, état des connaissances. Ctifl Tome 2. 227 p.  
Vinet Freddy. La question du risque climatique en agriculture : le cas de la grêle en France.  
In: Annales de Géographie. 2002, t. 111, n°627-628. pp. 592-613.

Sitographies :

Site de la base de données INRA :

<http://www.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3delrad.htm>, consulté le 01/05/2012

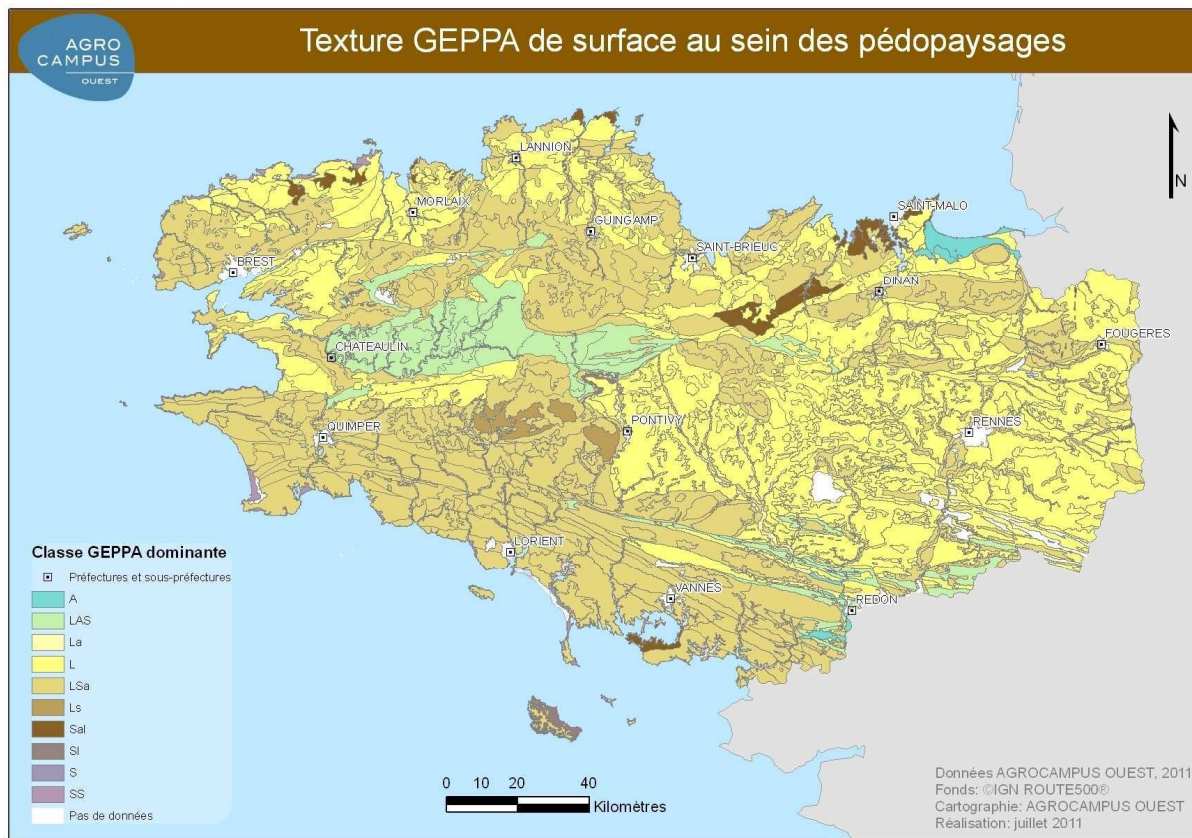
Site du Conseil général du Morbihan :

<http://www.morbihan.fr/dossier/default.aspx?id=149&idDos=30> consulté le 03/05/12

Site Alt'Carpo : <http://www.alt-carpo.com/5.cfm?p=582-protection-contre-le-carpocapse-protection-pommes-reseau-alt-carpo-bilan-2009>, consulté le 19 juillet 2012

## Annexes

### Annexe I: Carte des textures des sols bretons selon la classe GEPPA dominante





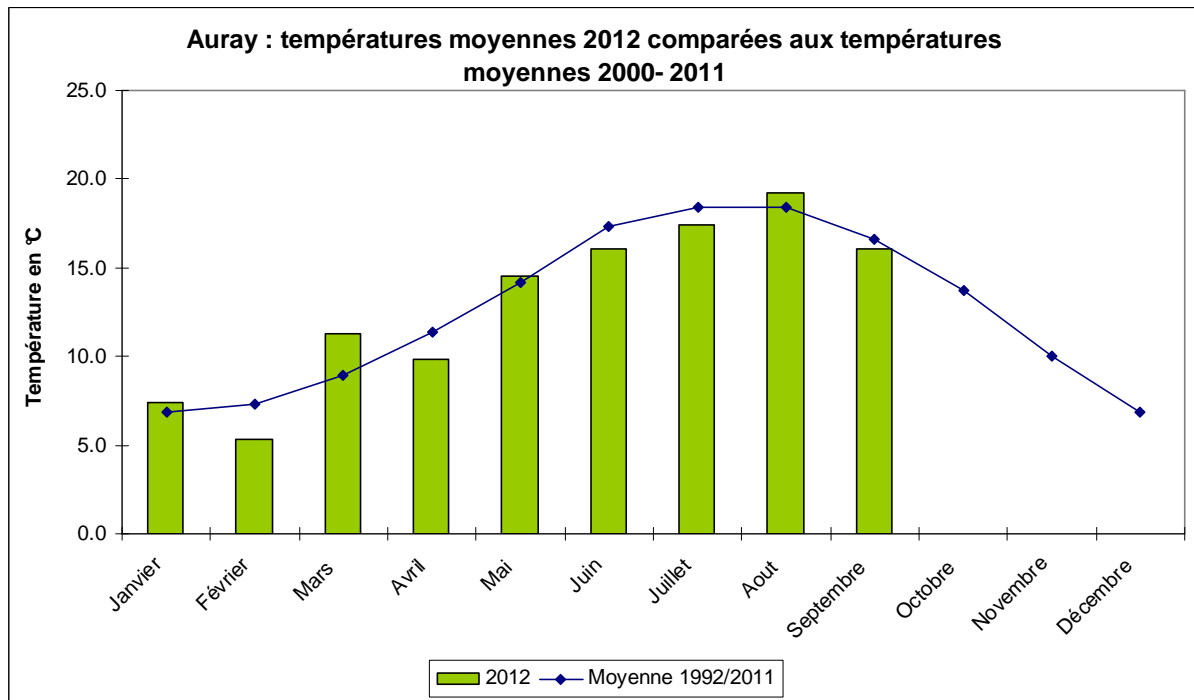
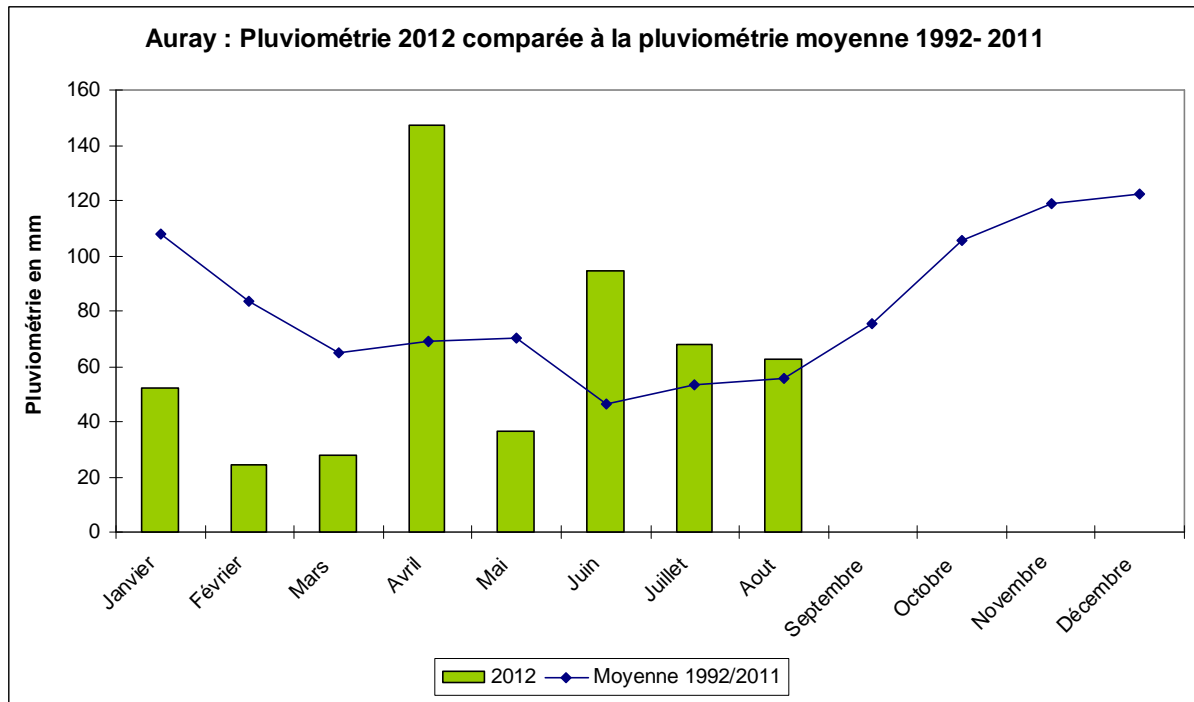
Annexe II : Les différents types de couvertures paragrêles (d'après Borioli *et al*, 2003)

**La couverture paragrêle**

**TABLEAU 1  
COMPARAISON ENTRE LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES PROPOSÉS**

Système	Avantages	Inconvénients	Observations et contraintes
Chapelle allégée simplifiée	Convient aux vergers hauts	Maintenance en cas de grosse grêle. Efficacité moyenne.	Interrang inférieur ou égal à 4 m.
Système jointif à élastiques	La meilleure efficacité	Frottements entre élastiques et filets. Déstructuration de la maille. Maintenance. Temps d'ouverture/fermeture par rapport aux systèmes superposés : + 5 h/ha/opération.	Largeur du filet : de 120 à 130 % de la distance interrang, selon la hauteur.
Système superposé à élastiques	Structure ne supportant aucun poids	Impacts sur fruits selon la violence de l'orage. Maintenance (durée de vie des élastiques, travail par-dessus le filet)	Respect des abaques : hauteurs, ancrages, choix du tendeur... Nécessite un ancrage latéral. Câble transversal recommandé si exposé aux vents. Hauteur du faitage < 3,50 m.
Système à élastiques, superposé croisé	Maintenance (travail par-dessous)	Largeur de filet : 130 % mini de l'interrang. Adaptation à la hauteur.	Mal adapté aux vergers en pente ? Usure aux points de frottements ?


Annexe III : Pluviométrie et température moyenne relevé par la station Météo France sur le site de la SEHBS.



Annexe IV : Détail du chiffre d'affaire par culture

Salade nombre de têtes/m <sup>2</sup>		CA €/m <sup>2</sup>		
Date	Abri climatique	Témoin	Abri climatique	Témoin
02-mai	10.00	8.67	10.00	8.67
10-mai	14.00	12.67	14.00	12.67
24-mai	14.00	8.00	14.00	8.00
<b>Moyenne</b>			12.67	9.78
Oignons nombre de bottes de 1kg/m <sup>2</sup>		CA €/m <sup>2</sup>		
Date	Abri climatique	Témoin	Abri climatique	Témoin
31-mai	4.10	2.90	6.56	4.64
12-juin	8.70	7.50	14.79	12.75
20-juin	10.60	8.40	18.02	14.28
<b>Moyenne</b>			13.12	10.56
Navet nombre de bottes de 1kg/m <sup>2</sup>		CA €/m <sup>2</sup>		
Date	Abri climatique	Témoin	Abri climatique	Témoin
11-mai	7.20	4.30	11.52	6.88
23-mai	5.30	4.60	8.48	7.36
14-juin	2.80	1.80	4.48	2.88
<b>Moyenne</b>			8.16	5.71
Carotte nombre de bottes de 1kg/m <sup>2</sup>		CA €/m <sup>2</sup>		
Date	Abri climatique	Témoin	Abri climatique	Témoin
27-juin	6.90	5.10	12.42	9.18
04-juil	9.00	7.10	16.20	12.78
12-juil	7.90	6.50	14.22	11.70
<b>Moyenne</b>			14.28	11.22
Poivron Poids en kg/m <sup>2</sup>		CA €/m <sup>2</sup>		
Date	Abri climatique	Témoin	Abri climatique	Témoin
26-juil	0.12	0.27	0.30	0.70
03-août	0.09	0.32	0.23	0.84
17-août	0.27	0.34	0.86	1.08
31-août	0.23	0.46	0.84	1.65
<b>Total</b>			2.23	4.26

Date	Salade (€/pièce)	Date	Navet (€/botte)	Date	Poivron (€/kg)
02-mai	1	11-mai	1.6	26-juil	2.6
10-mai	1	23-mai	1.6	03-août	2.6
24-mai	1	14-juin	1.6	17-août	3.2
Date	Oignons (€/botte)	Date	Carotte (€/botte)	31-août	3.6
31-mai	1.6	27-juin	1.8		
12-juin	1.7	04-juil	1.8		
20-juin	1.7	12-juil	1.8		

	Diplôme : Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage Spécialité : Horticulture Option : Gestion Durable du Végétal Enseignant référent : Etienne Chantoiseau
Auteur : Quentin DENEUVE Date de naissance : 14 mars 1989	Organisme d'accueil : SEHBS Adresse : Chambre d'Agriculture du Morbihan Route du Bono 56400 Auray Maître de stage : Maët LE LAN
Nb pages : 44 Annexe(s) : 4	
Année de soutenance : 2012	
<b>Titre :</b> Evaluation de l'intérêt technico-économique d'un abri climatique pour le maraîchage biologique morbihannais <b>Title:</b> Assessment of technical and economical interest of an climatic shelter for Morbihan organic market gardening	
<b>Résumé :</b> Encouragé par le manque de solution efficace pour lutter contre les principaux ravageurs des légumes et particulièrement les mouches des légumes et dans un objectif de sécuriser les cultures maraîchères de plein champ, les maraîchers morbihannais en agriculture biologique sont en attente de solution. Afin de répondre à ces problématiques, la station Expérimentale Horticole de Bretagne Sud (SEHBS), propose d'évaluer l'intérêt technico-économique d'un nouvel outil pour le maraîchage : l'abri climatique. Pour cela, la SEHBS a mis en place un essai d'une durée minimum de 5 ans. La démarche est de comparer un système de culture sous abri climatique avec un système sans abri où les techniques culturales utilisées sont celles habituellement pratiquées chez les producteurs.  Les résultats pour les cultures installées en 2012 sont très intéressants et encourageants. Des modifications du climat ont été mesurées sous abri climatique. Ces changements semblent être bénéfiques pour la croissance des cultures et s'expriment par une augmentation des rendements de 20 % à 30 % due à des hausses de calibre et un gain de précocité. L'analyse économique montre que la viabilité d'une telle structure est envisageable. L'abri climatique est un nouvel outil qui semble être adapté pour les maraîchers morbihannais en agrobiologie. Dans l'avenir, il serait intéressant d'identifier les espèces légumières les mieux adaptées et de développer les techniques culturales pour optimiser la production sous abri climatique.	
<b>Abstract:</b> Encouraged by the lack of effective solution to protect vegetables against the main pests and particularly the flies of vegetables, and in an objective to secure the gardening market crops in field, the Morbihan organic vegetables growers are waiting solutions. The Horticultural Experimental Station of Southern Brittany (SEHBS) suggests estimating the technical and economical interest of a new tool for the gardening market: the climatic shelter. The SEHBS set up a trial for a period at least of 5 years. The method is to compare a system of culture under climatic shelter with a system without shelter where the cultural techniques are the ones usually used by the vegetables growers.  The results for the crops in 2012 are very interesting and encouraging. Modifications of the climate were measured under climatic shelter. These changes seem to be beneficial for the growth of the vegetables and express themselves by an increase of the yields from 20 % to 30 % due to increases of size and a more precocity. The economic analysis shows that the viability of this structure is possible. The climatic shelter is a new tool which seems to be adapted for the Morbihan organic vegetables growers. In the future, it would be interesting to identify the vegetables species best adapted and to develop the cultural techniques to optimize the production under climatic shelter.	
<b>Mots-clés :</b> Abri climatique, maraîchage, agriculture biologique, protection. <b>Key Words:</b> Climatic shelter, gardening market, organic farming, protection	