Compte-rendu d'essai

Clémentinier
2012
Influence du type de fertilisant sur le rendement et la qualité des clémentiniers

Date : mars 2013
Rédacteur(s) : Marine Blouin
Essai rattaché à l'action n° : 06.2003.05
Titre de l'action : Influence du type de fertilisant sur le rendement et la qualité des clémentiniers

1. Thème de l'essai

Une enquête locale, réalisée en 2000 par la Station Régionale Agronomique INRA-CIRAD de Corse, sur un échantillon de cent parcelles de clémentinier, a clairement montré d'une part, une tendance à la baisse du taux d'acidité des fruits ces dernières années, et, d'autre part, une acidité plus forte pour les fruits issus des blocs fruitiers conduits en Agriculture Biologique.

Parallèlement, des études réalisées à l'AREFLEC nous ont indiqué que les fruits de gros calibres étaient moins acides que ceux de petits calibres.

Au bénéfice des observations de l'enquête, le suivi de la qualité des fruits de deux parcelles voisines, une, travaillée en agriculture biologique et l'autre en agriculture conventionnelle a été réalisé. Il montre clairement une acidité plus forte pour les fruits issus de l'agriculture biologique, et ce à calibres identiques.

Dans le cadre du cahier des charges de Certification de Conformité Produit qui fixe des normes pour l'acidité du fruit, la baisse de ce paramètre risque de se traduire par une non certification de certains lots de fruits, d'autant plus importante que les fruits sont de gros calibres. Ceci a pour conséquence directe des pertes économiques importantes pour les professionnels. Afin d'éviter ces difficultés, la recherche de pratiques culturales pouvant augmenter le taux d'acidité, est indispensable.

Le type d'engrais employé étant différent (engrais organique en agriculture biologique et engrais minéral en agriculture conventionnelle) et les doses équivalentes, il est important de définir si cette différence est la cause d'un taux d'acidité plus élevé.

Dans le contexte local, la mise en œuvre d'une étude de l'influence du type de fertilisation sur l'acidité des fruits est donc nécessaire si l'on veut répondre aux attentes des professionnels.

2. But de l'essai

Evaluer l'influence du type de fertilisant sur la qualité des fruits, et, plus largement, sur l'ensemble des paramètres de la production.

3. Facteurs et modalités étudiés

Facteur étudiés :

- Type de fertilisant : organique ou minéral (azote, phosphore et potassium)
- Fractionnement des apports : en 3 fois ou en 4 fois (pour l'azote ; en fonction des engrais apporté, le phosphore est également fractionné)

Modalités :

- **Minx3** : Apport d'engrais minéraux en 3 fois,
- **Orgx3** : Apport d'engrais organiques en 3 fois,
- **Minx4** : Apport d'engrais minéraux en 4 fois,
- **Orgx4** : Apport d'engrais organiques en 4 fois.
- **½ dose** : Apport d'engrais minéraux en 3 fois, à demi-dose pour N, P et K

De 2008 à 2011, les modalités étudiées étaient en partie différentes :

- Deux étaient communes :
  - Apport d'engrais minéraux (en 3 fois) :
  - Apport d'engrais organiques (en 3 fois),
- Deux ont changées :
  - La modalité apport d'engrais 50% organique + 50 % minéral (en 3 fois) est remplacée en 2012 par apport d'engrais organiques en 4 fois,
  - La modalité apport d'engrais 25% organique + 75 % minéral (en 3 fois) est remplacée en 2012 par apport d'engrais minéraux en 4 fois,

De plus, depuis le début de l'essai, un témoin non fertilisé est intégré au dispositif. Les arbres de ce témoin présentent des symptômes de carence (figure ci-contre), sont moins vigoureux, et ne sont plus représentatifs du reste de la parcelle. Afin d'aider ces arbres qui souffrent, il a été décidé de leur apporter une **demi-dose** de fertilisant (engrais minéraux en 3 fois) en 2012.

Figure 1 : Arbre carencé. Au premier plan, on voit le feuillage d'un arbre non fertilisé depuis 2007. Au fond, des arbres normalement fertilisés.

4. Matériel et Méthodes

– **Matériel Végétal**

Clémentinier SRA 535 greffé sur Citrange Carrizo.

– **Site d'implantation**

- -Domaine expérimental de l'INRA UMR GEQA à San Ghjulianu (San Giuliano). Parcelle C8c.
- -Plantation en 2002.
- -Distance de plantation : 6m x 4m.
- -Irrigation : Micro-aspersion sous frondaison.

– **Dispositif expérimental**

- L'unité expérimentale est l'arbre.

- Dispositif en cinq blocs non répétés : une modalité correspond à un bloc
- Chaque modalité, ou bloc, est représentée par trois lignes d'arbres adjacentes (42 arbres), dont seuls les 12 arbres centraux sont suivis

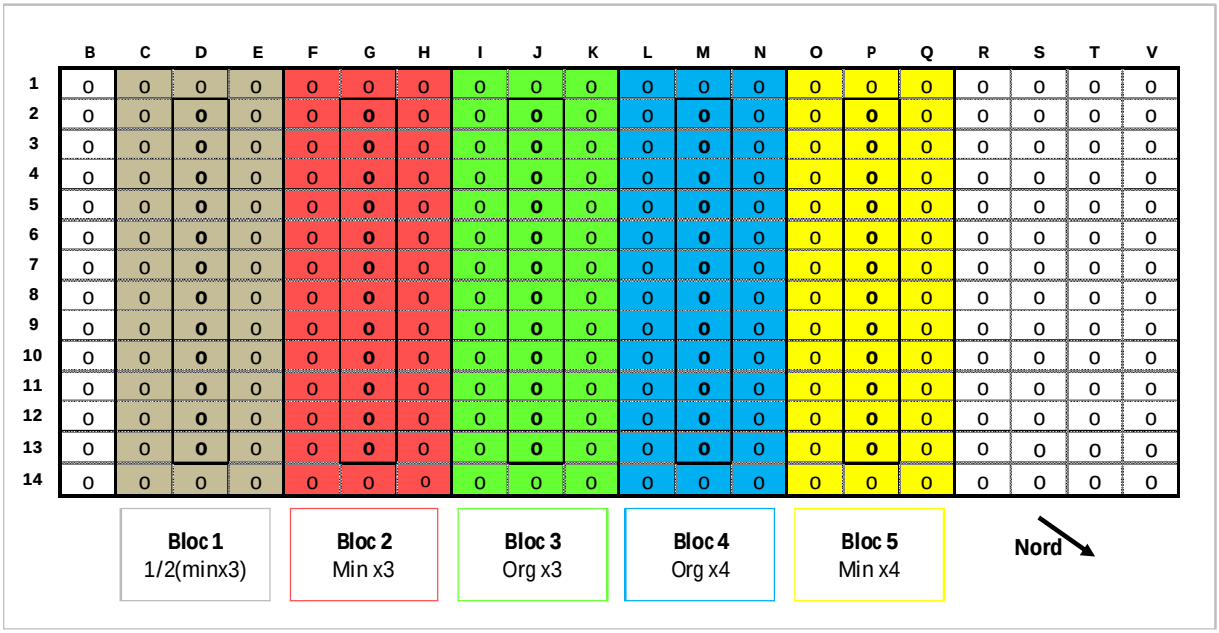


Figure 2 : Plan de la Parcelle d'essai

– **Observations et mesures**

a. **Dégâts dus à la neige :** pourcentage de charpentières cassées par arbre en raison des chutes de neiges importantes en février 2012.
   - Echantillonnage : Le relevé est réalisé arbre par arbre ?
   - Fréquence - Période : Une fois en mars 2012.

b. **Rendement :** masse totale des fruits récoltés par arbre
   - Echantillonnage : Chaque arbre est récolté indépendamment.
   - Fréquence : Le rendement par arbre est mesuré à chacun des passages de récolte.

c. **Calibre :** rendement en fruits pour chaque classe de calibre
   - Echantillonnage : Chaque arbre est calibré indépendamment.
   - Fréquence : La répartition des calibres par arbre est mesurée à chacun des passages de récolte.

Le tableau ci-après rappelle les classes de calibres en vigueurs pour la clémentine ne France, notamment les classes de calibres éligibles à l'Indication Géographique Protégée Clémentine de Corse.

Tableau 1 : Calibres des clémentines : Correspondance en diamètre et en poids - Eligibilité à l'IGP . CEBFL : Comité Economique de Bassin Fruits et Légumes.

	Calibre	Diamètre des fruits (normes du CEBFL)	Poids du fruit (équivalence moyenne)	Calibre éligible à l'IGP
Très gros calibre	0	> 71 mm	> 120 g	Non
Gros calibres	1	63 à 71 mm	99 à 120 g	Oui
	2	58 à 63 mm	80 à 99 g	Oui
	3	54 à 58 mm	65 à 80 g	Oui
Calibres moyens	4	50 à 54 mm	55 à 65 g	Oui
	5	46 à 50 mm	42 à 55 g	Oui
Petits calibres	6	43 à 46 mm	37 à 42 g	Non
	7 et 8	41 à 43 mm	0 à 37 g	Non

Calcul du calibre moyen

Pour chaque arbre le calibre moyen des fruits est calculé :

$$Calibre\ moyen = \frac{\sum_{i=0}^{8}[(rendement\ en\ fruit\ de\ calibre\ i)x\ i]}{Rendement}$$

d. **Taux de jus :** Rapport entre la masse en jus des fruits et leur masse totale. Le jus est extrait par pressage des fruits
   - Echantillonnage : 20 fruits par arbre.

- Fréquence : Mesuré à chacun à chacun des passages de récolte.

Afin d'être certifiée dans le cadre de l'IGP Clémentine de Corse, les fruits doivent comporter plus de 42 % de jus.

a. **Acidité du jus :** Quantité d'acide citrique pour 100 g de jus.
   - Echantillonnage : 20 fruits par arbre.
   - Fréquence : Mesuré à chacun à chacun des passages de récolte.

Afin d'être certifiée dans le cadre de l'IGP Clémentine de Corse, l'acidité doit être comprise entre 0,65 et 1,4 g d'acide citrique pour 100 g de jus.

b. **Teneur en sucre du jus :** Mesuré par réflectométrie (exprimé en °Brix)
   - Echantillonnage : 20 fruits par arbre.
   - Fréquence : Mesuré à chacun à chacun des passages de récolte.
   - .

Afin d'être certifiée dans le cadre de l'IGP Clémentine de Corse, le rapport sucre/acide du jus doit être compris entre 8 et 17°Brix.

c. **Suivi des ions nitrates, et potassium dans le sol** : Mesure de la teneur en NO_3^- et K^+ de la solution du sol à l'aide d'outils portatifs (Rqflex / Cardy K meter)
   - Echantillonnage : Les échantillons de terre sont prélevés à une profondeur comprise entre 5 cm et 30 cm. Pour chaque bloc, 7 échantillons sont prélevés à 60cm des arbres de la ligne centrale dans l'inter-rang et 7 sont prélevés à 60cm des arbres de la ligne centrale sur la ligne. Les 14 échantillons sont mélangés puis soumis aux analyses.
   - Fréquence : Les relevés auront lieu avant fertilisation, puis tous les mois jusqu'au mois d'octobre.

d. **Analyse de feuilles et analyse de sol** (Prestation de service)
   - Echantillonnage : Déterminé par le laboratoire d'analyse. Pour l'analyse de feuilles : une analyse par modalité – Pour l'analyse de sol : une analyse pour la parcelle (modalité minérale)
   - Fréquence : Une analyse de feuille, et une analyse de sol par an.

– **Conduite de l'essai**

Les engrais minéraux apportés sont :

- Ammonitrate (27 – 5 – 0)
- Super Phosphate (0 – 43 – 0)
- Sulfate de Potasse (0 – 0 – 50)

Les engrais organiques apportés sont :

- Farine de plumes (12,5 – 0 - 0)
- Farine de poisson (5 -25 - 0)
- Betterave (0 – 0 – 40)

Les doses d'apport ont été ajustées en fonction des analyses de sol et de feuilles. Pour chaque modalité ont été apportées : 160 UN/ha + 45 UP/ha + 90 UK/ ha.

Tableau 2 : Apports réalisés sur l'essai

Modalité	Eléments	Apports en unité/ha				
		06/04	01/06	05/07	14/08	**Total**
Min x3	Azote	80		40	40	**160**
	Phosphore	30		7,5	7,5	**45**
	Potassium	90				**90**
Min x4	Azote	40	40	40	40	**160**
	Phosphore	23	7,3	7,3	7,3	**45**
	Potassium	90				
Org x3	Azote	80		40	40	**160**
	Phosphore	45				**45**
	Potassium	90				**90**
Org x4	Azote	40	40	40	40	**160**
	Phosphore	45				**45**
	Potassium	90				**90**

– **Traitement statistique des résultats**

Logiciel utilisé : STAT BOX édition Vegetal version 7

Tests statistiques pour la comparaison des cinq modalités entre elles (alpha = 5%):

- Tests paramétriques (après transformation des données si nécessaire): Anova, et test de Newman-Keuls
- Tests non paramétriques : Test de Kruskall-Wallis et tests de Mann-Whitney

Test de corrélation de Pearson

5. Résultats détaillés

Sont présentés ici les résultats obtenus pour l'année 2012. Un compte-rendu reprenant les résultats sur les cinq années d'essai complètera ce rapport.

Dégâts dues à la neige

La cartographie des dégâts dus à la neige (pourcentage de charpentières cassées), ci-dessous, montre que les blocs ont été inégalement touchés. Alors que le bloc ½ n'a quasiment subi les dégâts de la neige, et que les blocs Minx3, Minx4 et Orgx3 ont eu des dégâts limités, le bloc Orgx4 a subi une casse relativement importante, avec un quart des charpentières cassées.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	67	0	0	17	0
3	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	17	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
8	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
11	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	17	0	0	17	0	0	50	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mort	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1/2			Min x3			Org x3			Org x4			Min 4x		
	1% des charpentières cassées en moyenne			8% des charpentières cassées en moyenne			7% des charpentières cassées en moyenne			22% des charpentières cassées en moyenne			6% des charpentières cassées en moyenne		

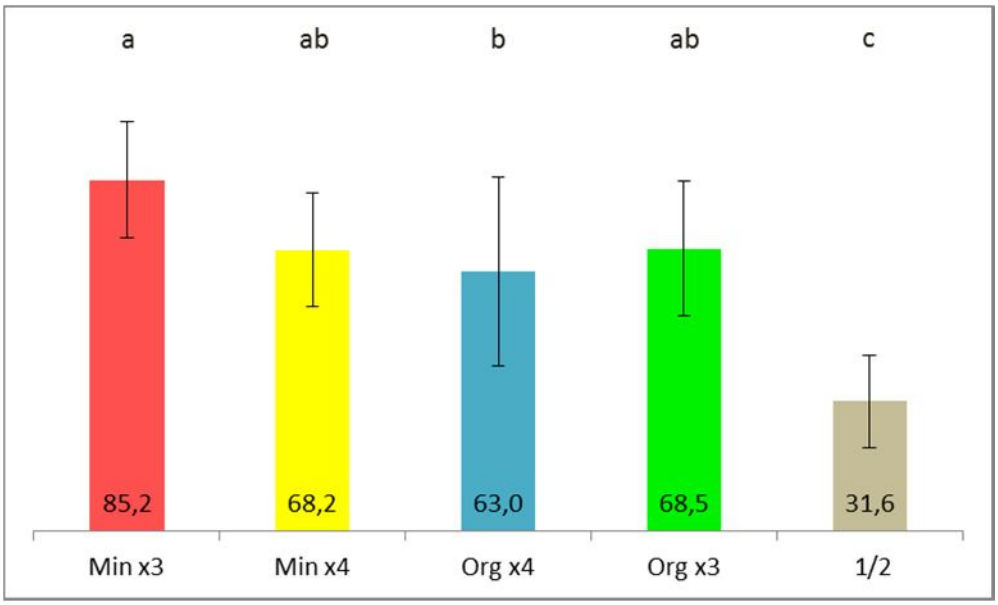
- Aucune charpentière cassée
-]0-25%] de charpentières cassées
-]25-50%] de charpentières cassées
-]50-75%] de charpentières cassées

Figure 3 : Cartographie des dégâts dus à la neige tombée en février 2012 : pourcentage de charpentières cassées par arbre.

Rendement

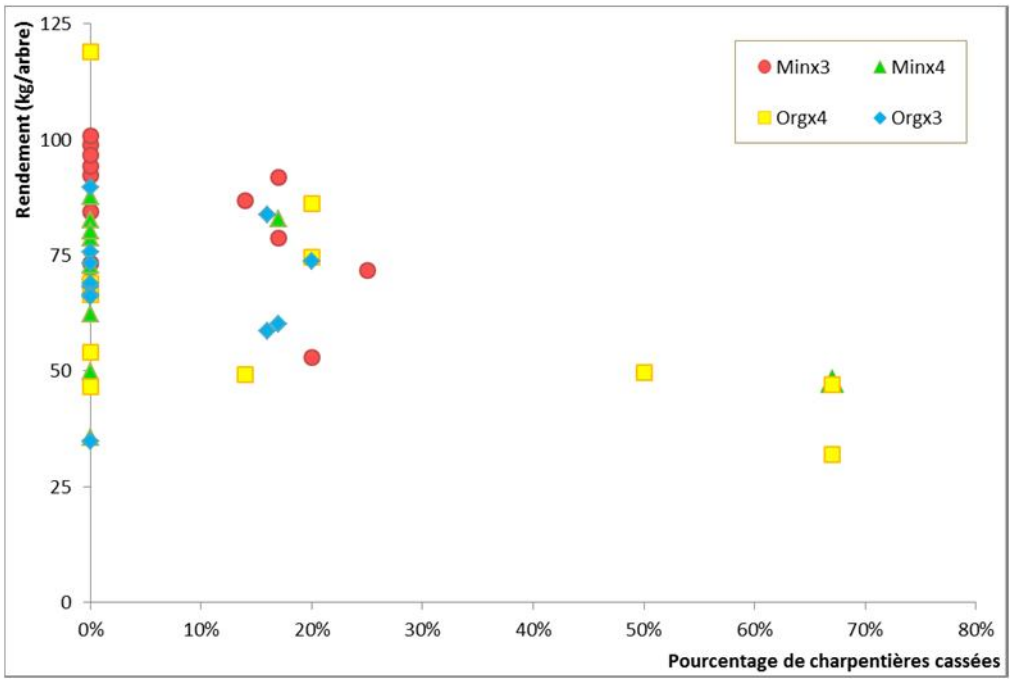
Les différences entre modalités en termes de rendement sont significatives (ANOVA - p = 0,000 pour les deux variables). En 2012, les arbres du bloc 1/2 ont une production médiocre. Les arbres de la modalité Minx3 se distinguent des autres modalités par une production plus élevée (graphique 1).

On remarque également que parmi les modalités fertilisées à pleine dose, Orgx4 présente le rendement le plus faible, ainsi que la plus grande variabilité de rendement. C'est sur cette modalité que le dégât par la neige a été le plus important.



Graphique 1 : Rendement moyen par modalité en 2012 (en kg/arbre). Les barres d'erreurs représentent les écart-types. Les modalités présentant une lettre (a ou b) identique ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Le graphique ci-dessous représente pour les quatre modalités fertilisées le rendement des arbres en fonction de la proportion de charpentières cassée. On y remarque que les quatre arbres les plus touchés par la neige, dont trois de la modalité Orgx4, ont donné parmi les plus faibles rendements.



Graphique 2 : Rendement des arbres en fonction de la proportion de charpentières cassées par la neige en 2012

En ne prenant pas en compte les arbres ayant plus de 60% de charpentières cassées par la neige, donc les trois arbres les plus touchés, on constate que le rendement de la modalité Orgx3 est équivalent à celui des modalités Orgx4 (tableau 3).

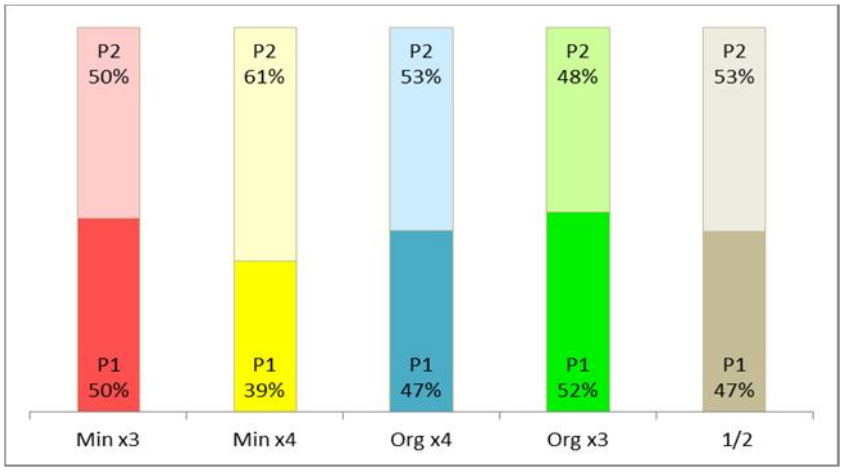
Tableau 3: Rendement des arbres en 2012

	Rendement sur la totalité des arbres	Rendement hors arbres avec plus de 60% de charpentières cassées
1/2	32	32
Minx3	85	85
Minx4	68	68
Orgx3	63	68
Orgx4	69	70

Précocité

Le premier passage de récolte s'est déroulé le 20 novembre 2012, et le second, le 11 décembre 2012.

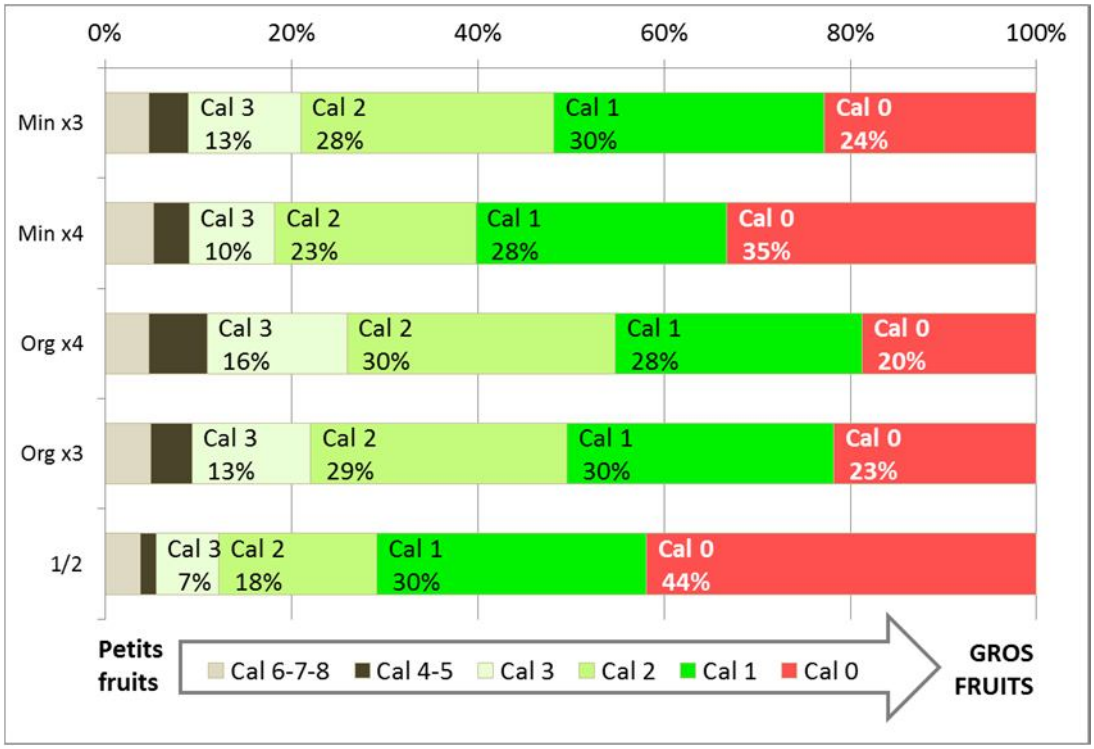
Le pourcentage de fruits au premier passage de récolte n'est pas significativement différent entre modalités (ANOVA – p = 0,283).



Graphique 3 : Pourcentage de fruits au 1er passage de récolte par modalité.

Calibre

Comme le montre le graphique ci-après, les arbres des cinq modalités ont produits essentiellement des fruits de calibre 2, 1 et 0, soit des fruits de gros à très gros calibre.



Graphique 4 : Répartition des calibres par modalité.

Globalement, aux vues des résultats des analyses de variance (tableau suivant) et la comparaison des calibres moyens (figure 5) on peut classer les modalités en trois groupes :

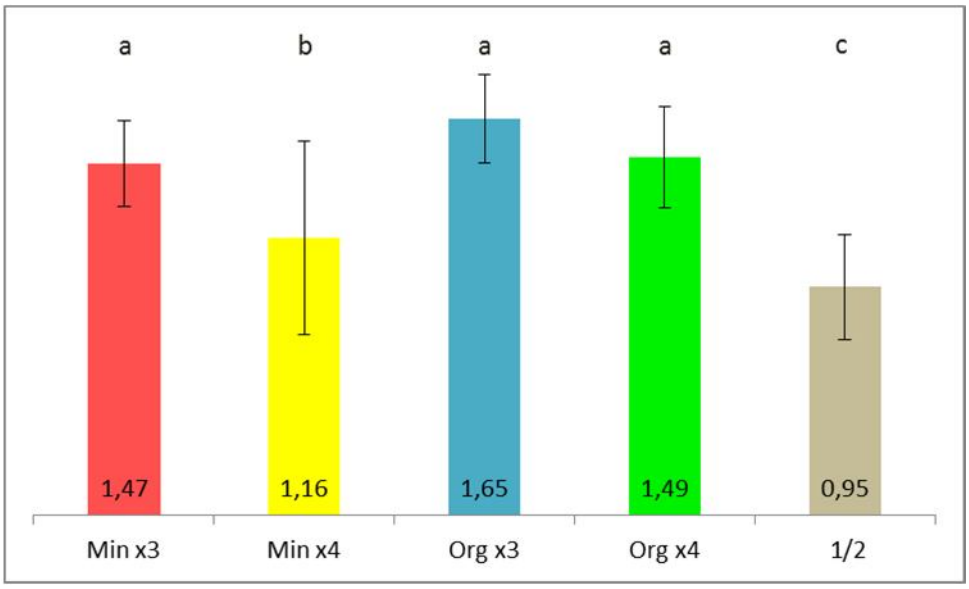
- Modalité ½, qui produit la plus grosse proportion de fruits de calibre 0,
- Modalités Minx3, Orgx3 et Orgx4, qui produisent le moins de calibre 0,
- Modalité Minx4, intermédiaire.

Notons, que le calibre moyen est très fortement corrélé à la part de calibre 0 : coefficient de corrélation de Pearson r=-0,965 (donc coefficient de détermination R^2 = 0,930).

Il y a fort à penser que le comportement de la modalité ½ est à relier à son faible rendement : ayant produit moins de fruits en raison d'un manque de fertilisant, la compétition entre fruits auraient été moindre, et ainsi les fruits plus gros.

Tableau 4 : Pourcentage de fruits dans les principales catégories de calibre rencontrées par modalité et résultats de l'ANOVA. Dans chaque catégorie de calibres, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

	Calibres 0	Calibres 1	Calibres 2	Calibres 3
1/2	44% A	30%	18% C	7% C
Minx3	24% C	30%	29% A	13% A
Minx4	35% B	28%	23% B	10% B
Orgx3	20% C	28%	30% A	16% A
Orgx4	23% C	30%	29% A	13% A
Anova - Valeur de P	0,000	0,231	0,000	0,000



Graphique 5 : Calibre moyen par modalité en 2012. Les barres d'erreurs représentent les écart-types. Les modalités présentant une lettre (a, b ou c) identique ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Qualité des fruits

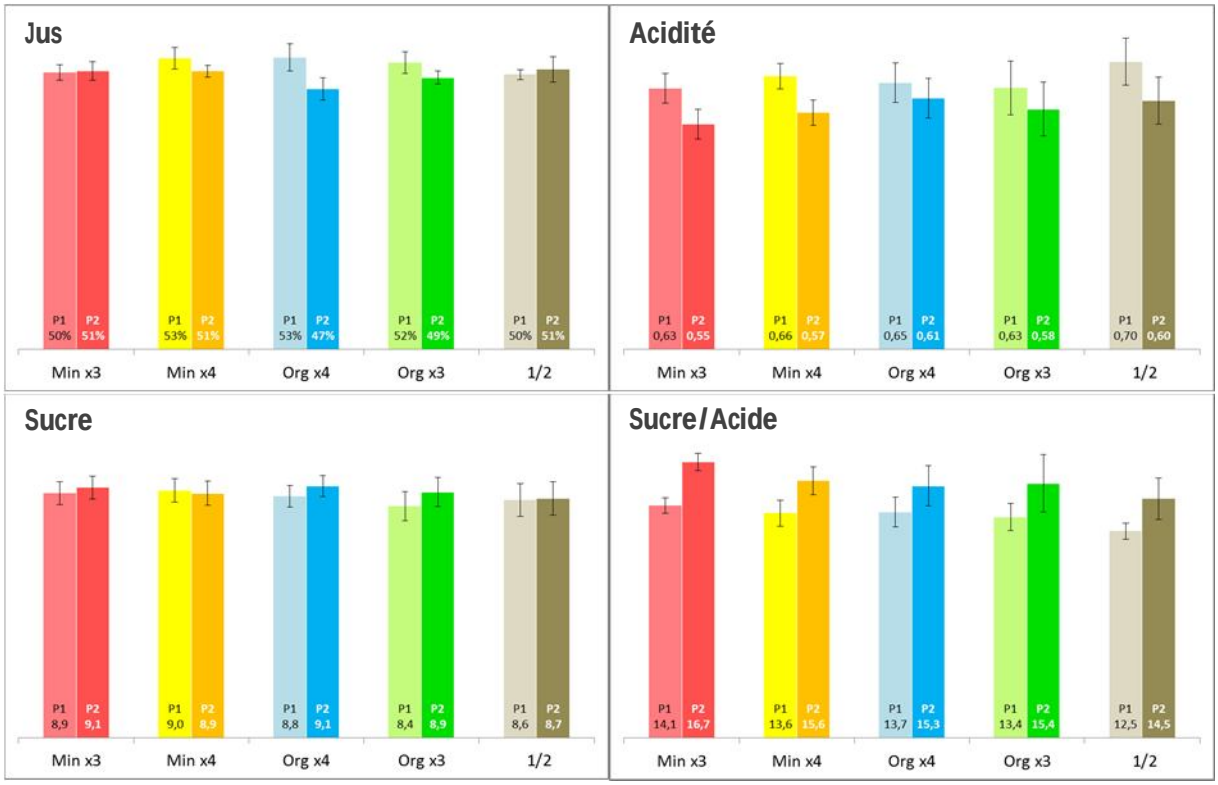
Le graphique ci-après synthétise les résultats concernant la qualité des fruits.

Le taux de jus moyen diffère au premier passage (test de Kruskall-Wallis – p=0,012), et encore plus au second (test de Kruskall-Wallis – p=0,000). Sur ce second passage, les modalités Orgx3 et Orgx4 présentent des taux de jus inférieurs aux autres modalités (47 et 49% contre 51%).

L'acidité des fruits ne diffère pas entre modalité, ni au premier passage (test de Kruskall-Wallis – p=0,083), ni au second (test de Kruskall-Wallis – p=0,428).

Le taux de sucre ne semble pas influencé par le type de fertilisant : nous n'observons pas de différence significative au premier passage (test de Kruskall-Wallis – p=0,095) ou au second (test de Kruskall-Wallis – p=0,614).

L'équilibre sucre/acide est différent entre modalités aux deux passages (test de Kruskall-Wallis – p=0,001 au premier passage et 0,000 au second). La modalité ½ dose qui se distingue des autres modalités, avec un rapport sucre/acide inférieurs aux autres aux deux passages, et la modalité Minx3 avec des rapports supérieurs.



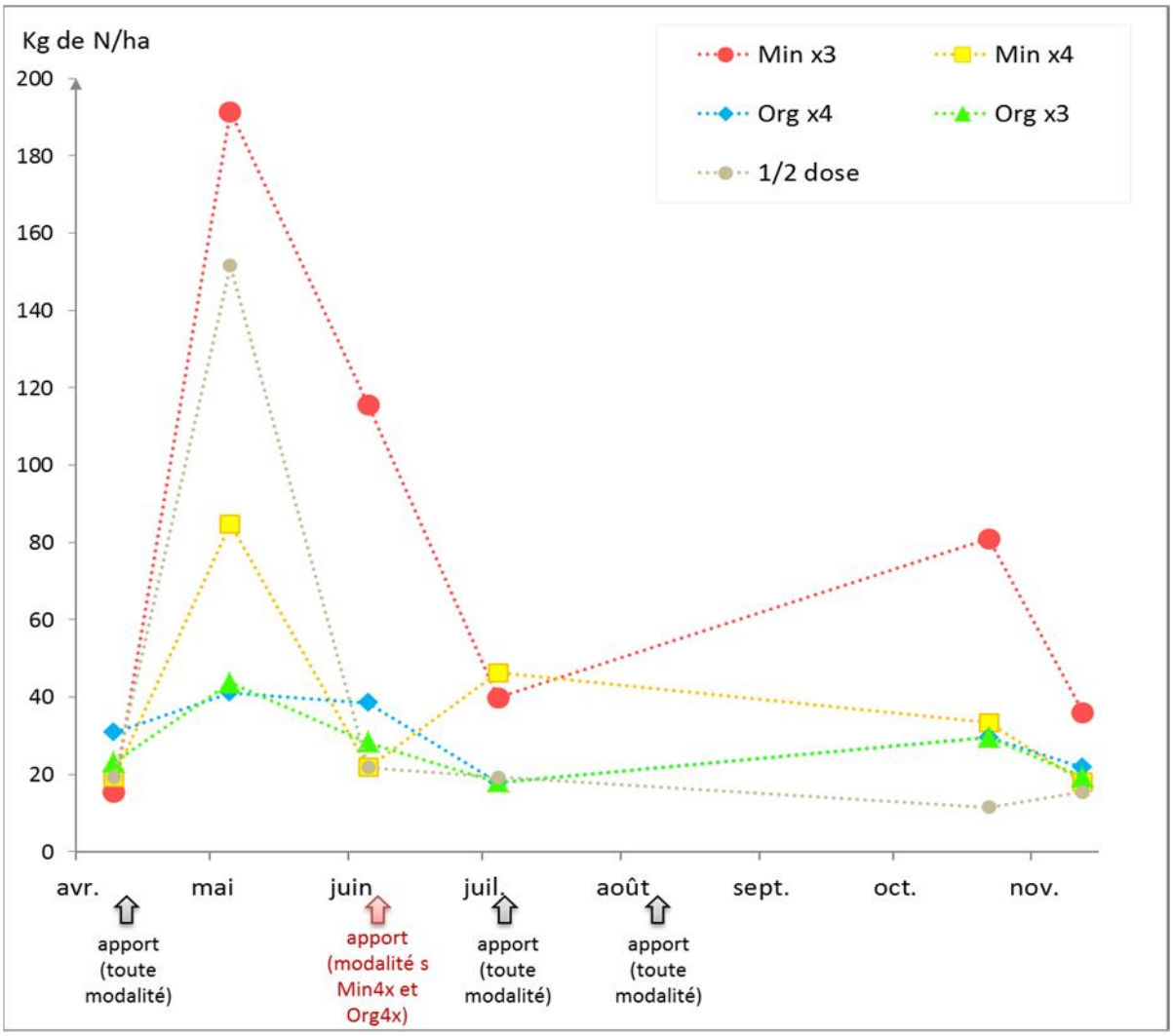
Graphique 6 : Qualité interne des fruits au premier et au second passage : Taux de jus moyen aux deux passages de récolte (%) ; Teneur en acide au premier passage (g d'acide citrique pour 100 g de jus) ; Taux de sucre au premier passage (° Brix) ; Rapport Sucre / acide au premier passage. Les barres d'erreurs représentent les écart-types. P1 : 1er passage / P2 : 2nd passage.

Analyse de feuilles et analyse de sol

Les résultats des analyses de feuilles et de sol sont très proches entre modalités.

Suivi des ions nitrates dans le sol

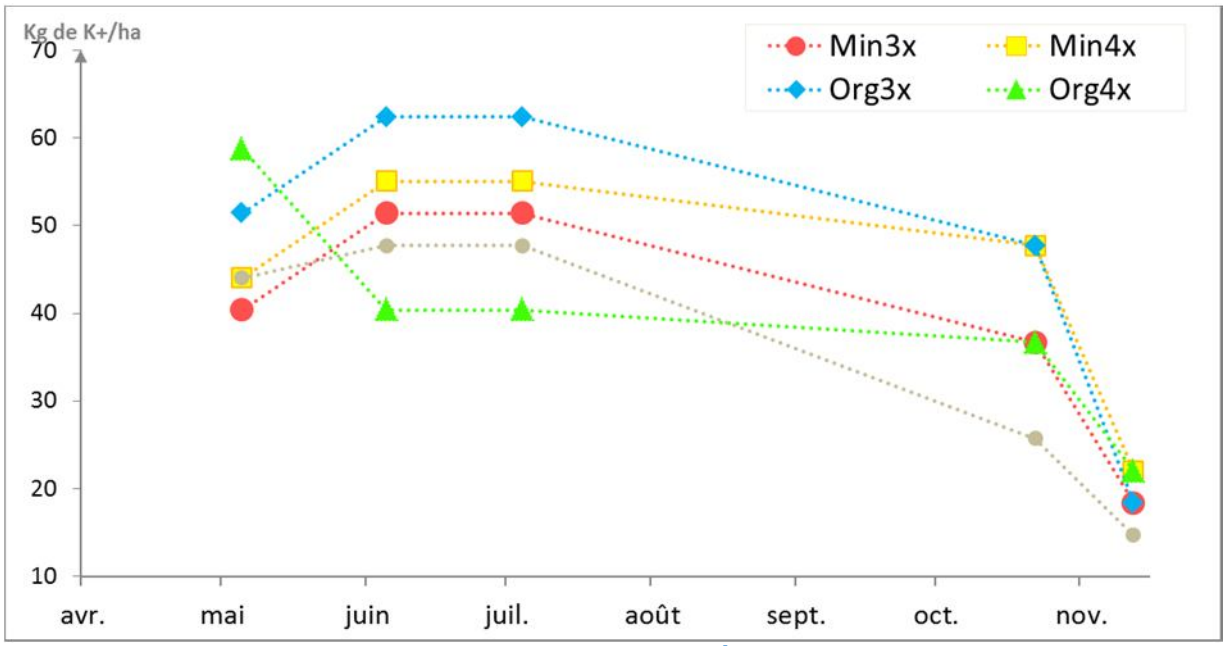
Ci-dessous, nous pouvons visualiser l'évolution des teneurs en **azote nitrique** du sol par modalité. La différence entre les modalités est forte, particulièrement en mai après le premier apport de fertilisants. Les trois modalités ayant reçu des apports minéraux (Minx3, ½ dose et Minx4) dépassent les modalités ayant reçu des apports organiques.



Graphique 7: Teneurs en azote nitrique par modalité entre avril et novembre 2012

Suivi des ions potassium dans le sol

Concernant les ions potassium, les courbes obtenues par modalités (graphique ci-après) ont les mêmes allures, mais les quantités de potassium mesurées diffèrent entre modalité. Seule la modalité Orgx4 se distingue des autres en début de saison, avec une diminution du potassium entre mai et juin, contre une augmentation pour les autres.



Graphique 8 : Teneurs en potassium par modalité entre avril et novembre 2012

Conclusions de l'essai

Suite à une enquête menée en Corse montrant que que les clémentines produites en agriculture biologique ont tendance à être plus acides que celles produites en conventionnel, une expérimentation portant sur l'influence du type de fertilisant, minéral ou organique a été mis en place en 2008 sur des clémentiniers de variété SRA 535 greffés sur Citrange Carrizo. En 2012, cinq modalités ont été comparées :

- **Minx3** : Apport d'engrais minéraux en 3 fois,
- **Orgx3** : Apport d'engrais organiques en 3 fois,
- **Minx4** : Apport d'engrais minéraux en 4 fois,
- **Orgx4** : Apport d'engrais organiques en 4 fois.
- **½ dose** : Apport d'engrais minéraux en 3 fois, à demi-dose pour N, P et K

Notons qu'entre 2008 et 2011, la modalité ½ dose n'a reçu aucun élément fertilisant.

En 2012 seule la modalité ½ dose se démarque des autres avec des rendements plus faible et des calibres plus élevés ; ces deux éléments étant imputable à la sous-alimentation des arbres, depuis 2008. Sur cette modalité, le rapport sucre/acide des fruits récoltés a été inférieur à celle des autres modalités.

Concernant la problématique centrale de l'essai, l'acidité des fruits, l'absence de différence entre modalités fertilisées, et ce depuis plusieurs années, semblent indiquer une absence d'impact du facteur « type de fertilisant » sur cette variable.

D'autres pistes sont à explorer, afin de mieux comprendre les différence d'acidité entre clémentines biologiques et conventionelles, notamment celle de la gestion de l'enherbement (désherbage ou enherbement du rang). Un tel essai va être mis en place en 2013 à l'AREFLEC. De plus, le centre INRA de Corse va conduire un Diagnostic Agronomique Régional pour mieux comprendre l'influence des pratiques et des conditions de culture sur l'acidité des fruits.

L'ensemble des données de l'essai, de 2008 à 2012, seront analysée ensemble afin de tirer un bilan détaillé de cet essai. Ce travail sera restitué dans un second compte-rendu.